



TESIS - RE 142541

**INVENTARISASI SERAPAN KARBON OLEH RUANG
TERBUKA HIJAU DI KOTA MALANG,
JAWA TIMUR**

**CESARIA WAHYU LUKITA
3313 2010 04**

PEMBIMBING :
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015**



THESIS - RE 142541

**INVENTORY OF CARBON ABSORPTION BY
GREEN OPEN SPACE IN MALANG,
EAST JAVA**

**CESARIA WAHYU LUKITA
3313 2010 04**

**SUPERVISOR :
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

**MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

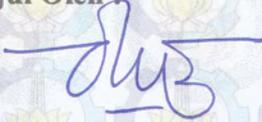
CESARIA WAHYU LUKITA

Nrp.3313 201 004

Tanggal Ujian : 6 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui Oleh :



1. Prof. Joni Hermana, MScES., PhD
NIP: 196006181988031002

(Pembimbing I)



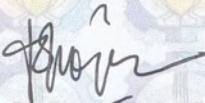
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
NIP: 196601161997031001

(Pembimbing II)



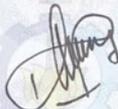
3. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem
NIP: 195501281985032001

(Penguji)



4. Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD
NIP: 1971081891997032001

(Penguji)



5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM
NIP: 198201192005011001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

Inventarisasi Serapan Karbon Oleh Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang, Jawa Timur

Pascasarjana Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Nama : Cesaria Wahyu Lukita
Email : cesariawahyu@gmail.com
NRP : 3313.201.004
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES.PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur, pesatnya perkembangan kota Malang telah merubah kondisi tata ruang kota. Seperti kota-kota besar lain di Indonesia, masalah ruang publik merupakan salah satu isu yang saat ini sedang dihadapi kota Malang. Sejalan dengan pertumbuhan kota Malang diberbagai bidang, perencanaan dan perancangan ruang publik terbuka hijau sudah selayaknya dijadikan salah satu agenda pembangunan kota. Saat ini, RTH di Malang hanya tersisa 1,8% dari luas kota Malang 110,6 km. Idealnya, luas RTH setidaknya 30% dari total luas wilayah.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Pengolahan data yaitu inventaisasi luas RTH eksisting, penghitungan emisi, analisis kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dan memetakan kemampuan serapan emisi CO₂. Kecukupan RTH privat permukiman eksisting dalam menyerap emisi CO₂ berdasarkan perhitungan daya serap masih kurang (untuk tipe rumah sederhana dan menengah). Untuk tipe rumah mewah, luasan RTH privat eksisiting sudah cukup. Berdasarkan luasan, hanya 96% dari emisi total yang dapat diserap oleh RTH privat rumah menengah sekitar 3% sedangkan rumah sederhana hanya 1%. Jika berdasarkan pada jenis pohon, hanya sekitar 30% penyerapan untuk semua tipe rumah. Dalam pemetaan telah digambarkan bahwa emisi terbesar dihasilkan di Kecamatan Lowokwaru 218.462 Ton CO₂/tahun.

Kata Kunci: Inventarisasi, Kota Malang, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Inventory of Carbon Absorption By Green Open Space in Malang, East Java

*Master of Environmental Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*

*Name : Cesaria Wahyu Lukita
Email : cesariawahyu@gmail.com
NRP : 3313. 201. 004
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.*

ABSTRACT

Malang is the second largest city in East Java, Malang rapid development has changed the conditions of urban spatial structure. Like the other big cities in Indonesia, the issue of public space is one of the issues currently facing the city of Malang. In line with the growth of the city of Malang in various fields, planning and designing green open public spaces are appropriately used as one of the city's development agenda. Currently, the only remaining green space in Malang 1.8% of the city of Malang 110.6 km. Ideally, extensive green space at least 30% of the total area comprising.

The method used in data collection by using primary data and secondary data. Data processing is widely inventaisasi existing green space, the calculation of emissions, the analysis of the ability to absorb CO₂ emissions of green space and mapping the absorption capability of CO₂ emissions. Adequacy of existing settlements private green space in absorbing CO₂ emissions calculation based absorption is still less (for simple and intermediate housing type). For the type of luxury homes, private green space area eksisiting enough. Based on the area, only 96 % of the total emissions that can be absorbed by the private RTH secondary home about 3 %, while modest house only 1 %. If based on the type of tree , only about 30 % absorption for all types of housing. In mapping has illustrated that the largest emission generated in the District Lowokwaru 218.462 tons of CO₂ / year.

Key word: Carbon Absorption, green open space, Inventory, Malang

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Inventarisasi Serapan Karbon Oleh Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang, Jawa Timur

Pascasarjana Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Nama : Cesaria Wahyu Lukita
Email : cesariawahyu@gmail.com
NRP : 3313.201.004
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES.PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur, pesatnya perkembangan kota Malang telah merubah kondisi tata ruang kota. Seperti kota-kota besar lain di Indonesia, masalah ruang publik merupakan salah satu isu yang saat ini sedang dihadapi kota Malang. Sejalan dengan pertumbuhan kota Malang diberbagai bidang, perencanaan dan perancangan ruang publik terbuka hijau sudah selayaknya dijadikan salah satu agenda pembangunan kota. Saat ini, RTH di Malang hanya tersisa 1,8% dari luas kota Malang 110,6 km. Idealnya, luas RTH setidaknya 30% dari total luas wilayah.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Pengolahan data yaitu inventaisasi luas RTH eksisting, penghitungan emisi, analisis kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dan memetakan kemampuan serapan emisi CO₂. Kecukupan RTH privat permukiman eksisting dalam menyerap emisi CO₂ berdasarkan perhitungan daya serap masih kurang (untuk tipe rumah sederhana dan menengah). Untuk tipe rumah mewah, luasan RTH privat eksisiting sudah cukup. Berdasarkan luasan, hanya 96% dari emisi total yang dapat diserap oleh RTH privat rumah menengah sekitar 3% sedangkan rumah sederhana hanya 1%. Jika berdasarkan pada jenis pohon, hanya sekitar 30% penyerapan untuk semua tipe rumah. Dalam pemetaan telah digambarkan bahwa emisi terbesar dihasilkan di Kecamatan Lowokwaru 218.462 Ton CO₂/tahun.

Kata Kunci: Inventarisasi, Kota Malang, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Inventory of Carbon Absorption By Green Open Space in Malang, East Java

*Master of Environmental Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*

*Name : Cesaria Wahyu Lukita
Email : cesariawahyu@gmail.com
NRP : 3313. 201. 004
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.*

ABSTRACT

Malang is the second largest city in East Java, Malang rapid development has changed the conditions of urban spatial structure. Like the other big cities in Indonesia, the issue of public space is one of the issues currently facing the city of Malang. In line with the growth of the city of Malang in various fields, planning and designing green open public spaces are appropriately used as one of the city's development agenda. Currently, the only remaining green space in Malang 1.8% of the city of Malang 110.6 km. Ideally, extensive green space at least 30% of the total area comprising.

The method used in data collection by using primary data and secondary data. Data processing is widely inventaisasi existing green space, the calculation of emissions, the analysis of the ability to absorb CO₂ emissions of green space and mapping the absorption capability of CO₂ emissions. Adequacy of existing settlements private green space in absorbing CO₂ emissions calculation based absorption is still less (for simple and intermediate housing type). For the type of luxury homes, private green space area eksisiting enough. Based on the area, only 96 % of the total emissions that can be absorbed by the private RTH secondary home about 3 %, while modest house only 1 %. If based on the type of tree , only about 30 % absorption for all types of housing. In mapping has illustrated that the largest emission generated in the District Lowokwaru 218.462 tons of CO₂ / year.

Key word: Carbon Absorption, green open space, Inventory, Malang

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya proposal Tesis dengan judul “Inventarisasi Serapan Karbon Oleh Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang, Jawa Timur” ini bisa terselesaikan dengan cukup baik. Pembuatan Tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D. selaku pembimbing I yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini.
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku pembimbing II yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc, Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD dan Dr. Eng Arie Dipareza Syafei, ST., MPEM., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada Tesis ini.
4. Teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana jurusan Teknik Lingkungan yang senantiasa menemani dalam pembuatan Tesis ini.
5. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam pembuatan Tesis ini.

Ucapan terimakasih yang sangat special diberikan penulis kepada keluarga. Kepada Papa, Mama, Kakak dan Kakak Ipar yang tidak berhenti memberi motivasi serta doa yang tak terhingga sehingga Tesis ini dapat terselesaikan.

Penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak.

Hormat,

Penulis

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gambaran Umum Kota Malang	5
2.1.1 Letak geografis dan administratif.....	5
2.1.2 Iklim.....	7
2.1.3 Kondisi penduduk Kota Malang	8
2.1.4 Kondisi Pemanfaatan Lahan di Kota Malang	9
2.2 Inventarisasi Serapan Karbon oleh Ruang Terbuka Hijau	12
2.2.1 Inventarisasi Serapan Karbon	12
2.2.2 Inventarisasi Gas Rumah Kaca	13
2.3 Permukiman.....	14
2.4 Ruang Terbuka Hijau.....	15
2.4.1 Pengertian Ruang Terbuka Hijau	15
2.4.2 Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau.....	16
2.4.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau.....	17
2.4.4 Proporsi Ruang Terbuka Hijau.....	20
2.4.5 Bentuk dan Jenis Ruang Terbuka Hijau.....	22
2.4.6 Penyerapan Karbondioksida (CO ₂) oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH)	23
2.5 Efek Rumah Kaca	24
2.6 Emisi Karbondioksida (CO ₂) dan Perhitungannya	26
2.6.1 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	26
2.6.2 Perhitungan Emisi	27
2.7 Metode Box Model.....	32
2.8 Peran Tumbuhan Sebagai Penyerap Gas CO ₂	34

2.9 Sistem Informasi Geografis	40
2.9.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis	40
2.9.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Informasi Geografis	41
2.10 Arc GIS	42
2.11 Penelitian Terdahulu	42
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1 Umum.....	47
3.2 Kerangka Penelitian	48
3.3 Tahapan Penelitian	50
3.3.1 Ide Penelitian	50
3.3.2 Studi Literatur	50
3.3.3 Pengumpulan Data.....	50
3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder	51
3.3.3.2 Metode Sampling	52
3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder.....	53
3.4 Analisa data dan Pembahasan	56
3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran	58
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Aspek Teknis.....	59
4.1.1 Potensi Penyerapan Masing-masing Ruang Terbuka Hijau	59
4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Privat	59
1. Perhitungan Luasan RTH Privat Tiap Responden	64
2. Perhitungan Total Luas RTH Privat Permukiman Di Setiap Tipe Rumah.....	65
3. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Privat Menurut Luasan.....	66
4. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Privat Eksisting tiap tipe rumah	67
5. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Privat Berdasarkan Jenis Pohon	68
6. Kemampuan Penyerapan Pohon	73
4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Publik	74
1. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Taman Kota Menurut Luasan	75
2. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Hutan Kota Menurut Luasan	78
3. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Pertanian	81
4. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Jalur Hijau	82
5. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Pemakaman.....	83
4.1.2 Sumber Emisi dan Hasilnya	87
4.1.2.1 Sumber Emisi yang berasal dari sektor permukiman	87
4.1.2.2 Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan	89

4.1.2.3 Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan	92
4.1.2.4 Sumber Emisi yang berasal dari sektor industri	95
4.1.3 Hubungan Antara Sumber Emisi Dengan Potensi Penyerapan (<i>Box Model</i>).....	97
4.1.3.1 Emisi CO ₂ Total	98
4.1.3.2 Emisi CO ₂ Berdasarkan Metode Box Model	99
4.1.4 Hubungan Antara Sumber Emisi dan Penyerapan.....	104
4.2 Aspek Lingkungan.....	105
4.3 Aspek Ekonomi	111
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	115
5.1 Kesimpulan.....	115
5.2 Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA	117
BIODATA PENULIS.....	123
LAMPIRAN.....	xix

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kecepatan dan Arah Angin di Kota Malang selama tahun 2013	7
Tabel 2.2	Luas Kecamatan (km ²) dan Jumlah Penduduk	9
Tabel 2.3	Luas Wilayah Menurut Penggunaan Lahan	10
Tabel 2.4	Pembagian Jenis-Jenis RTH Publik dan RTH Privat	19
Tabel 2.5	Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke SMP	28
Tabel 2.6	Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri	29
Tabel 2.7	Nilai DOCi	30
Tabel 2.8	Klasifikasi TPA dan MCF	31
Tabel 2.9	Oxidation Factor	32
Tabel 2.10	Cadangan Karbon dan Daya Serap Gas CO ₂ Berbagai Tipe Penutupan Vegetasi	35
Tabel 2.11	Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida	36
Tabel 2.12	Kemampuan Penyerapan Beberapa Jenis Pohon dan Perdu	37
Tabel 2.13	Intensitas Cahaya	39
Tabel 4.1	Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Kecamatan	61
Tabel 4.2	Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Tipe Rumah	62
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Total Rumah	63
Tabel 4.4	Jumlah Rumah per Setiap Kecamatan dan Tipe Rumah	63
Tabel 4.5	Rata-rata Luas RTH Privat Eksisting di Kota Malang	65
Tabel 4.6	Total Luasan RTH Privat Eksisting di Kota Malang per Tipe Rumah	66
Tabel 4.7	Laju Serapan CO ₂ oleh RTH	66
Tabel 4.8	Total Laju Serapan CO ₂ oleh RTH Privat	67
Tabel 4.9	Jumlah dan Jenis Pohon yang ada di Tipe Rumah Sederhana Berdasarkan Jumlah Responden	69
Tabel 4.10	Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Menengah	70
Tabel 4.11	Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Mewah	71
Tabel 4.12	Jumlah Pohon Mangga Tiap Tipe Rumah	73
Tabel 4.13	Rata-rata Tinggi, Luas, dan Volume Tajuk Pohon	73
Tabel 4.14	Kemampuan Penyerapan Mangga dengan Emisi CO ₂	74
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Hutan Kota di Kota Malang	79
Tabel 4.16	Perhitungan Tanah Pertanian	81
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Jalur Hijau	83
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Hutan Kota di Kota Malang	84
Tabel 4.19	Daya Serap RTH Eksisting di Kota Malang	85
Tabel 4.20	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Tipe Rumah	88
Tabel 4.21	Perhitungan Total Emisi Permukiman	88
Tabel 4.22	Perhitungan Total Emisi Per Kecamatan	89
Tabel 4.23	Fraksi Komponen Sampah Jenis (Wi)	90
Tabel 4.24	Nilai DOC	91
Tabel 4.25	Total Emisi CO ₂ dari Sektor Pesampahan di Kota Malang	92
Tabel 4.26	Jenis dan Jumlah Kendaraan di Setiap Kecamatan di Kota Malang	93

Tabel 4.27 Hasil Konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP).....	93
Tabel 4.28 Emisi Karbon Transportasi di Setiap Kecamatan di Kota Malang	94
Tabel 4.29 Total Emisi Karbon Transportasi pada Setiap Kecamatan	95
Tabel 4.30 Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri	95
Tabel 4.31 Emisi Karbon Tiap Jenis Bahan Bakar Industri Makanan dan Minuman	97
Tabel 4.32 Jumlah Industri dan Emisi Karbon Tiap Kecamatan di Kota Malang	97
Tabel 4.33 Jumlah Emisi CO ₂ total di Kota Malang	98
Tabel 4.34 Beban Emisi CO ₂ pada setiap Kecamatan	103
Tabel 4.35 Resultan Emisi dan Serapan.....	104
Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1	111
Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Kota Malang	6
Gambar 2.2 Arti Inventarisasi	13
Gambar 2.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau	18
Gambar 2.4 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	19
Gambar 2.5 Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara	19
Gambar 2.6 Bagan Proporsi Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan	21
Gambar 2.7 Efek Rumah Kaca	25
Gambar 2.8 Visualisasi Box Model.	33
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	48
Gambar 4.1 Grafik Pemanfaatan Lahan.	60
Gambar 4.2 Persentase Laju Serapan CO ₂ RTH Privat Permukiman Per Tipe Rumah.....	68
Gambar 4.3 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Sederhana.....	69
Gambar 4.4 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Menengah.....	73
Gambar 4.5 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Mewah.....	74
Gambar 4.6 Total Daya Serap Taman Kota pada setiap Kecamatan.....	77
Gambar 4.7 Diagram Persentase Taman Pada Setiap Kecamatan.....	78
Gambar 4.8 Diagram Persentase Hutan di setiap Kecamatan	80
Gambar 4.9 Diagram Persentase Pemakaman di setiap Kecamatan	85
Gambar 4.10 Peta Total Daya Serap CO ₂ Kota Malang.....	86
Gambar 4.11 Peta Emisi CO ₂ Kota Malang	99
Gambar 4.12 Box Model dalam Satu Kota	100
Gambar 4.13 Pohon Beringin di Rumah Menengah.....	107
Gambar 4.14 Indoor Garden di Rumah Mewah di Kota Malang	108
Gambar 4.15 Tata Cara Penanaman Vegetasi Tegakan	109

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kota Malang tengah berkembang pesat, fasilitas-fasilitas umum direncanakan sedemikian rupa untuk menunjukkan pesatnya kemajuan perekonomian kota. Sejalan perkembangan kota, urbanisasi terus berlangsung dan kebutuhan masyarakat akan perumahan meningkat di luar kemampuan pemerintah, sementara tingkat ekonomi urbanis sangat terbatas, yang selanjutnya akan berakibat timbulnya perumahan-perumahan liar yang ada pada umumnya berkembang di sekitar daerah perdagangan, di sepanjang jalur hijau, sekitar sungai, rel kereta api dan lahan-lahan yang dianggap tidak bertuan. Selang beberapa lama kemudian daerah itu menjadi perkampungan, dan degradasi kualitas lingkungan hidup mulai terjadi dengan segala dampak bawaannya (Feranti, dkk. 2009).

Kota Malang merupakan salah satu kota di Indonesia yang sedang berupaya menyeimbangkan pembangunan dengan memperhatikan luasan dan kualitas ruang terbuka hijau. Kondisi beberapa tahun terakhir mengindikasikan bahwa Kota Malang mengalami perubahan kawasan perkotaan yang sangat pesat sebagai akibat adanya perkembangan ekonomi dan letak yang cukup strategis, yang berimplikasi pada pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk kota. Seiring dengan perkembangan Kota Malang hampir seluruh kawasan permukiman telah berkembang menjadi permukiman penduduk yang relatif padat. Umumnya tingkat kepadatan yang tinggi terdapat di pusat kota, sehingga pembangunan di Kota Malang terasa telah melebihi kapasitas karena nyaris menutup seluruh ruang terbuka yang ada. Luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Malang semakin menyusut. Wahana Lingkungan Hidup (Walhi) Jawa Timur Simpul Malang mencatat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir hutan kota di Malang sudah banyak yang beralih fungsi. Alih fungsi hutan kota yang paling tampak nyata adalah Akademi Penyuluh Pertanian (APP) Malang yang menjadi kawasan perumahan elit dan lapangan olahraga yang berubah menjadi mall. Saat ini, RTH di Malang hanya tersisa 1,8% dari luas kota Malang

110,6 km. Idealnya, luas RTH setidaknya 30% dari total luas wilayah yang terdiri dari 20% ruang publik dan 10% ruang privat. Hal ini sesuai dengan Undang-undang (UU) No. 26/2007 tentang tata ruang. Kondisi ini secara tidak langsung menunjukkan pembangunan kota yang belum sepenuhnya memperhatikan keseimbangan lingkungan (Anonim, 2012). Meskipun hanya tersisa 1,8% sedangkan untuk 28,2 % yang harusnya menjadi Ruang Terbuka Hijau, berdasarkan eksisting bahwa terdapat Hutan Kota, Taman Kota, Jalur Hijau, dan Pemakaman tetapi ada yang beralih fungsi menjadi bangunan. Hanya sebagaian saja yang beralih fungsi sehingga ruang terbuka hijau semakin berkurang.

Peningkatan fungsi Ruang Terbuka Hijau privat dikawasan permukiman sangat diperlukan. Karena kawasan permukiman di Kota Malang semakin bertambah jumlahnya, dengan begitu dapat menyebabkan terjadinya titik-titik panas seringkali terjadi. Tidak hanya itu Ruang terbuka hijau mempunyai manfaat keseimbangan alam terhadap struktur kota. Ruang terbuka hijau tidak dianggap sebagai lahan yang kurang efisien, atau tanah cadangan untuk pembangunan kota, atau sekedar program keindahan.

Ruang terbuka hijau mempunyai tujuan dan manfaat yang besar bagi keseimbangan, kelangsungan, kesehatan, kenyamanan, kelestarian, dan peningkatan kualitas lingkungan itu sendiri. Selain itu Ruang terbuka hijau juga mampu menyerap emisi karbondioksida yang dihasilkan dari segala aktivitas yang terjadi di Kota Malang. Dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan maka diperlukan usaha untuk mempertahankan dan mengembangkan kawasan hijau kota. Sehingga begitu banyak upaya yang dapat dilakukan yaitu menginventarisasi Ruang terbuka hijau privat dan publik untuk dapat diketahui seberapa besar daya serap karbon dalam mengurangi emisi yang terjadi di Kota Malang. Karena belum tersedia data tentang kemampuan RTH di Kota Malang dalam menyerap emis CO₂ maka diperlukannya inventarisasi. Dalam menginventarisasi disini lebih dititik beratkan dimana seberapa besar jenis dan banyak pohon dalam mengurangi serap karbon yang terjadi. Sehingga dapat dilakukan penyeimbangan antara tingkat emisi CO₂ di wilayah Kota Malang dengan serapannya. Dengan demikian kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang sebagai penyerap emisi untuk menyeimbangkan ketersediaan udara bersih

diperlukan masyarakat. Sehingga jika dilihat dari aspek lingkungan dan ekonomi keadaan Kota Malang memerlukan keseimbangan lingkungan antara beban emisi dengan daya penyerapan ruang terbuka hijau yang tersedia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tesis ini adalah:

1. Apakah luasan ruang terbuka hijau sudah memenuhi dalam mereduksi pencemar CO₂ di Kota Malang?
2. Bagaimana kecukupan Ruang Terbuka Hijau dan pemetaan tingkat kecukupan Ruang Terbuka Hijau dalam menyerap emisi CO₂ di wilayah Kota Malang ?
3. Bagaimana penyerapan emisi CO₂ di Kota Malang ditinjau dai aspek teknis, lingkungan dan aspek ekonomi ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tesis ini adalah:

1. Mengidentifikasi luas ruang ruang terbuka hijau di Kota Malang dalam mereduksi pencemar CO₂ di Kota Malang.
2. Menganalisis dan memetakan kemampuan Ruang Terbuka Hijau dalam menyerap emisi CO₂ di Kota Malang.
3. Menganalisis penyerapan emisi CO₂ di Kota Malang ditinjau dari aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek ekonomi.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kemampuan daya serap dan inventarisasi Ruang Terbuka Hijau yang ada di seluruh Kota Malang.
2. Wilayah Penelitian ini adalah Kota Malang yang terdiri dari 5 Kecamatan.
3. Inventarisasi serapan karbon oleh RTH publik dengan cara mengumpulkan data berupa luasan RTH yang berada di Kota Malang.
4. Data persebaran dan luas Ruang Terbuka Hijau yang digunakan dalam penelitian ini adalah data ruang terbuka hijau yang dikelola oleh Pemerintah Kota Malang dan yang berada di pemukiman wilayah Kota Malang

5. Daya serap emisi CO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau privat dan publik yang dihitung dalam penelitian ini adalah daya serap pohon dan perdu
6. Dalam analisis kemampuan penyerapan CO₂ tidak memperhitungkan umur tanaman dan perubahan iklim.
7. Analisis kecukupan Ruang Terbuka Hijau yang diamati yaitu Hutan Kota, Taman Kota, Pemakaman, Persawahan dan Jalur Hijau (berdasarkan ketersediaan data yang dimiliki oleh Kota Malang).
8. Sumber emisi CO₂ primer yang dijadikan kontributor dalam perhitungan adalah emisi dari penggunaan bahan bakar di sektor permukiman, transportasi, industry dan persampahan di Kota Malang. Data diperoleh dari data sekunder dan hasil survey.
9. Emisi dihitung menggunakan Box Model dengan asumsi penyebaran linier (arah Selatan).
10. Beberapa aspek yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - Aspek teknis
 1. Luasan tutupan vegetasi di RTH publik
 2. Luasan tutupan perdu dan jenis pohon RTH privat
 - Aspek Lingkungan
 1. Dampak yang akan ditimbulkan jika RTH yang tersedia belum mencukupi bagi lingkungan sekitar
 2. Upaya yang dilakukan dalam adaptasi dan mitigasi dampak
 - Aspek Ekonomi

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui RTH privat dan publik permukiman ideal yang seharusnya tersedia di Kota Malang, Jawa Timur
2. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada instansi pemerintah dalam penataan ruang Kota Malang juga kepada masyarakat setempat mengenai pentingnya keberadaan RTH privat permukiman dan publik khususnya di Kota Malang, Jawa Timur.
3. Sebagai informasi dan pelengkap data ekoregion Jawa Timur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kota Malang

2.1.1 Letak geografis dan administratif

Sebagaimana diketahui secara umum Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya yang berada di tengah-tengah wilayah Kabupaten Malang secara astronomis terletak pada posisi $112.06^0 - 112.07^0$ Bujur Timur. $7.06^0 - 8.02^0$ Lintang Selatan dengan batas wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso Kabupaten
Malang

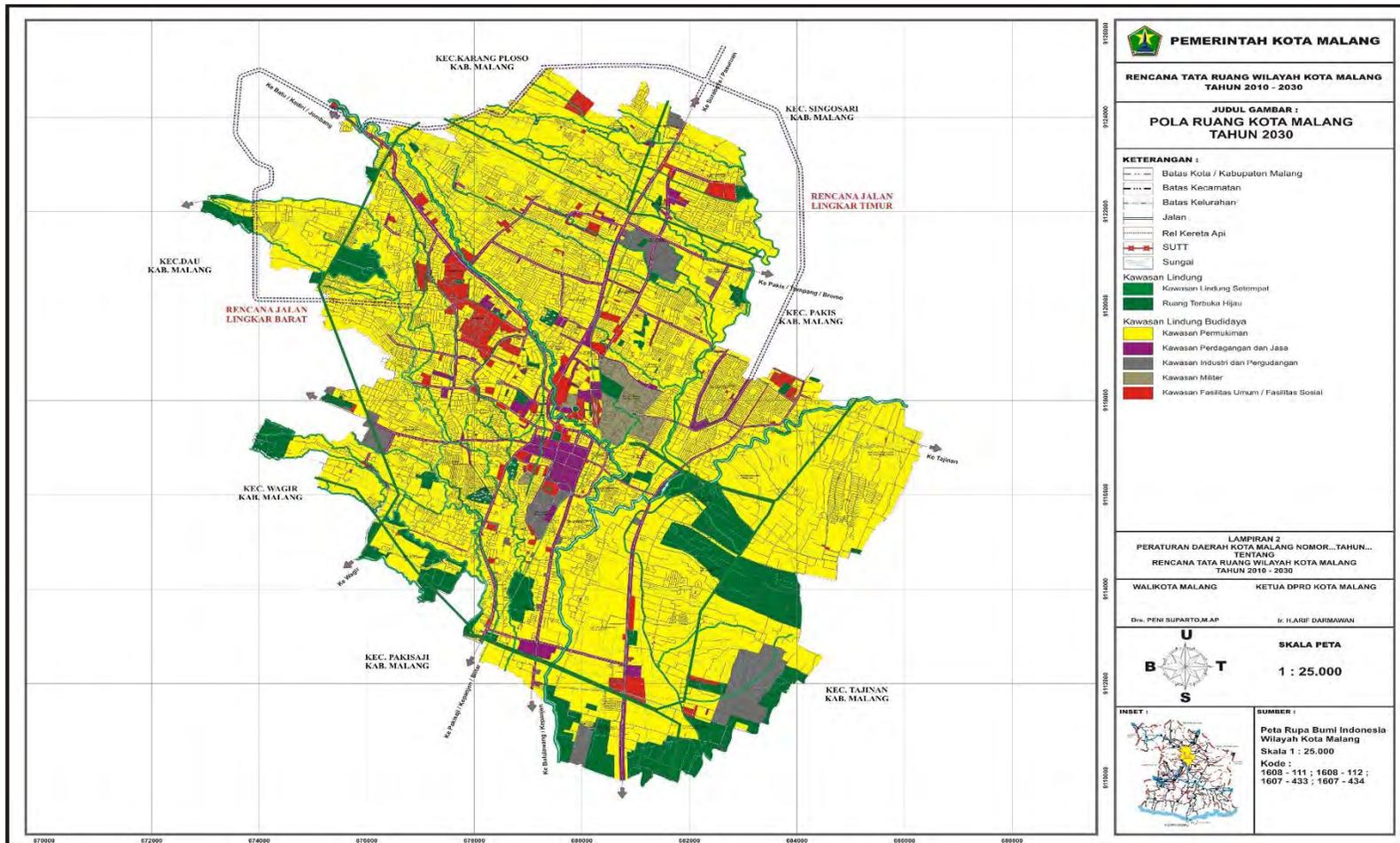
Sebelah Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan Rumpang Kabupaten
Malang

Sebelah Selatan: Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten
Malang

Sebelah Barat : Kecamatan Wagir dan Kecamatan Daun Kabupaten
Malang

Luas wilayah Kota Malang sebesar 110.06 km^2 yang terbagi dalam lima kecamatan yaitu Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru.

Potensi alam yang dimiliki Kota Malang adalah letaknya yang cukup tinggi yaitu 440 – 667 meter di atas permukaan air laut. Salah satu lokasi yang paling tinggi adalah Pegunungan Buring yang terletak di sebelah timur Kota Malang. Dari atas pegunungan ini terlihat jelas pemandangan yang indah antara lain dari arah Barat terlihat barisan Gunung Kawi dan Panderman. Sebelah Utara Gunung Arjuno, sebelah Timur Gunung Semeru dan jika melihat ke bawah terlihat hamparan Kota Malang. Sedangkan sungai yang mengalir di wilayah Kota Malang adalah Sungai Brantas, Ampong dan Bango.



Gambar 2.1 Peta Kota Malang

Pada peta Kota Malang gambar 2.1 untuk menunjukkan peta letak kota Malang. Sehingga dari peta tersebut dapat dijelaskan yang berwarna Hijau adalah Ruang Terbuka . Peta tersebut di dapat dari peta RTRW kota Malang. Dalam peta dapat diketahui seberapa besar luas dari ruang terbuka hijau di Kota Malang. Berdasarkan gambar menjelaskan bahwa Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang tidak terbagi secara menyebar. Peta tersebut menunjukkan bahwa Ruang Terbuka Hijau kota eksisting di Kota Malang.

2.1.2 Iklim

Wilayah Kota Malang merupakan kota yang memiliki karakteristik wilayah pegunungan. Dengan kondisi udara yang berhawa sejuk dan kering, curah hujan rata-rata tiap tahun 258,75 mm dan kelembaban udara rata-rata 81,5 %.

Kondisi iklim Kota Malang selama tahun 2013 tercatat rata-rata suhu udara berkisar antara 15,8⁰C sampai 24,1⁰C. Sedangkan suhu maksimum mencapai 32,7⁰C dan suhu minimum 17,5⁰C. Rata-rata kelembaban udara berkisar 69% - 85% dengan kelembaban maksimum 98 % dan minimum mencapai 28 %.

Seperti umumnya daerah lain di Indonesia, Kota Malang mengikuti perubahan putaran 2 iklim, musim hujan dan musim kemarau. Dari hasil pengamatan Stasiun Klimatologi Karangploso curah hujan yang relatif tinggi selama tahun 2013 terjadi awal dan penghujung tahun. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu mencapai 425 mm yang terjadi selama 25 hari. Kecepatan angin maksimum terjadi di bulan Januari.

Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso (2013), kecepatan angin rata-rata di Kota Malang sepanjang tahun 2013 yaitu km/jam atau m/detik dengan arah angin rata-rata ke arah Selatan. Kecepatan dan arah angin di Kota Malang selama tahun 2013 sebagaimana Tabel 2.1 .

Tabel 2.1 Kecepatan dan Arah Angin di Kota Malang Selama Tahun 2013

No.	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin Rata-Rata (Km/Jam)	Kecepatan Angin Maximum/Arah Angin
1	Januari	Selatan	5,8	79,2/90
2	Februari	Timur	4	43,2/315
3	Maret	Timur	4,1	39,6/90

Lanjutan Tabel 2.1

No.	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin Rata- Rata (Km/Jam)	Kecepatan Angin Maximum/Arah Angin
4	April	Timur	4,5	36,0/45
5	Mei	Timur	4,1	36,0/45
6	Juni	Timur	3,6	36,0/45
7	Juli	Selatan	7,2	37,1/45
8	Agustus	Selatan	8,5	41,4/45
9	September	Selatan	9,2	39,6/90
10	Oktober	Selatan	8,6	41,4/45
11	Nopember	Selatan	6,5	45,0/90
12	Desember	Selatan	5,4	25,2/315
	Jumlah		71,5	
	Rata-Rata		5,96	

Sumber : BMKG , Karangploso

2.1.3 Kondisi penduduk Kota Malang

Menurut hasil Sensus Penduduk 2010 jumlah penduduk kota Malang sebanyak 820.243 jiwa yang terdiri dari penduduk laki-laki sebanyak 404.553 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 415.690 jiwa. Dengan demikian rasio jenis kelamin penduduk Kota Malang sebesar 97,05. Ini artinya bahwa setiap 100 penduduk perempuan terdapat 97-98 penduduk laki-laki. Berdasarkan hasil sensus penduduk 2010, pada periode 2000-2012 rata-rata laju pertumbuhan penduduk setiap tahunnya adalah 0,80%.

Dilihat dari penyebarannya, diantara 5 kecamatan yang ada Kecamatan Lowokwaru memiliki penduduk terbanyak yaitu sebesar 186.013 jiwa, kemudian diikuti oleh Kecamatan Sukun (181.513 jiwa), Kecamatan Kedungkandang (174.477 jiwa), Kecamatan Klojen (105.907 jiwa). Sedangkan wilayah dengan kepadatan penduduk tertinggi terjadi di wilayah Kecamatan Klojen yaitu mencapai 11.994 jiwa per km², sedangkan terendah di wilayah Kecamatan Kedungkandang sebesar 4.374 jiwa per km² (BPS Kota Malang, 2014).

Berikut adalah Tabel 2.1 Memberikan informasi mengenai jumlah penduduk menurut Kota Malang berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 1990,2000,2010

Tabel 2.2 Luas Kecamatan (km²) dan Jumlah penduduk

No	Kecamatan	Luas Kecamatan (km ²)	Tahun		
			1990	2000	2010
1	Kedungkandang	39,89	114,879	150,262	174,477
2	Sukun	20,97	151,573	162,094	181,513
3	Klojen	8,83	143,195	117,500	105,907
4	Blimbing	17,77	146,920	158,556	172,33
5	Lowokwaru	22,60	138,522	168,570	186,013
Jumlah		110,06	695,089	756,982	820,243

Sumber : BPS Kota Malang, 2013

2.1.4 Kondisi Pemanfaatan Lahan di Kota Malang

Kota Malang merupakan kota yang memiliki luas 110,06 km² berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2013. Penggunaan lahan di Kota Malang secara umum di dominasi oleh lahan tanah perumahan yaitu 4.662.033 ha atau 42,362 % dari luas keseluruhan . Untuk luas dan jenis penggunaan lahan lainnya sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 2.2.

Pada tabel diatas dapat dilihat persentase tutupan lahan per kecamatan yang dikelompokan sesuai dengan tabel 2.3 diatas yang terbagi menjadi lahan pertanian, Ruang Terbuka Hijau, kawasan terbangun dan perumahan. Penggunaan lahan untuk perumahan tertinggi berada di kecamatan Kedungkandang yaitu 23,52 % (1.096.733 Ha) dari luas total kota Malang. Lahan pertanian terluas di Kecamatan Kedungkandang yaitu 2.596.138 Ha dan terendah di Kecamatan Klojen. Luas terbesar untuk kawasan terbangun ada di Kecamatan Lowokwaru. Kawasan terbangun merupakan perkantoran pemerintah/militer, swasta, sarana pendidikan, kesehatan, ibadah/ sosial, perhubungan/ komunikasi, pasar, pertokoan lainnya. Ruang Terbuka Hijau atau RTH di Kota Malang terluas di Kecamatan Sukun 0,40 % (43,49 Ha). Ruang Terbuka Hijau (RTH) terdiri dari ruang terbuka/jalur hijau, lapangan olahraga, taman kota dan hutan kota.

Tabel 2.3 Luas Wilayah Menurut Penggunaan Lahan

No.	Fasilitas	Kecamatan					Jumlah (Ha)	%
		Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru		
1	Perumahan	1.096,73	1.073,78	575,249	853,188	1.063,15	4.622,03	42,361
2	Lapangan Olahraga	4,430	20,773	15,208	15,258	10,03	65,669	0,597
3	Taman Kota	1,566	0,150	7,196	1,929	0,432	11,273	0,102
4	Ruang Terbuka Hijau		1,365	2,434	0,180	3,142	7,121	0,065
5	Kuburan	20,756	21,2	10,141	23,697	28,169	103,963	0,945
6	Perkantoran	5,729	15,035	25,896	130,125	9,621	186,406	1,694
7	Perkantoran Swasta	0,756	0,406	2,74	1,413		5,315	0,048
8	Sarana Pendidikan	31,222	31,222	39,311	29,64	137,209	278,485	2,53
9	Sarana Kesehatan	0,82	8,409	13,766	0,438	5,961	29,394	0,267
10	Sarana Ibadah	3,521	1,998	3,663	4,156	5,82	19,158	0,174
11	Sarana Perhubungan/ Komunikasi	5,286	5,353	8,145	6,306	0,988	26,078	0,237
12	Fasilitas Perkotaan lainnya	168,337	116,234	82,083	154,516	256,782	777,952	7,069
13	Jasa Keuangan		0,75	2,568	0,25	0,375	3,943	0,036
14	Pasar	1,937	2,35	5,157	2,174	3,86	15,478	0,141
15	Perkotaan	8,428	9,955	35,623	8,185	14,684	76,875	0,699
16	Pergudangan	6,704	12,908		2,915	2,500	25,027	0,227
17	Tempat Hiburan / Rekreasi	0,348	0,336	4,459	0,068	2,670	7,881	0,072
18	Hotel/ Losmen	0,158		5,965	0,475	1,050	7,648	0,069
19	Industri Besar						-	0,000
a	Kawasan						-	0,000
b	Non Kawasan						-	0,000

Lanjutan Tabel 2.3

20	Industri Rakyat/ Rumah Tangga	5,600	71,370	0,160	69,680	3,530	150,520	1,368
21	Tanah Pertanian						-	0,000
a	Sawah	593,086	327,146		191,96	314,899	1.427,09	12,967
b	Tegalan	2.003,05	287,149		101,854	260,698	2.652,753	24,104
22	Kebun	0,284					0,284	0,003
23	Tanah Kehutanan							
24	Tanah Perikanan	0,281	1,05				1,331	0,012
25	Tanah Peternakan						-	0,000
26	Tanah Kosong						-	0,000
a	Diperuntukkan	30,424	77,771	42,763	178,111	134,642	463,711	4,213
b	Belum Diperuntukkan						-	0,000
27	Waduk						-	0,000
28	Danau						-	0,000
29	Padang Rumput/Alang-alang						-	0,000
30	Tanah Tandus						-	0,000

Sumber : Status Lingkungan Hidup, 2013

2.2 Inventarisasi Serapan Karbon oleh Ruang Terbuka Hijau

Pada penelitian bertujuan untuk melakukan inventarisasi serapan karbon Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang. Adapun beberapa penjelasan tentang Inventarisasi Serapan Karbon dan Inventarisasi Gas Rumah Kaca .

2.2.1 Inventarisasi Serapan Karbon

Inventarisasi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah pencatatan atau pengumpulan data tentang kegiatan, hasil yang dicapai dan lain-lain (tentang kegiatan, hasil yang dicapai, pendapat umum, persurat kabaran, kebudayaan, dan sebagainya).

Dalam inventarisasi serapan karbon disini lebih menitik beratkan kemampuan alami tumbuhan untuk menyerap CO₂ melalui proses fotosintesis yang menyebabkan dengan adanya RTH memiliki peran paling penting dalam menyerap CO₂ pada jumlah besar.

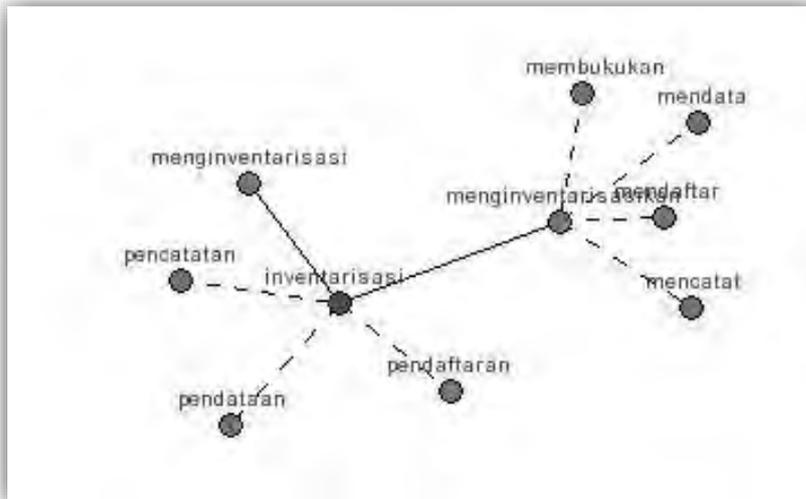
REDD+ adalah upaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dari deforestasi, degradasi hutan dan lahan gambut yang dilaksanakan dalam lahan berhutan dan lahan bergambut pada kawasan hutan dan non kawasan hutan, serta pemeliharaan dan peningkatan cadangan karbon disertai dengan manfaat tambahan berupa keanekaragaman hayati, peningkatan kesejahteraan masyarakat adat/lokal dan peningkatan kelestarian produksi jasa ekosistem lain.

REDD+ adalah mitigasi perubahan iklim karbon hutan untuk mengurangi sumber emisi gas rumah kaca tidak hanya melalui peningkatan penyerapan karbon, tetapi juga melalui pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi, meningkatkan stok karbon, konservasi dan pengelolaan hutan berkelanjutan.

Strategi Nasional REDD telah memutuskan empat upaya untuk mengimplementasikan program REDD di Indonesia, yaitu dengan mengurangi laju deforestasi, mengurangi laju degradasi hutan dan lahan, meningkatkan konservasi hutan dan meningkatkan cadangan karbon melalui pengelolaan hutan berkelanjutan dan pengembangan penanaman baru (Anonim, 2012 dalam Ekawati, dkk. 2012).

Apabila perubahan tidak bersifat permanen, maka yang terjadi adalah degradasi. Berdasarkan Permenhut yang sama, degradasi hutan adalah penurunan

kuantitas tutupan hutan dan stok karbon selama periode tertentu yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Dalam jangka panjang, pengaruh langsung manusia menyebabkan perubahan yang tetap pada hutan, hilangnya karbon hutan atau nilai lainnya, tetapi tidak mengurangi penutupan kanopi di bawah ambang batas yang ditetapkan, kondisi itu mengacu pada definisi hutan terdegradasi. Berikut adalah gambaran tentang arti dari inventarisasi secara global :



Gambar 2.2 Arti Inventarisasi

2.2.2 Inventarasi Gas Rumah Kaca (GRK)

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*). Emisi GRK adalah lepasnya GRK ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Serapan GRK adalah diserapnya GRK dari atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Simpanan karbon (*carbon stock*) adalah besaran karbon yang terakumulasi dalam tampungan karbon (*carbon pools*) di darat dan laut dalam jangka waktu tertentu.

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional bertujuan untuk menyediakan:

- a. Informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota.
- b. Informasi pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

Inventarisasi GRK dilakukan dengan cara :

- a. Pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon, serta penetapan faktor emisi dan faktor serapan GRK.
- b. Penghitungan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon.

2.3 Permukiman

Menurut Undang-Undang No. 1 tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, pengertian permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan. Sedangkan perumahan yaitu kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni.

Berdasarkan pengertian tersebut disebutkan bahwa terdapat kumpulan rumah yang didefinisikan sebagai bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, sarana pembinaan keluarga, cerminan harkat dan martabat penghuninya, serta aset bagi pemiliknya.

Berdasarkan Surat Keputusan Bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Pekerjaan Umum, dan Menteri Negara Perumahan Rakyat No. 648-384 tahun 1992, kriteria-kriteria rumah yaitu:

- Rumah sederhana yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antara 54 m²-200m² dan biaya pembangunan m² tidak melebihi dari harga satuan per m² tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas pemerintah kelas C yang berlaku.
- Rumah menengah yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antara 200 m²-600 m² dan/atau biaya pembangunan per m² antara harga satuan per m² tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas pemerintah kelas C sampai kelas A yang berlaku.
- Rumah mewah yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antar 600 m² -2000 m² dan/atau biaya pembangunan per m² di atas harga satuan per m² tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas kelas A yang berlaku.

Di Surabaya jenis-jenis permukiman sangat variatif, dari jenis permukiman formal dalam bentuk *real estate*, rumah susun, hingga jenis perumahan informal dalam bentuk perumahan perkampungan dan rumah-rumah kumuh (Asririzky, 2010).

2.4 Ruang Terbuka Hijau

2.4.1 Pengertian Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau adalah bagian Kota yang tidak didirikan bangunan atau sedikit mungkin unsur bangunan, terdiri dari unsur alam (antara lain vegetasi dan air) dan unsur binaan antara lain taman kota, jalur hijau, pohon-pohon pelindung tepi jalan, hutan kota, kebun bibit, pot-pot kota, pemakaman, pertanian kota yang berfungsi meningkatkan kualitas lingkungan (Anonim, 2003).

Ruang terbuka hijau di wilayah perkotaan merupakan bagian dari penataan ruang kota yang berfungsi sebagai kawasan hijau pertamanan kota, kawasan hijau hutan kota, kawasan hijau rekreasi kota, kawasan hijau kegiatan olahraga kawasan hijau dan kawasan hijau pekarangan. Ruang terbuka hijau adalah ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas, baik dalam bentuk area/kawasan maupun dalam bentuk area memanjang/jalur. Pemanfatan ruang terbuka hijau lebih bersifat pengisian hijau tanaman atau tumbuh-tumbuhan secara alamiah ataupun budidaya tanaman seperti lahan pertanian, pertamanan, perkebunan dan sebagainya (Anonim, 1988).

Ruang terbuka hijau yang ideal adalah 30 % dari luas wilayah (UU No.26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang). Hampir di semua kota besar di Indonesia, ruang terbuka hijau saat ini baru mencapai 10% dari luas kota. Padahal ruang terbuka hijau diperlukan untuk kesehatan, arena bermain, olah raga dan komunikasi publik. Pembinaan ruang terbuka hijau harus mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada.

2.4.2 Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008 menjelaskan bahwa RTH memiliki fungsi sebagai berikut:

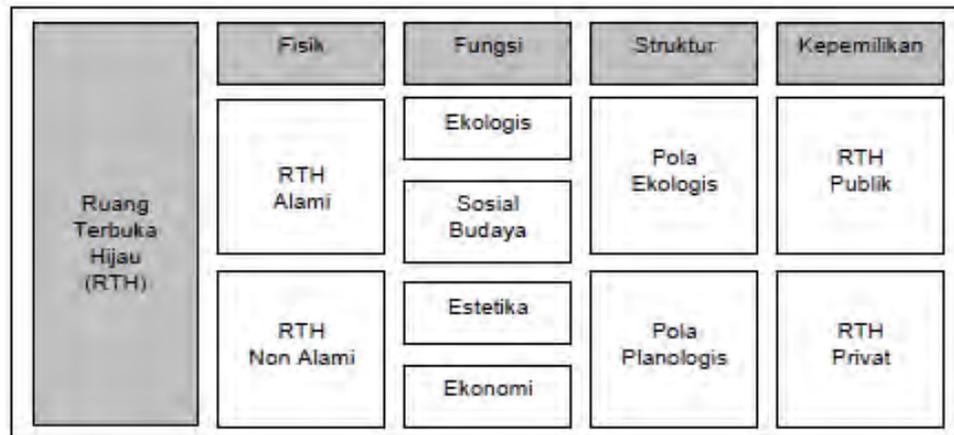
- a. Fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologis, yakni
 - Memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota)
 - Pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar
 - Sebagai peneduh
 - Produsen oksigen
 - Penyerap air hujan
 - Penyedia habitat satwa
 - Penyerap polutan media udara, air, dan tanah
 - Penahan angin
- b. Fungsi tambahan (ekstrinsik), yakni
 - Fungsi sosial dan budaya
 - Menggambarkan ekspresi budaya lokal
 - Merupakan media komunikasi warga kota
 - Tempat rekreasi
 - Wadah dan objek pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam
 - Fungsi ekonomi
 - Sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur mayur

- Bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain
- Fungsi estetika
 - Meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lansekap kota secara keseluruhan
 - Menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota
 - Pembentuk faktor keindahan arsitektural
 - Menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun

Keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) diperlukan guna meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan secara ekologis, estetis, dan sosial. Secara ekologis, ruang terbuka hijau berfungsi sebagai pengatur iklim mikro kota yang menyejukkan. Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsur-unsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, angin dan curah hujan. Ruang terbuka hijau memberikan pasokan oksigen bagi makhluk hidup dan menyerap karbon serta sumber polutan lainnya. Secara ekologis ruang terbuka hijau mampu menciptakan habitat berbagai satwa, misalnya burung. Secara estetis, ruang terbuka hijau menciptakan kenyamanan, harmonisasi, kesehatan, dan kebersihan lingkungan. Secara sosial, ruang terbuka hijau mampu menciptakan lingkungan rekreasi dan sarana pendidikan alam. Ruang terbuka hijau yang dikelola sebagai tempat pariwisata dapat membawa dampak ekonomis seperti meningkatkan pendapatan masyarakat (Putra, 2012).

2.4.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan pembagian jenis-jenis RTH yang ada sesuai dengan tipologi RTH sebagaimana gambar berikut (Anonim, 2008):

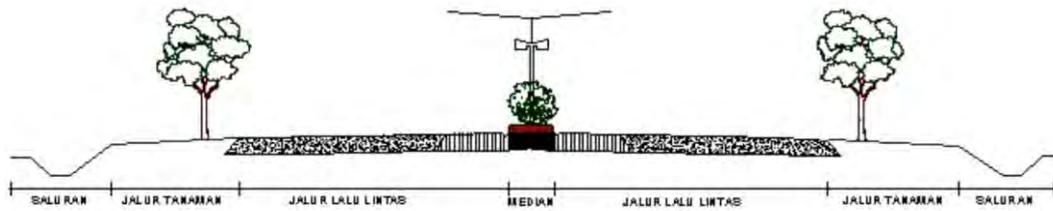


Gambar 2.3 Tipologi RTH (Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan)

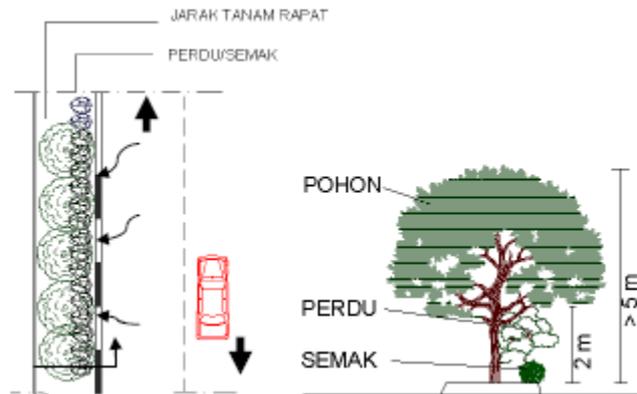
Secara fisik RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman-taman nasional serta RTH non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsi RTH dapat berfungsi ekologis, sosial budaya, estetika, dan ekonomi. Secara struktur ruang, RTH dapat mengikuti pola ekologis (mengelompok, memanjang, tersebar), maupun pola planologis yang mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan.

Untuk jalur hijau jalan, RTH dapat disediakan dengan penempatan tanaman antara 20–30% dari ruang milik jalan (rumija) sesuai dengan klas jalan. Untuk menentukan pemilihan jenis tanaman, perlu memperhatikan 2 (dua) hal, yaitu fungsi tanaman dan persyaratan penempatannya. Disarankan agar dipilih jenis tanaman khas daerah setempat, yang disukai oleh burung-burung, serta tingkat evapotranspirasi rendah.

Berikut gambar contoh pola RTH jalur hijau menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 .



Gambar 2.4 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan



Gambar 2.5 Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara

Dari segi kepemilikan, RTH dibedakan ke dalam RTH publik dan RTH privat. Pembagian jenis-jenis RTH publik dan RTH privat adalah sebagaimana tabel berikut.

Tabel 2.4 Pembagian Jenis-Jenis RTH Publik dan RTH Privat

No.	Jenis	RTH Publik	RTH Privat
1.	RTH Pekarangan		
	a. Pekarangan rumah tangga		V
	b. Halaman perkantoran, pertokoan, dan tempat usaha		V
	c. Taman atap bangunan		V
2.	RTH Taman dan Hutan Kota		
	a. Taman RT	V	V
	b. Taman RW	V	V
	c. Taman Kelurahan	V	V
	d. Taman Kecamatan	V	V
	e. Taman Kota	V	
	f. Hutan Kota	V	
	g. Sabuk Hijau (green belt)	V	
3.	RTH Jalur Hijau Jalan		
	a. Pulau jalan dan median jalan	V	V

Lanjutan Tabel 2.4

	b. Jalur pejalan kaki	V	V
	c. Ruang dibawah jalan layang	V	
4.	RTH Fungsi Tertentu		
	a. RTH sempadan rel kereta api	V	
	b. Jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi	V	
	c. RTH sempadan sungai	V	
	d. RTH sempadan pantai	V	
	e. RTH pengamanan sumber air baku/ mata air	V	
	f. Pemakaman	V	

Sumber: Anonim, 2008

Baik RTH publik maupun privat memiliki beberapa fungsi utama seperti fungsi ekologis serta fungsi tambahan, yaitu sosial budaya, ekonomi, estetika/arsitektural. Khusus untuk RTH dengan fungsi sosial seperti tempat istirahat, sarana olahraga dan atau area bermain, maka RTH ini harus memiliki aksesibilitas yang baik untuk semua orang, termasuk aksesibilitas bagi penyandang cacat. Tanel 2.4 menjelaskan bahwa pembagian jenis-jenis RTH Publik dan RTH privat.

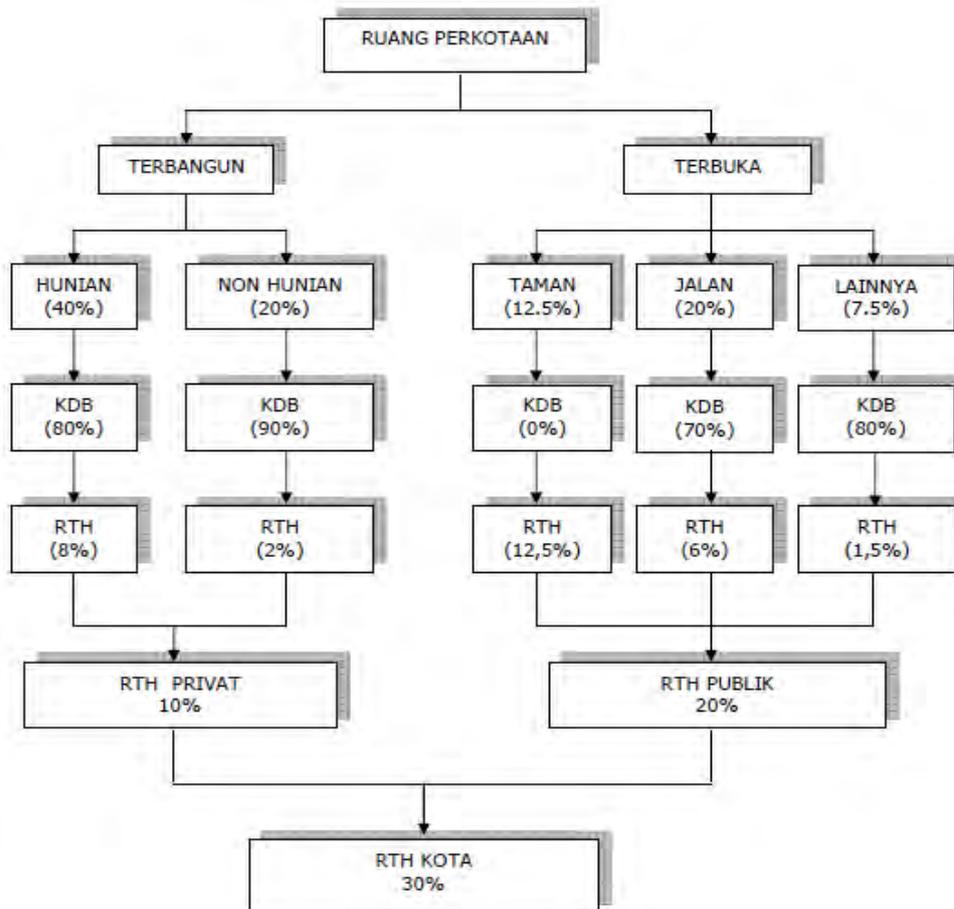
2.4.4 Proporsi Ruang Terbuka Hijau

Pembinaan ruang terbuka hijau haruslah mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada. Perlunya penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau menurut Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang ditetapkan bahwa proporsi luasannya paling sedikit 30% dari luas wilayah kota, yang diisi oleh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% ruang terbuka hijau publik dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat. Ketetapan RTH privat 10% bertujuan untuk menyelaraskan RTH secara keseluruhan/merata karena keberadaan RTH publik tidak merata (Grose, 2009).

Proporsi 30% merupakan ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan keseimbangan mikroklimat, maupun sistem ekologis lain yang dapat meningkatkan ketersediaan

udara bersih yang diperlukan masyarakat, serta sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota. RTH publik seluas minimal 20% dimaksudkan agar proporsi RTH minimal dapat lebih dijamin pencapaiannya sehingga memungkinkan pemanfaatannya secara luas oleh masyarakat.

Bagan proporsi RTH kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan

Komposisi untuk RTH publik sebesar 20% ini jika dibandingkan dengan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) meliputi 12.5% taman, 6% jalan, dan 1.5% lain-lain seperti pemakaman, lapangan olahraga, dan lahan pertanian perkotaan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan). Yang dimaksud dengan KDB adalah angka persentase perbandingan antara luas

seluruh lantai dasar bangunan gedung dan luas lahan/tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai sesuai rencana tata ruang dan rencana tata bangunan dan lingkungan. Bagan proporsi RTH kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 2.6.

2.4.5 Bentuk dan Jenis Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Menurut Undang-Undang Penataan Ruang No.26 Tahun 2007, bentuk ruang ruang terbuka hijau yaitu :

- a. Ruang terbuka hijau publik yaitu ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah yang digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara umum. Ruang Terbuka Hijau publik terdiri dari taman rekreasi, taman/lapangan olahraga, taman kota, taman pemakaman umum (TPA), jalur hijau (sempadan jalan, sungai, rel kereta api dan SUTET) dan hutan kota (hutan kota konservas, wisata, industri).
- b. Ruang terbuka hijau privat yaitu ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh perseorangan, swasta, kelompok lembaga/instansi tertentu. RTH privat terdiri dari halaman rumah, halaman kantor, halaman sekolah, halaman tempat ibadah, halaman rumah sakit, kelompok halaman hotel, kawasan industri, stasiun, bandara, dan lahan.

Jenis RTH berdasarkan pada Peraturan Menteri Dalam Negeri No.1 Tahun 2007 pasal 6 mengenai Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan (RTHKP) antara lain yaitu :

- a. Taman
- b. Taman wisata alam
- c. Taman rekreasi
- d. Taman lingkungan perumahan dan pemukiman
- e. Taman lingkungan perkantoran dan gedung komersial
- f. Taman hutan raya
- g. Hutan kota
- h. Hutan lindung
- i. Bentang alam, misalnya : gunung, bukit, lereng dan lembah
- j. Cagar alam

- k. Kebun raya
- l. Kebun binatang
- m. Pemakaman umum
- n. Lapangan olahraga
- o. Lapangan upacara
- p. Parkir terbuka
- q. Lahan pertanian perkotaan
- r. Jalur dibawah tegangan tinggi (SUTT dan SUTET)
- s. Sempadan sungai, pantai, bangunan, situ dan rawa
- t. Jalur pengaman jalan, median jalan, rel kereta api, pipa gas, dan pedestrian
- u. Kawasan dan jalur hijau
- v. Daerah penyangga (*buffer zone*) lapangan udara
- w. Taman atap (*roof garden*).

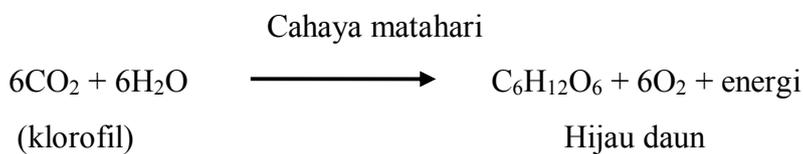
2.4.6 Penyerapan Karbondioksida (CO₂) oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH)

RTH merupakan penyerap gas karbondioksida yang cukup penting. RTH yang ada di perkotaan umumnya sangat bermanfaat bagi penyerap karbondioksida (CO₂) di udara. Bahkan ada beberapa tanaman yang memiliki kemampuan besar dalam menyerap CO₂. Jenis tanaman yang baik sebagai penyerap gas karbondioksida (CO₂) dan penghasil oksigen adalah damar (*Agathis alba*), daun kupukupu (*Bauhinia purpurea*), lamtoro gung (*Leucaena leucocephala*), akasia (*Acacia auriculiformis*), dan beringin (*Ficus benjamina*). Penyerapan karbon dioksida oleh RTH dengan jumlah 10.000 pohon berumur 16-20 tahun mampu mengurangi karbon dioksida sebanyak 800 ton per tahun (Simpson *and* McPherson, 1999 dalam Rizkatania, 2012).

Fotosintesis adalah proses dimana organisme hidup mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk molekul organik. CO₂ adalah salah satu bahan yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Sebagaimana diketahui, tumbuhan melakukan fotosintesis untuk membentuk zat makanan atau energi yang dibutuhkan tanaman tersebut. Dalam fotosintesis tersebut tumbuhan menyerap karbondioksida (CO₂) dan air yang kemudian di rubah menjadi glukosa dan oksigen dengan bantuan

sinar matahari. Kesemua proses ini berlangsung di klorofil. Kemampuan tanaman sebagai penyerap karbondioksida akan berbeda-beda. Banyak faktor yang mempengaruhi daya serap karbondioksida (Hartman and Kestr. 1986 dalam Rizkatania, 2012).

Fotosintesis sangat penting bagi kehidupan. Selain menghasilkan zat makanan pada tumbuhan, proses ini juga menghasilkan oksigen yang dibutuhkan bagi pernafasan manusia. Proses fotosintesis terjadi pada daun tumbuhan. Proses fotosintesis ini tidak berlangsung pada semua sel tetapi hanya pada sel yang mengandung pigmen fotosintetik. Dalam persamaan kimia, reaksi fotosintesis dapat digambarkan sebagai berikut:



Tumbuhan memerlukan cahaya sebagai sumber energi untuk melakukan fotosintesis. Cahaya tersebut merupakan bagian spektrum energi radiasi yang terdapat di bumi dan berasal dari matahari. Tetapan matahari adalah 200 kal.cm-2.min-1 (1395 W.m-2). Ini merupakan jumlah energi yang diterima oleh suatu permukaan datar yang tegak lurus dengan sinar matahari dan tepat di sebelah luar atmosfer bumi. Tingkat radiasi matahari itu makin menurun setelah melewati bumi karena adanya penyerapan dan pemencaran. Radiasi matahari pada permukaan bumi, apabila permukaan tersebut tegak lurus terhadap sinar matahari, berkurang dari 2,0 menjadi antara 1,4 dan 1,7 kal.cm-2.min-1 pada hari yang cerah. Selama siang hari ada sejumlah tertentu sinaran gelombang pendek yang tiba pada permukaan bumi. Jumlah itu bergantung pada garis lintang, musim, waktu sehari-harinya, dan derajat keberawanan (Rizkatania, 2012).

2.5 Efek Rumah Kaca

Cuaca di bumi sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari. Radiasi matahari yang mencapai bumi mencapai 342 Wm⁻². Sekitar 30% dari radiasi tersebut direfleksikan kembali ke angkasa luar karena adanya awan dan permukaan bumi. Permukaan bumi akan menyerap radiasi matahari sebesar 168 Wm⁻², sedangkan

atmosfer menyerap 67 Wm^{-2} . Atmosfer mempunyai beberapa lapis gas, termasuk gas rumah kaca dan awan, yang akan mengemisikan kembali sebagian radiasi infra merah yang diterima ke permukaan bumi. Dengan adanya lapisan ini maka panas yang ada di permukaan bumi akan bertahan dan proses ini dinamakan efek rumah kaca (Sugiyono, 2006).

Benny, 2007 menguraikan bahwa lapisan atmosfer terdiri dari, berturut-turut: troposfir, stratosfir, mesosfir dan termosfer: Lapisan terbawah (troposfir) adalah yang yang terpenting dalam kasus ERK. Sekitar 35% dari radiasi matahari tidak sampai ke permukaan bumi. Hampir seluruh radiasi yang bergelombang pendek (sinar alpha, beta dan ultraviolet) diserap oleh tiga lapisan teratas. Yang lainnya dihamburkan dan dipantulkan kembali ke ruang angkasa oleh molekul gas, awan dan partikel. Sisanya yang 65% masuk ke dalam troposfir. Di dalam troposfir ini, 14 % diserap oleh uap air, debu, dan gas-gas tertentu sehingga hanya sekitar 51% yang sampai ke permukaan bumi. Dari 51% ini, 37% merupakan radiasi langsung dan 14% radiasi difus yang telah mengalami penghamburan dalam lapisan troposfir oleh molekul gas dan partikel debu. Radiasi yang diterima bumi, sebagian diserap sebagian dipantulkan. Radiasi yang diserap dipancarkan kembali dalam bentuk sinar inframerah (Razak, 2010).

Sinar inframerah yang dipantulkan bumi kemudian diserap oleh molekul gas yang antara lain berupa uap air atau H_2O , CO_2 , metan (CH_4), dan ozon (O_3). Sinar panas inframerah ini terperangkap dalam lapisan troposfir dan oleh karenanya suhu udara di troposfir dan permukaan bumi menjadi naik. Terjadilah Efek Rumah Kaca. Gas yang menyerap sinar inframerah disebut Gas Rumah Kaca.



Gambar 2.7 Efek Rumah Kaca

Seandainya tidak ada ERK, suhu rata-rata bumi akan sekitar minus 18°C terlalu dingin untuk kehidupan manusia. Dengan adanya ERK, suhu rata-rata bumi 33°C lebih tinggi, yaitu 15°C. Jadi, ERK membuat suhu bumi sesuai untuk kehidupan manusia.

Namun, ketika pancaran kembali sinar inframerah terperangkap oleh CO₂ dan gas lainnya, maka sinar inframerah akan kembali memantul ke bumi dan suhu bumi menjadi naik. Dibandingkan tahun 50-an misalnya, kini suhu bumi telah naik sekitar 0,20 C lebih.

Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO₂ ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak (BBM), batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk mengabsorbsinya.

Energi yang masuk ke bumi mengalami : 25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer 25% diserap awan 45% diadsorpsi permukaan bumi 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi.

Energi yang diadsorpsi dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO₂ dan gas lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan, dengan adanya efek rumah kaca perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi tidak terlalu jauh berbeda (Razak, 2010)

2.6 Emisi Karbondioksida CO₂ dan Perhitungannya

2.6.1 Emisi Karbondioksida (CO₂)

Emisi karbondioksida adalah pemancaran atau pelepasan gas karbondioksida CO₂ ke udara. Sumber-sumber emisi CO₂ ini sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan menjadi 4 macam sebagai berikut:

1. *Mobile Transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan pengepungan/evaporasi gasoline.
2. *Stationary Combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industry, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energy oleh industry

3. *Industrial Processes* (proses industry) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
4. *Solid Waste Disposal* (pembuangan sampah) antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.

Emisi CO₂ dapat pula dikategorikan menjadi :

1. Emisi Langsung

Emisi ini merupakan emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya emisi CO₂ dari kendaraan bermotor.

2. Emisi Tidak Langsung

Emisi ini merupakan hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya konsumsi energy listrik di rumah tangga (Aqualdo, dkk. 2012).

2.6.2 Perhitungan Emisi

Untuk dapat menentukan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂, maka harus dilakukan penentuan estimasi total emisi CO₂ dari tiga sektor yakni sektor transportasi, industri dan pemukiman

1. Emisi CO₂ Sektor Transportasi

Untuk mendapatkan jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang maka dilakukan pengkonversian jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp) dengan rumus pada Persaman 2.1.

$$n = m \times FK \quad (2.1)$$

di mana,

n = Jumlah kendaraan (smp/jam)

m = Jumlah kendaraan setelah konversi
(kendaraan/jam)

FK = Faktor Konversi (smp/kendaraan)

Menurut Indonesia Highway Capacity Manual Part 1 Urban Road No. 09/T/BNKT/1993 pemakaian praktis nilai smp tiap jenis kendaraan digunakan nilai standar seperti yang ditampilkan pada .

Tabel 2.5 Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil penumpang)

No	Jenis Kendaraan	Smp
1.	Kendaraan Ringan	1,00
2.	Kendaraan Berat	1,20
3.	Sepeda Motor	0,25

(Sumber: Indonesian Highway Capacity Manual dalam Adiantari, 2010)

Perhitungan emisi akan dihitung dengan rumus pada Persamaan 2.2.

$$Q = n \times FE \times K \quad (2.2)$$

di mana:

- Q = Jumlah emisi (g /jam.km)
- n = Jumlah kendaraan (smp/jam)
- FE = Faktor emisi (g/liter)
- K = Konsumsi bahan bakar (liter/100 km)

2. Emisi CO₂ Sektor Permukiman (Emisi CO₂ Primer)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya emisi CO₂ primer dari sektor permukiman dapat dilihat pada Persamaan 2.3

$$\text{Emisi CO}_2 = EF \times \text{konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \quad (2.3)$$

Di mana :

- Konsumsi bahan bakar = bahan bakar yang dikonsumsi (Kg/bulan)
- EF = faktor emisi CO₂ bahan bakar (g CO₂/MJ)
- NCV = Net Calorific Volume (*energy content*) per unit massa atau volume bahan bakar (MJ/Kg)

3. Emisi CO₂ Sektor Industri (Emisi CO₂ Primer)

Berikut ini adalah rumus yang digunakan IPCC 2006 untuk menghitung emisi CO₂ primer kegiatan industri yang dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum FC \times CEF \times \text{NCV} \quad (2.4)$$

di mana :

- $\sum FC$ = jumlah bahan baker fosil yang digunakan (massa/volume)
- NCV = nilai Net Calorific Volume (*energi content*)

per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/kiloton fuel)

CEF = Carbon Emission Factor (ton CO₂/TJ)

Karena perhitungan emisi CO₂ primer untuk menggunakan nilai NCV dan CEF, maka berikut ini nilai NCV dan CEF untuk bahan bakar solar yang ditampilkan pada Tabel 2.8

Tabel 2.6 Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri

Bahan Bakar	NCV (TJ/Kilo Ton Fuel)	CEF (ton CO ₂ /TJ)
Solar	43	74,1

Sumber: IPCC, 2006

4. Estimasi Emisi dari Sektor Persampahan

Sampah yang di timbun di TPA berdasarkan IPCC 2006:

$$\text{Emisi CH}_4 = \left(MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{2} - R \right) \times (1 - OX) \quad (2.5)$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Emisi methane} \times \left(\frac{1-F}{F} + OX \right) \times 44/16 \quad (2.6)$$

Keterangan:

MSW_T = timbulan sampah kota (Gg/yr)

MSW_F = fraksi timbulan sampah kota yang ditimbun di TPA

MCF = Faktor koreksi metan (fraksi)

DOC = Degradasi organik karbon (fraksi) (Kg C/Kg sampah)

DOC_F = Fraksi dari DOC

F = Fraksi dari CH₄ di TPA (0,5 berdasarkan IPCC)

R = Recovery CH₄ (Gg/yr)

OX = Faktor oksidasi (0,1 berdasarkan IPCC)

44 = MR dari CO₂ (kg/kg-mol)

16 =MR dari CH₄ (kg/kg-mol)

Keterangan lebih lanjut mengenai DOC, DOCF, F, R, dan OX berdasarkan IPCC (2006) adalah sebagai berikut :

a. DOC

DOC adalah karakteristik yang menentukan besarnya gas CH₄ yang dapat terbentuk pada proses degradasi komponen organik/karbon yang

ada pada limbah. Pada sampah padat kota, DOC sampah bulk diperkirakan berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah. DOC ini dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan dry matter content (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah (persamaan 2.7).

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i) \quad (2.7)$$

dimana:

DOC = Fraksi degradable organic carbon pada sampah bulk, Ggram C/Gram sampah

DOC_i = Fraksi degradable organic carbon pada komponen sampah i (basis berat basah)

W_i = Fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)

I = Komponen sampah (misal sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dan lain-lain)

Tabel 2.7 Nilai DOC_i

No	Jenis Sampah	Nilai DOC _i
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,20
3	Sampah kertas	0,40
4	Sampah kayu dan jerami	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,24
7	Karet dan kulit	0,39
8	Lumpur	0,05
9	Kaca, plastik, logam	0
10	Lain-lain	0

Sumber : IPCC, 2006

b. *Fraction of Degradable Organic Dissimilated* (DOC_F)

DOC_F merupakan perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA. DOC_F juga merupakan penggambaran kenyataan bahwa beberapa karbon organik tidak terdegradasi atau terdegradasi sangat lambat, dalam kondisi anaerobik di TPA. Nilai standar yang direkomendasikan untuk DOC_F adalah 0,5 dengan asumsi bahwa lingkungan TPA dalam kondisi anaerobic. Nilai DOC_F tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dll.

c. Fraksi CH₄ pada gas Landfill yang dihasilkan (F)

Emisi gas CH₄ yang dihasilkan oleh sebagian besar sampah di landfill sekitar 50%. Bahan-bahan seperti minyak dan lemak dapat menghasilkan gas CH₄ lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi CH₄ adalah 0,5.

d. *Methane Correction Factors* (MCF)

Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) bergantung pada pengelolaan yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) tersaji pada Tabel 2.16.

Tabel 2.8 Klasifikasi TPA dan *Methane Correction Factors* (MCF)

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik ¹	1,0
Terkelola-semi-anaerobik ²	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampai>5m) dan/air tanah yang dangkal ³	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampai<5m) ⁴	0,4
TPA tidak memiliki katagori ⁵	0,6

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

1. TPA terkelola-anaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol setidaknya meliputi salah satu dari berikut : (i) tercover, (ii) pemadatan, atau (iii) perataan sampah
2. TPA terkelola-semianaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara untuk setiap lapisan sampah : (i) bahan penutup yang permeable, (ii) system drainase lindi, atau (iii) pengaturan umur kolam, (iv) system ventilasi gas
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal : semua TPA yang ditemukan adanya criteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalamanlebih besar atau sama dengan 5 m dan atau air tanah dangkal
4. TPA tidak terkelola-dangkal : semua TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5m
5. TPA tidak memiliki katagori : hanya jika Negara tidak dapat mengkatagorikan TPA ke dalam 4 katagori TPA yang disebutkan sebelumnya,

e. *Oxidation Factor* (OX)

Nilai dari *Oxidation Factor* (OX) menunjukkan sejumlah CH₄ dari TPA yang teroksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi tanah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi daripada TPA yang tidak dikelola. Nilai dari *Oxidation Factor* (OX) tersaji pada Tabel 2.11.

Tabel 2.9 *Oxidation Factor* (OX)

Tipe TPA	Nilai Standar Oxidation Faktor (OX)
TPA dikelola, tidak dikelola, dan tidak terkatagori ¹	1,0
TPA dikelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH ₄ ²	0,5

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

¹ Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi

² contohnya tanah, kompos

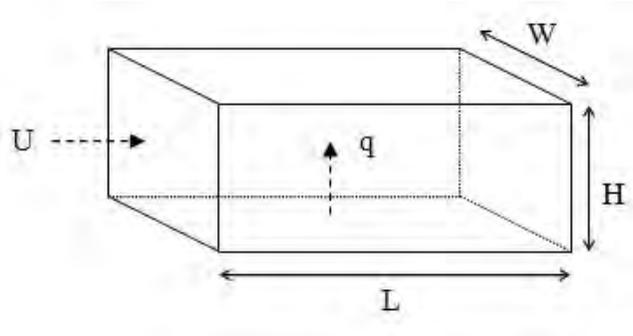
Setelah selesai melakukan perhitungan ulang terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri selanjutnya dilakukan perhitungan emisi CO₂ total tiap kecamatan yang merupakan hasil penjumlahan seluruh hasil perhitungan nilai emisi CO₂ dari kegiatan permukiman, industri, dan transportasi per kecamatan.

2.7 Metode Box Model

Salah satu model pendugaan konsentrasi adalah model kotak (box model) yang biasanya digunakan untuk pendugaan kualitas udara (Pentury, 2003).

Model box dipakai untuk memprakirakan (menduga) konsentrasi polutan rata-rata di udara pada daerah yang mempunyai beberapa sumber pencemar dalam skala kecil dan tersebar secara merata. Model ini memiliki beberapa kelemahan yang selanjutnya diharapkan ada usaha untuk memperbaiki model ini dalam membantu pemantauan kualitas udara (Pentury, 2003).

Box model digunakan untuk menghitung tingkat emisi pada suatu area dan tinggi pencemaran tertentu dengan memasukkan kontribusi emisi dari daerah yang ditinjau. Visualisasi model box disajikan pada gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.8 Visualisasi Box Model

Gambar 2.8 merupakan visualisasi persebaran emisi pencemar berdasarkan prinsip *box model*. Di mana emisi pencemar yang dihasilkan oleh kontributor (q) menyebar dalam suatu batasan ruang berupa *box* dengan volume tertentu. Batas area adalah permukaan tanah sebagai batas bawah dan batas atas merupakan lapisan inversi (batas *mixing height*). *Box model* digambarkan dengan persamaan (2.8).

- a. Perhitungan konsentrasi pencemar $C(t)$

$$C(t) = \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \quad (2.8)$$

Dimana:

$C(t)$ = Konsentrasi pencemar (mg/m^3)

q = Rata-rata emisi pencemar per meter persegi ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{detik}$)

L = Panjang kotak (m)

H = Tinggi pencampuran udara (m)

U = Rata-rata kecepatan angin (meter/detik)

t = Waktu tempuh (detik)

- b. Perhitungan volume box

Volume box (m^3) =

$$\text{Luas Wilayah studi (m}^2\text{)} \times \text{Tinggi lapisan inversi (m)} \quad (2.9)$$

- c. Perhitungan massa CO_2

$$\text{Massa CO}_2 \text{ (mg)} = C(t) \text{ (mg/m}^3\text{)} \times \text{Volume box (m}^3\text{)} \quad (2.10)$$

- d. Perhitungan Emisi CO_2

$$Emisi CO_2 (mg/detik) = \frac{Massa CO_2}{t(detik)} \quad (2.11)$$

(Hermana , 2003 dalam Setiawan 2013).

Didalam penyebarannya, emisi pencemar juga dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin (U).

Menurut Mukono, 1999 dalam Pentury (2003), Pendugaan kualitas udara dengan *box model* ini menggunakan beberapa asumsi, yaitu:

- Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap). Pengertian konstan dalam hal ini adalah apabila polutan udara pada keadaan P (massa per satuan waktu) memasuki suatu volume udara ambien yang bergerak pada suatu arah dengan kecepatan (U) yang konstan.
- Udara yang bergerak di atmosfer dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian (H). Udara yang bergerak juga dibatasi oleh arah tegak lurus terhadap kecepatan angin.

2.8 Peran Tumbuhan Sebagai Penyerap Gas CO₂

Tanaman sebagai komponen pengisi ruang terbuka hijau memiliki banyak manfaat. Menurut Simond (1983), beberapa dari manfaat tersebut diantaranya yaitu :

- a. Sebagai produsen utama dalam siklus rantai makanan yang terjadi di alam
- b. Sebagai penyimpan cadangan air tanah, mengurangi aliran air permukaan dan mencegah terjadinya erosi tanah.
- c. Mampu memberikan kesejukan bagi lingkungan di sekitarnya.
- d. Mampu menjaga iklim mikro yaitu dalam meminimalisir tingginya suhu dan kelembapan udara terutama di wilayah perkotaan.
- e. Mampu menjaga kesuburan tanah dan memperbaiki struktur hara di dalam tanah.

Tumbuhan yang ada di dalam dan di sekitar kota dapat diarahkan untuk mengatasi efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah gejala lebih hangatnya suhu udara khususnya di pusat kota. Hutan dan taman kota dapat menyerap gas CO₂. Hutan Kota dapat menciptakan iklim mikro yang sejuk dan nyaman. Oleh sebab itu, efek rumah kaca dapat diatasi dengan baik oleh hutan kota yang luas. Tumbuhan dapat menyerap gas CO₂ melalui proses fotosintesa dengan rumus:



Kemampuan tanaman dalam menyerap gas CO₂ bermacam-macam. Menurut Prasetyo *et al*, (2002) hutan yang mempunyai berbagai macam tipe vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ yang berbeda. Daya serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10. Cadangan Karbon Dan Daya Serap Gas CO₂ Berbagai Tipe Penutupan Vegetasi

No	Tipe Penutupan	Daya Serap gas CO ₂ (kg/ha/jam)	Daya serap CO ₂ (ton/ha/tahun)
1.	Pohon	129,92	569,07
2.	Semak Belukar	12,56	55,00
3.	Padang Rumput	2,76	12,00
4.	Sawah	2,74	12,00

Sumber : Prasetyo *et al*. (2002) *dalam* Tinambunan (2006)

Menurut Gordinho *et al* (2003), tanaman mahoni yang berumur 11 tahun dengan kepadatan 940 pohon/ha mempunyai daya serap sebesar 25,40 ton CO₂/ha/tahun, sedangkan tanaman mangium dengan umur yang sama namun kepadatannya 912 pohon/ha mempunyai daya serap 23,64 ton CO₂ /ha/tahun. Kemudian Hairiah *et al* (2001) *dalam* (Dahlan, 2007) menyatakan bahwa tanaman sengon dapat menyerap 33,03 ton CO₂/ha/tahun, sedangkan perkebunan kopi mampu menyerap 8,07 ton CO₂/ha/tahun.

Penelitian Endes N. Dahlan memberikan hasil bahwa trembesi (*Samanea saman*) terbukti menyerap paling banyak karbondioksida. Dalam setahun, trembesi mampu menyerap 28.488,39 kg karbondioksida. Selain pohon trembesi, didapat juga berbagai jenis tanaman yang mempunyai kemampuan tinggi sebagai tanaman penyerap CO₂. Pohon-pohon itu diantaranya adalah cassia, kenanga, pingku, beringin, krey payung, matoa, mahoni, dan berbagai jenis tanaman lainnya. Daftar tanaman yang mempunyai daya serap karbondioksida yang tinggi berdasarkan hasil riset Endes N. Dahlan yang dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Hutan yang mempunyai berbagai macam tipe penutupan vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ yang berbeda. Tipe penutupan vegetasi tersebut berupa pohon, semak belukar, padang rumput, sawah. Daya serap berbagai macam tipe kemampuan pohon menyerap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2.11. Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg/pohon/tahun)
1	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28448,39
2	Cassia	<i>Cassia sp</i>	5295,47
3	Kenanga	<i>Canangium odoratum</i>	756,59
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	756,59
5	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
6	Krey payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
7	Matoa	<i>Pornetia pinnata</i>	329,76
8	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenantha pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
12	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	126,51
13	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
14	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
17	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
18	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i>	36,19
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20	Bunga merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
21	Sempur	<i>Dilena retusa</i>	24,24
22	Khaya	<i>Khaya anotheca</i>	21,90
23	Merbau pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
24	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	15,19
25	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
26	Asam kranji	<i>Pithecelobium dulce</i>	8,48
27	Sapu tangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	8,26
28	Dadap merah	<i>Erythraea cristagalli</i>	4,55
29	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	2,19
30	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
31	Kempas	<i>Coompasia excelsa</i>	0,20

Sumber : Dahlan, 2007

Keterangan Tabel 2.13 :

- 1-2 : Sangat tinggi
- 3-5 : Tinggi
- 6-10 : Agak tinggi
- 11-16 : Sedang
- 17-24 : Rendah
- 24-31 : Sangat rendah

Tabel 2.11 menunjukkan kemampuan daya serap CO₂ dari berbagai jenis pohon berdasarkan hasil riset Dahlan (2007) yang digunakan dalam penelitian ini, tidak hanya berdasarkan tabel 2.11 adapun berdasarkan Pentury (2003) dalam menghitung kemampuan serapan CO₂ berdasarkan jenis pohon yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.12 Kemampuan Penyerapan Beberapa Jenis Pohon dan Perdu

No	Jenis Tanaman	Serapan CO ₂ /daun (ppm)	Serapan CO ₂ /tajuk (ppm)	Serapan CO ₂ /tajuk (mg/m ³)
1	Angsana/Sono (<i>Pterocarpus indica</i>)	0,648428	4,2601692	4260,1692
2	Tanjung (<i>Mimusops elengi</i>)	0,288396	1,8947626	1894,7626
3	Bungur	0,210706	1,3843413	1384,3413
4	Mahoni	0,213087	1,3999830	1399,9830
5	Johar	0,060160	0,3952264	395,2264
6	Beringin	0,092060	0,6048314	604,8314
7	Asam	0,127679	0,8388489	838,8489
8	Sawo kecil	0,529727	3,4803058	3480,3058
9	Mangga	0,636577	4,1823080	4182,3080
10	Tabebuaya	0,213720	1,4041710	1404,1710
11	Kupu	0,191323	1,2569897	1256,9897
12	Glodokan	0,319648	2,1000861	2100,0861
13	Akasia	0,196486	1,2909155	1290,9155

Sumber: Pentury, 2003

Laju serapan CO₂ dapat dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi dan jenis tumbuhan. Menurut Pentury (2003), laju serapan CO₂ berdasarkan luas tutupan vegetasi per satuan luas (S) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12)

$$S = 0,2278 e^{(0,0048 \cdot I)} \quad (2.12)$$

Dimana:

- S = Laju serapan CO₂
- I = Intensitas cahaya (kal/cm²/hari)
- e = Bilangan pokok logaritma natural
- 0,0048 = Koefisien intensitas cahaya
- 0,2278 = Konstanta perjumlahan

Intensitas cahaya yang digunakan harus sesuai dengan kondisi iklim Kota Malang. Karena Kota Malang beriklim tropis maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang terdapat dalam Tabel 2.12.

Sedangkan untuk pengukuran luasan tajuk dilakukan dengan cara mengukur diameter tajuk menggunakan meteran. Tiap tajuk tanaman diukur dua kali secara tegak lurus kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Nilai luas tajuk didapat dengan formula Mangold (1997) dalam Pratiwi (2012) pada persamaan (2.13).

$$LT = \pi \left(\frac{r1+r2}{2}\right)^2 \times \text{Kerapatan Tajuk} \quad (2.13)$$

Dimana:

LT = Luasan Tajuk (m²)

π = 3,14 (konstanta)

r = Diameter tanaman (m)

Kerapatan Tajuk = Persentase Kerapatan (1-100%)

Tabel 2.13 Intensitas Cahaya

Garis Lintang (derajat)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	Tahun
	kal / cm ² /hari												
U	90	0	0	55	518	903	1077	944	605	136	0	0	3540
	80	0	3	143	518	875	1060	930	600	219	17	0	3660
	60	86	234	424	687	866	983	892	714	494	258	113	4850
	40	358	538	663	847	930	1001	941	843	719	528	397	6750
	20	631	795	821	914	912	947	912	887	856	740	666	8070
Katuliwiwa	844	963	878	876	803	803	792	820	891	866	873	829	8540
S	20	970	1020	832	737	608	580	588	680	820	892	986	8070
	40	998	963	686	515	358	308	333	453	648	817	994	6750
	60	947	802	459	240	95	50	77	187	403	648	920	4850
	80	981	649	181	9	0	0	0	0	113	459	917	3660
	90	995	656	92	0	0	0	0	0	30	447	932	3540

Sumber : Wilson, 1993 *dalam* Adiastari, 2010

2.9 Sistem Informasi Geografis

2.9.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System/GIS*) yang selanjutnya akan disebut SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989).

Sistem Informasi Geografis atau SIG atau yang lebih dikenal dengan SIG mulai dikenal pada awal 1980-an. Sejalan dengan berkembangnya perangkat komputer, baik perangkat lunak maupun perangkat keras, SIG berkembang mulai sangat pesat pada era 1990-an dan saat ini semakin berkembang.

Secara umum pengertian SIG sebagai berikut yaitu ” Suatu komponen yang terdiri dari **perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia** yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis ”.

Dalam pembahasan selanjutnya, SIG akan selalu diasosiasikan dengan sistem yang berbasis komputer, walaupun pada dasarnya SIG dapat dikerjakan secara manual, SIG yang berbasis komputer akan sangat membantu ketika data geografis merupakan data yang besar (dalam jumlah dan ukuran) dan terdiri dari banyak tema yang saling berkaitan.

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan *data spasial* yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

Berikut ini adalah beberapa karakteristik dari Sistem Informasi Geografis diantaranya antara lain :

1. SIG merupakan suatu sistem hasil pengembangan software dan hardware untuk tujuan pemetaan.

2. Melibatkan ahli geografi, informatika, dan komputer serta aplikasi terkait.
3. Terdapat beberapa masalah dalam pengembangan SIG, meliputi : cakupan, kualitas, dan standar data, struktur, model dan visualisasi data, koordinasi kelembagaan dan etika, pendidikan, expert system dan decision support system serta penerapannya.
4. Perbedaan SIG dengan sistem informasi lainnya adalah data dengan letak geografis dan terdiri dari data tekstual maupun grafik.
5. Tidak hanya sekedar mengubah peta konvensional (tradisional) ke bentuk peta digital untuk kemudian disajikan (dicetak/diperbanyak) kembali.
6. Mampu melakukan pengumpulan, penyimpanan, transformasi, menampilkan, memanipulasi, memadukan dan menganalisis data spasial dari fenomena geografis suatu wilayah.
7. Mampu melakukan penyimpanan data dasar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu masalah. Contoh : menyelesaikan masalah perubahan jumlah penduduk memerlukan informasi dasar seperti angka kelahiran dan angka kematian.

2.9.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sebagai sebuah sistem informasi, Geographic information System memiliki berbagai kemampuan dan kelebihan yang dapat membantu para manajer perusahaan dalam membuat keputusan kegiatan usahanya. Kemampuan dan kelebihan SIG antara lain :

a. Memetakan Letak

Kemampuan ini memungkinkan seseorang untuk mencari dimana letak suatu daerah, benda, atau lainnya di permukaan bumi. Kemampuan ini dapat digunakan untuk mencari lokasi rumah, mencari rute jalan, mencari tempat-tempat penting dan lainnya yang ada di peta.

b. Memetakan Kuantitas

Pemetaan kuantitas merupakan pemetaan yang memudahkan pengamatan terhadap data statistik atau suatu yang berhubungan dengan jumlah, seperti dimana yang paling banyak atau dimana yang paling sedikit. Dengan melihat pemetaan kuantitas dapat dicari tempat-tempat yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan dan digunakan untuk pengambilan

keputusan atau juga untuk mencari hubungan dari masing-masing tempat tersebut.

c. Memetakan Kerapatan

Pemetaan kerapatan sangat bermanfaat untuk data-data yang berjumlah besar seperti sensus atau data statistik daerah. Misalnya, untuk melihat lokasi pelanggan dengan jumlah pemakaian listrik terbanyak atau yang pemakaian listriknya lebih sedikit. Pada akhirnya data ini dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam menghadapi permasalahan-permasalahan yang terjadi akibat ketidakseimbangan kerapatan.

d. Memetakan Perubahan

Dengan memasukkan variabel waktu, SIG dapat dibuat untuk peta historika. Historia ini dapat digunakan untuk memprediksi keadaan yang akan datang dan dapat juga digunakan untuk mengevaluasi kebijakan perusahaan.

e. Memetakan apa yang ada di dalam dan di luar suatu area

SIG digunakan untuk mengawasi apa yang terjadi dan keputusan apa yang akan diambil dengan memetakan apa yang ada pada suatu area dan apa yang ada di luar area. Sebagai contohnya, sebuah gardu listrik dengan kapasitas tertentu dapat melayani pelanggan dalam jarak tertentu dari lokasi gardu listrik tersebut. Dengan pemetaan ini, dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk perencanaan ke depan, misalnya untuk memasang tambahan gardu listrik baru di area yang tidak terjangkau gardu listrik yang ada.

Selain berbagai kelebihan dan kemampuan diatas, Sistem Informasi Geografis juga masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah seringnya terdapat peta yang kadaluarsa karena tidak diperbaharui dan terkadang terdapat penggunaan skala yang tidak sesuai (C Vidya, 2009).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan di beberapa wilayah, di Kota Surabaya dan Malang. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi kasus: Kecamatan Kenjeran) oleh Pratiwi S.R (2012). Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung dilapangan dengan mengambil beberapa sampel yang terdiri dari tipe rumah mewah, menengah dan sederhana. Besarnya emisi CO₂ yang bersumber dari konsumsi energi berupa bahan bakar (LPG dan minyak tanah) dan dari *septictank* dihitung dengan pendekatan nilai faktor emisi dalam IPCC (*Intergovermental Panel on Climate Change*) dan dengan metode *box model*. Berdasarkan hasil penelitian, kemampuan serapan CO₂ RTH privat eksisting di Kecamatan Kenjeran untuk tipe rumah sederhana adalah 0,0001408 gr/detik, rumah menengah 0,0009187 gr/detik dan rumah mewah 0,0005520 gr/detik. RTH privat eksisting tersebut mencukupi dalam menyerap emisi CO₂ dari seluruh tipe rumah.
2. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Selatan, (Studi kasus:di Kecamatan Wonocolo, Surabaya Selatan oleh Putri A.A (2012). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis total emisi karbon rumah tangga tersebut dan apakah RTH privat eksisting sudah cukup mampu menyerapnya. Selain itu, dianalisis juga kecukupan RTH privat sebagai penghasil oksigen serta mengusulkan bagaimana rancangannya yang ideal. Metodologi yang dilakukan yaitu menganalisis perhitungan jumlah emisi CO₂ primer rumah tangga yang dihasilkan di Kecamatan Wonocolo dari sumber energi bahan bakar dan septictank menggunakan metode IPCC (*Intergovermental Panel on Climate Change*), serta menghitung tingkat emisi pada suatu area dan tinggi pencemaran tertentu dengan memasukkan kontribusi emisi dari daerah yang ditinjau menggunakan visualisasi Boxmodel. Hasilnya, kecukupan RTH privat menyerap emisi CO₂ berdasarkan luasan, hanya 29% (untuk rumah sederhana) dengan total laju serapan sebesar 43,5 grCO₂/detik dan total emisi karbon sebesar 150,67 grCO₂/detik. Untuk rumah menengah, kemampuan penyerapan RTH privat eksisting hanya 76% dengan total laju serapan sebesar 64 grCO₂/detik dan total emisi karbon sebesar 83,7 grCO₂/detik. Untuk tipe rumah mewah, sudah cukup kemampuan penyerapannya

mendekati 100%. Dan, apabila ditinjau dari kemampuan RTH privat eksisting memproduksi O₂ untuk tipe rumah sederhana dan menengah masih kurang, hanya sekitar 40%. Untuk tipe rumah mewah sudah cukup, karena lahan dan jenis tanaman yang cukup. Rancangan RTH privat ideal per tipe rumah, yaitu 57,4 m² untuk rumah sederhana, 42 m² untuk rumah menengah dan 165,4 m² untuk rumah mewah.

3. Efektivitas Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kota Malang Proyeksi Tahun 2016 oleh Ning Alfiyah. Penelitian ini dilakukan sebagai kebutuhan ruang terbuka hijau Kota Malang proyeksi tahun 2016 ditinjau dari jumlah penduduk, luas wilayah, kebutuhan oksigen dan kebutuhan air. Secara kuantitatif hasil evaluasi menunjukkan bahwa kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan jumlah penduduk antara peneliti dan Pemerintah Kota Malang adalah berbeda signifikan secara statistik. Hal ini ditunjukkan melalui uji t. Dalam uji t, nilai t hitung -7,231 dan t-tabel -2,228 dengan probabilitas signifikan 0,000. Perhitungan ini menunjukkan bahwa kebutuhan ruang terbuka hijau antara peneliti dan Pemerintah Kota Malang berbeda signifikan sebesar 7,231. Sedangkan hasil pengolahan data menunjukkan nilai t-hitung > t-tabel dan probabilitas < 0,05, maka dapat disimpulkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti lebih valid. Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan luas wilayah. Secara kuantitatif hasil evaluasi menunjukkan ruang terbuka hijau berdasarkan luas wilayah antara peneliti dan Pemerintah Kota Malang adalah berbeda signifikan secara statistik. Hal ini ditunjukkan melalui uji t. Dalam uji t, nilai t hitung adalah -63,793 dan t-tabel adalah -2,571 dengan probabilitas signifikan 0,000. Perhitungan ini menunjukkan bahwa kebutuhan probabilitas signifikan 0,000. Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan kebutuhan oksigen. Pemerintah Kota Malang tidak melakukan perhitungan berdasarkan kebutuhan oksigen. Secara kualitatif hasil evaluasi yang dilakukan peneliti juga lebih valid, karena menggunakan varian kriteria yang lebih lengkap, yaitu dengan merujuk pada kriteria jenis vegetasi, pohon, oksigen, jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor, karbondioksida serta jumlah dan kebutuhan oksigen industri. Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan kebutuhan air. Pemerintah kota

Malang tidak melakukan perhitungan berdasarkan kebutuhan air. Secara kualitatif hasil evaluasi yang dilakukan peneliti juga lebih valid.

4. Kompensasi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Dengan RTH Pada Ruas Jalan Borobudur Gerbang Konsep Jejak Ekologis oleh Rusdiana S. D.N (2011). Total jejak ekologis transportasi pada ruas jalan Borobudur adalah 2.1995,042 hektar. Hal ini dapat dilihat berdasarkan hasil perhitungan ekologis fisik dan jejak ekologis energi berikut ini :
 - Jejak ekologis fisik : jejak ekologis fisik ini diperoleh dari luas jalan lokasi penelitian yaitu dengan mengalikan panjang dan lebar jalan. Berdasarkan hasil perhitungan jejak ekologis fisik diketahui bahwa jejak ekologis fisik terbesar terdapat pada segmen 1 yaitu sebesar 0,59 ha. Sedangkan jejak ekologis terkecil terdapat pada segmen 2 yaitu sebesar 0,359 ha. Besar kecilnya jejak ekologis fisik kendaraan ini bergantung pada panjang jalan yang ditempuh kendaraan tersebut.
5. Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO₂ Dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen Di Kota Probolinggo oleh Agus Setiawan tahun 2013. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui jumlah emisi CO₂, tingkat kecukupan RTH dan kebutuhan luas RTH yang perlu disediakan di Kota Probolinggo. Hasil dari penelitian ini maksudkan dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi, masukan dan pertimbangan terhadap rencana penataan tata ruang wilayah Kota Probolinggo. Hasil analisa menunjukkan bahwa RTH eksisting di Kota Probolinggo ditinjau dari segi penyerapan emisi CO₂ masih kurang cukup dengan prosentase hanya sebesar 19,17%. Sedangkan berdasarkan pemenuhan kebutuhan oksigen sudah dirasa cukup meskipun prosentasenya hanya 1,77%. Kebutuhan luas RTH di Kota Probolinggo berdasarkan penyerapan emisi CO₂ diperkirakan akan terpenuhi pada tahun 2020 dan berdasarkan pemenuhan kebutuhan oksigen setiap tahunnya justru terus mengalami kekurangan luas RTH.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini adalah untuk menganalisis inventarisasi Ruang Terbuka Hijau (RTH) serta menganalisis kemampuan Ruang Terbuka Hijau dalam menyerap emisi karbondioksida (CO_2) di wilayah kota Malang dan memetakan kemampuan penyerapan CO_2 oleh RTH tersebut.

Adapun beberapa tahap analisis yang dilakukan yaitu studi literatur yang terkait dengan penelitian, pengumpulan data, dan analisis dari data yang dikumpulkan. Data yang dikumpulkan antara lain meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan survey yang diikuti dengan kuisioner. Kuisioner ini bertujuan memperoleh gambaran dan jumlah RTH sebagai serapan di pemukiman. Kegiatan survey yang akan dilakukan yaitu survey data luas area RTH publik dan privat, jenis jumlah dan kerapatan pohon pelindung. Data primer tersebut diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Sedangkan untuk data sekunder merupakan hasil studi penelitian terdahulu terkait dengan metode perhitungan kebutuhan RTH pada kawasan perkotaan. Selain itu dibutuhkan juga data sekunder berupa jumlah RTH eksisting yang ada, peta tata guna lahan, peta administrasi dan peta jalan Kota Malang, data jumlah KK, luas area penelitian, arah dan kecepatan angin serta tinggi inversi Kota Malang, jumlah dan persebaran taman, jalur hijau, pemakaman, dan RTH privat, data emisi karbon di Kota Malang, dan data kemampuan serapan CO_2 tanaman

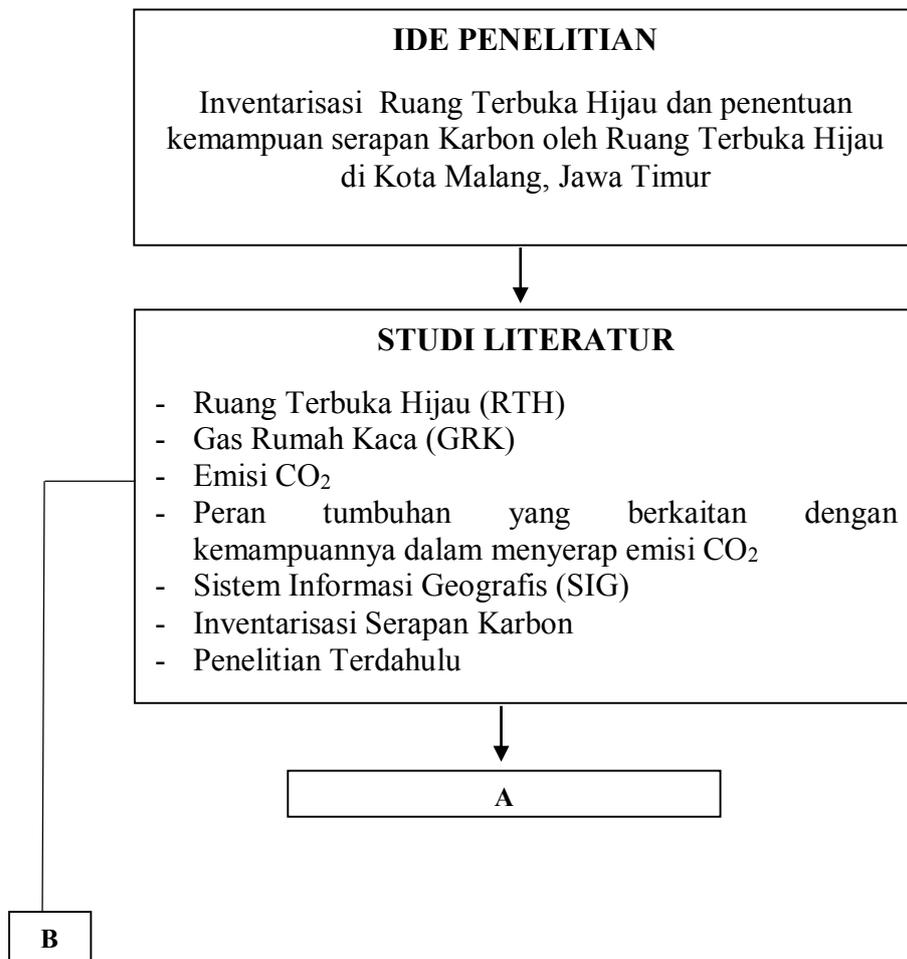
Setelah data diperoleh, data dianalisis menggunakan metode perhitungan matematis yaitu dengan menggunakan persamaan dari beberapa literatur. Kemudian diperoleh hasil analisis kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO_2 dan dilanjutkan melakukan pemetaan kemampuan serapan RTH di Kota Malang menggunakan Quantum GIS.

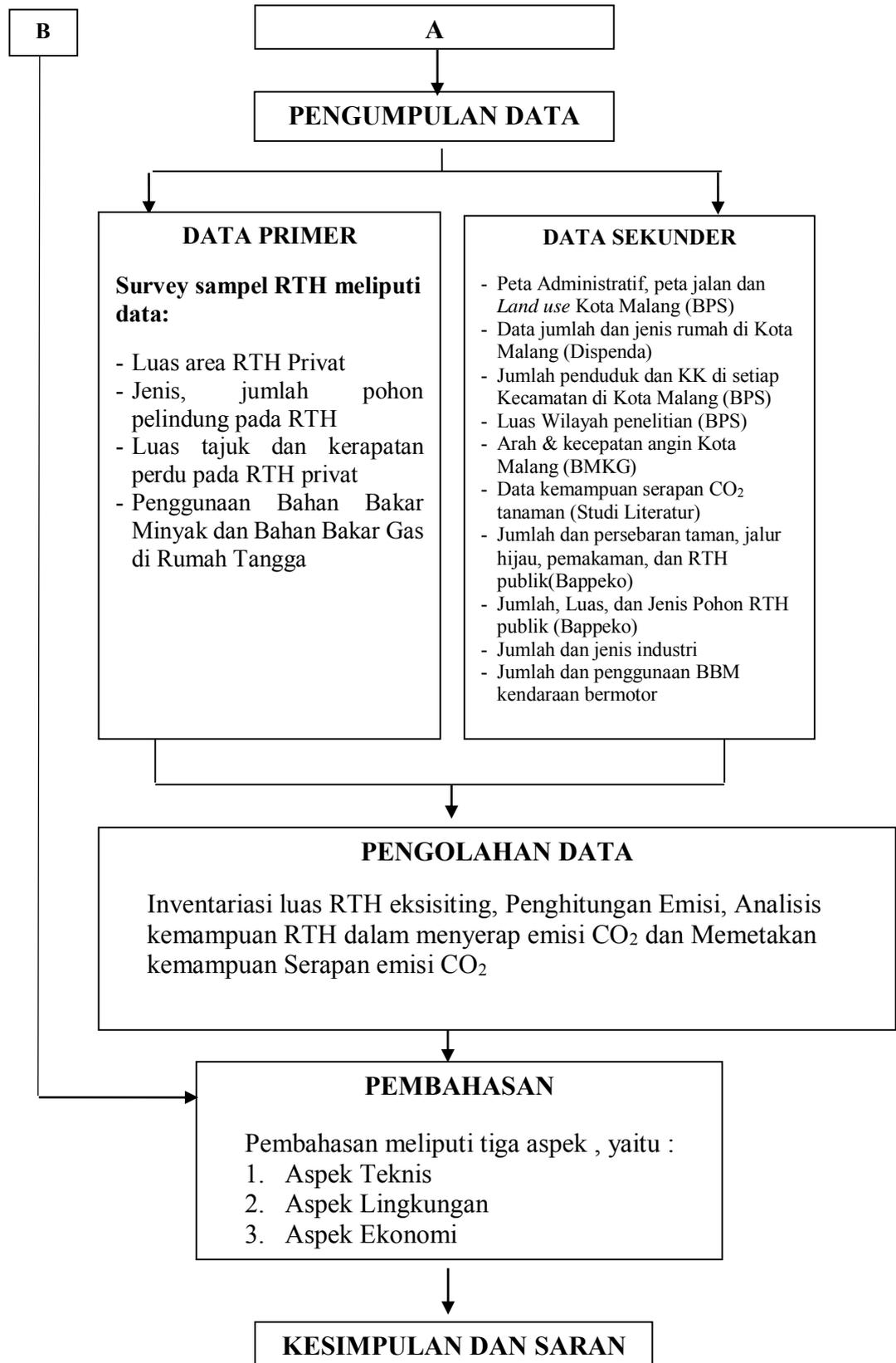
3.2 Kerangka Penelitian

Penyusunan kerangka penelitian dimaksudkan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian ini. Kerangka penelitian ini disusun dengan tujuan:

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan-tahapan penelitian secara sistematis agar pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi sistematis.
2. Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian, dari awal penelitian sampai penulisan laporan tesis
3. Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
4. Memperkecil dan menghindari terjadinya kesalahan-kesalahan selama melakukan penelitian.

Secara ringkas kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Isi dari tahapan penelitian adalah tentang bagaimana susunan langkah – langkah yang akan dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, persiapan peralatan dan bahan, penelitian pendahuluan, pelaksanaan penelitian, analisis parameter, analisa data dan pembahasan dan kesimpulan.

3.3.1 Ide Penelitian

Penyerapan karbon oleh ruang terbuka hijau dipengaruhi oleh jumlah, jenis serta karakteristik pohon serta luas ruang terbuka hijau tersebut. Berdasarkan jumlah karbon total yang dihasilkan Kota Malang dan jenis tumbuhan yang ada di Ruang Terbuka Hijau tersebut. Serta melihat luasan Ruang Terbuka Hijau yang dikelola Pemerintah Kota Malang, maka dapat dianalisis kemampuan penyerapan karbon dari pohon-pohon yang digunakan. Sehingga untuk mencapai suatu kesetimbangan dapat dianalisis kebutuhan jumlah dan jenis pohon yang diperlukan dan luas Ruang Terbuka Hijanya.

3.3.2 Studi Literatur

Studi pustaka dilakukan dari awal penelitian sampai akhir penelitian. Tahapan ini berfungsi untuk menunjang jalannya penelitian, guna memperoleh dasar teori yang jelas dan kuat untuk penelitian dan juga dalam pelaksanaan analisis dan pembahasan sehingga pada akhirnya diperoleh suatu kesimpulan dari hasil penelitian ini. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, jurnal penelitian, internet, penelitian pendahuluan. Beberapa bidang cakupan yang digunakan untuk studi literatur mencakup: ruang terbuka hijau (RTH), Gas Rumah Kaca (GRK), emisi CO₂, peranan tumbuhan yang berkaitan dengan kemampuannya dalam menyerap emisi CO₂, inventarisasi serapan karbon, Sistem Informasi Geografis (SIG), serta penelitian terdahulu.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan beberapa variabel yang diperlukan sebagai dasar pada tahap analisa dan pembahasan. Jenis data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder.

3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder

Data primer didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan. Pengambilan data primer ini dimaksudkan untuk menyesuaikan antara data sekunder yang telah diperoleh dengan keadaan sebenarnya tentang luas persebaran RTH privat maupun publik di Kota Malang dan data mengenai jenis serta jumlah tanaman yang ada di dalam RTH.

Data primer yang dibutuhkan meliputi :

- Luas pada masing-masing Ruang Terbuka Hijau privat dan publik
- Luas tutupan vegetasi pada RTH publik
- Luas tutupan perdu, jenis dan jumlah pohon pada RTH privat

Data tersebut digunakan sebagai dasar analisis dimana tanaman yang menjadi objek utama yang berperan dalam menyerap CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ manusia.

- ✓ Jenis pohon dapat ditentukan dengan metode pengamatan secara langsung kemudian dihitung jumlah berdasarkan jenisnya masing-masing. Pengamatan jenis pohon ini dilakukan pada RTH privat.
- ✓ Pengukuran luasan tajuk
Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur diameter tajuk. Sehingga tiap tajuk diukur dua kali secara tegak lurus kemudian dihitung rata-ratanya.
Nilai luas tajuk didapat dengan formula Mangold (1997) dalam Pratiwi (2012) pada persamaan (2.13).

Data sekunder didapatkan dari dinas atau instansi terkait yaitu Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, BMKG Kota Malang, Bappeda, serta instansi terkait lainnya. Data sekunder yang diperlukan antara lain:

- a. Data Ruang Terbuka Hijau Eksisting
Data ini meliputi data Ruang Terbuka Hijau publik yang ada di Kota Malang yaitu dimana jumlah, lokasi dan luas Ruang Terbuka Hijau Publik yang didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.
- b. Peta Administratif dan Land use (RTRW) kota Malang
Peta-peta tersebut digunakan antara lain, sebagai acuan dalam mengamati wilayah studi selama penelitian berlangsung yaitu sebagai arahan dalam

proses perijinan pengamatan langsung di lapangan hingga penarikan kesimpulan serta saran. Data ini didapatkan dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.

- c. Luas Wilayah Penelitian, Jumlah Kecamatan, dan Jumlah Rumah Penduduk
Data-data tersebut didapatkan dari Badan Pusat Statistik dan Dinas Pendapatan Daerah.
- d. Arah dan Kecepatan Angin Kota Malang
Arah dan kecepatan angin diperlukan dalam perhitungan *box model*. Dimana arah dan kecepatan angin menjadi salah satu faktor penentu dalam penyebaran emisi CO₂ dalam *box model* tersebut serta dalam perhitungan laju serapan CO₂. Data ini didapatkan dari BMKG dan Badan Pusat Statistik.
- e. Data Kemampuan Serapan CO₂ Tanaman
Data ini akan membantu dalam menentukan kemampuan serapan RTH terhadap emisi CO₂. Data ini berasal dari penelitian terdahulu.

3.3.3.2 Metode Sampling

Pada saat melakukan survey dilakukan perhitungan untuk menentukan jumlah dan lokasi sampling Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang. Cara pengambilan sampel yaitu dengan memilih ruang terbuka dari setiap lapisan secara acak. Untuk perhitungan penentuan sampel, digunakan rumus statistik *Stratified Random Sampling* menurut Krejcie dan Morgan (1970) dalam Pratiwi (2012) pada persamaan (3.1).

Pengambilan statistik menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (1970) karena berdasarkan literatur dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa untuk sampel perumahan menggunakan rumus statistik ini. Pengambilan sample dengan cara ini merupakan rumus umum yang dapat mewakili dalam pengambilan sampel. Dengan pengambilan sampel ini akan mempermudah dalam pengambilan secara acak. Selain itu juga karena ini bekerja secara team karena dilakukan berdasarkan kesepakatan bersama untuk menggunakan rumus ini untuk mempermudah memperkirakan seberapa besar standard error dalam pengambilan sampel di lapangan. Sehingga pengambilan sampel yang berjumlah 67 memakai selang kepercayaan hingga 95%.

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \quad (3.1)$$

Dimana:

n = Jumlah total sampel wilayah studi

N = Jumlah populasi dalam wilayah studi

X² = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (jika selang kepercayaan 95 % maka X = 1,6; jika 99 % maka X = 2,58)

P = Proporsi populasi (0,5 – 0,99)

d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Pengambilan sampel dalam satu kecamatan digunakan perhitungan berikut.

$$ni = n \left(\frac{Ni}{N} \right) \quad (3.2)$$

Di mana:

Ni = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi

N = Jumlah total populasi wilayah studi

n = Jumlah total sampel wilayah studi

ni = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Untuk RTH yang tidak disurvei penentuan kemampuan daya serap CO₂-nya berdasarkan rata-rata kemampuan daya serap CO₂ per m² dari RTH yang telah disurvei namun sesuai dengan jenis RTHnya.

3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder

Pengolahan data primer dan sekunder dalam penelitian ini mencakup beberapa hal, yaitu:

a. Inventarisasi Keberadaan RTH Eksisting

Inventarisasi dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Instansi Pemerintahan yang ada.

b. Analisis Emisi CO₂

Analisis emisi CO₂ dilakukan dengan menggunakan data dari hasil penelitian terdahulu. Hasil perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan tersebut menjadi input data dalam penelitian ini.. Perhitungan penentuan tingkat emisi karbon dengan menggunakan metode *box model*.

c. Analisis Daya Serap CO₂ oleh RTH Eksisting

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan kemampuan RTH privat dan publik eksisting dalam menyerap emisi tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan dua variabel yang saling dikombinasikan untuk mendapatkan data dan hasil perhitungan yang tepat. Adapun kedua variabel tersebut yaitu :

1. Perhitungan Kemampuan RTH eksisting Dalam Menyerap Emisi CO₂ Berdasarkan Jumlah dan Jenis Pohon

Perhitungan daya serap RTH eksisting berdasarkan pada data hasil pengumpulan sampel terhadap luasan dari berbagai jenis pohon pada RTH eksisting. Jumlah dan jenis pohon dalam RTH eksisting didapatkan dari pengumpulan hasil penelitian, kemudian sampel dianalisis kemampuan masing-masing dalam menyerap CO₂ sesuai dengan Tabel 2.10. Apabila jenis pohon yang terdapat pada RTH eksisting tidak tercantum dalam table 2.11 tersebut, maka metode perhitungan daya serap RTH eksisting dilakukan dengan berdasarkan pada luasan diameter tajuk pohon pelindung sebagaimana yang tercantum pada Tabel 2.10.

2. Perhitungan Kemampuan RTH eksisting Dalam Menyerap Emisi CO₂ Berdasarkan Luasan Tutupan Vegetasi

Menurut Putri (2012) untuk perhitungan serapan emisi CO₂ oleh RTH, terdapat beberapa langkah perhitungan seperti berikut:

- a. Pertama, dihitung laju serapan CO₂ per satuan luas dengan menggunakan Persamaan 2.12. Intensitas cahaya untuk daerah yang dilewati garis khatulistiwa selama satu tahun adalah 8540 kal/cm²/hari. Tabel Intensitas Cahaya dapat dilihat pada Tabel 2.12. Intensitas cahaya yang digunakan harus

sesuai dengan kondisi iklim Kota Malang. Karena beriklim tropis maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang terdapat dalam Tabel 2.12.

- b. Setelah didapat laju serapan CO₂ maka dapat diketahui kemampuan serapan ruang terbuka hijau dengan mengalikan laju serapan CO₂ dengan luas lokasi sampling yang telah diketahui.
- c. Cara kedua, kemampuan serapan dapat dihitung dengan mengalikan luas tutupan vegetasi atau tanaman sesuai Tabel 2.11 dan 2.12.

Perhitungan ini didasari oleh data luasan RTH publik eksisting yang diperoleh dari data sekunder. Untuk mendapatkan kemampuan serapan per luasan area atau per jenis RTH adalah dengan mengalikan luas tajuk yang diperoleh menggunakan Persamaan (2.13) dengan persen kerapatan dan laju serapan, seperti pada Persamaan 3.4.

$$\text{Daya Serap Area} = LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \quad (3.3)$$

Daya Serap Area = Kemampuan Jenis Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Emisi CO₂

LT = Luasan Tajuk masing-masing jenis pohon (m²)/
luas area RTH

Kerapatan = Kerapatan Tajuk masing-masing jenis pohon (%)
(minimal 20%, maksimal 100%)

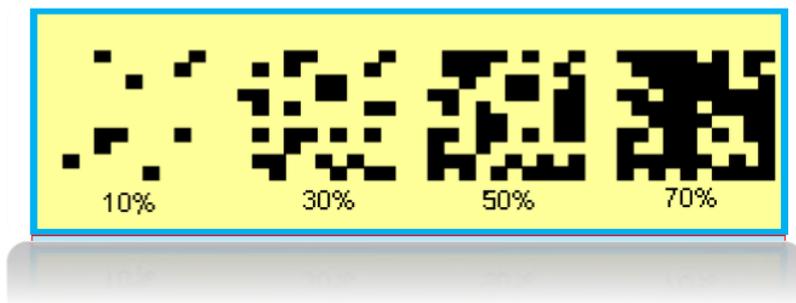
S = Laju serapan CO₂ (gram/detik)

Nilai laju serapan (S) diperoleh dari Persamaan (2.12) maupun dari Tabel (2.13)

Kerapatan tajuk merupakan parameter penting yang dapat diketahui dari data citra satelit untuk penentuan tingkat kekritisian. Kerapatan tajuk yaitu memiliki bobot nilai 35 dengan cara skoring sebagai berikut (Rahmi J., 2009) :

- a. Skor 3 : Kerapatan tajuk lebat (70-100 % atau $0,43 \leq NDVI \leq 1,00$)
- b. Skor 2 : Kerapatan tajuk sedang (50-69 % atau $0,33 \leq NDVI \leq 0,42$)
- c. Skor 1 : Kerapatan tajuk jarang ($< 50\%$ atau $-1,0 \leq NDVI \leq 0,32$)

Penentuan kerapatan tajuk pada tegakan harus konsisten untuk keseluruhan wilayah penaksiran, yaitu mewakili tipe kawasan lindung dan kerapatan tajuk yang berbeda. Profil persentase tajuk dapat didekati pada Gambar 3.2 .



Sumber: Anonim.2012

Gambar 3.2 Profil presentase Kerapatan Tajuk

Setelah didapatkan hasil kemampuan serapan yang dihitung dengan masing-masing luasan, maka dapat dilihat apakah emisi karbon dari kegiatan terserap sempurna oleh RTH di area tersebut. Perhitungan luasan RTH berdasarkan pada masing-masing RTH eksisting yang diperoleh berdasarkan hasil survey.

Perhitungan tersebut berlaku untuk RTH privat yang didasarkan perhitungan luas RTH privat eksisting pada masing-masing rumah penduduk di Kota Malang dengan pengambilan sampel secara acak.

d. Pemetaan Persebaran RTH Berdasarkan Kemampuan Serapan Terhadap CO₂

Setelah dilakukan perhitungan kemampuan RTH dalam menyerap emisi tersebut, kemudian dilakukan pemetaan lokasi RTH eksisting berdasarkan kemampuan serapan terhadap CO₂. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS. Dengan demikian dapat diketahui lokasi-lokasi yang membutuhkan penambahan RTH.

3.4 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka dilakukan pembahasan berdasarkan hasil analisa yang didapatkan. Pembahasan juga dilakukan berdasarkan pada teori yang ada. Analisis data dimaksudkan untuk mengolah data yang di dapat selama

penelitian untuk ditampilkan dalam bentuk yang mudah dipelajari dan dipahami. Analisis dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui kecukupan dari Ruang Terbuka Hijau yang berada di wilayah Kota Malang. Dalam pembahasan dilakukan analisis mencakup tiga aspek , yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek ekonomi.

Sedangkan untuk pembahasan aspek berikut penjelasannya :

1. Aspek Teknis

Dalam aspek teknis disini akan diketahui kemampuan serapan total emisi CO₂ oleh RTH dengan beban polusi CO₂ di Kota Malang. Jika kemampuan sudah diketahui maka akan dilakukan perbandingan keduanya yang bertujuan untuk mengetahui apakah kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH dapat mencukupi mereduksi beban polusi CO₂. Dalam aspek teknis ini akan dibahas seberapa besar kemampuan serapan RTH yang tersedia di Kota Malang. Sehingga penyebaran kemampuan serapan karbon di Kota Malang dapat dipetakan menggunakan SIG dan analisa langkah yang harus dilakukan pemerintah dalam pengembangan wilayah tanpa harus mengurangi RTH yang telah ada.

2. Aspek Lingkungan

Dalam aspek lingkungan ini pembahasan yang dilakukan yaitu menentukan dampak yang ditimbulkan akibat kurangnya Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang dalam menyerap emisi CO₂ yang terjadi. Sehingga dapat diketahui langkah yang dilakukan untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan tersebut.

3. Aspek Ekonomi

Pembahasan aspek ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui nilai ekonomi dari skenario yang telah direncanakan. Dengan adanya skenario maka akan lebih memungkinkan untuk dapat diterapkan di Kota Malang. Penetapan harga dalam perhitungan aspek ekonomi ini berdasarkan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya Tahun 2012. Dengan menggunakan standar ini diasumsikan kondisi perekonomian dan harga jual barang mendekati dengan standar Kota Surabaya.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dan saran didasarkan pada perumusan dan tujuan dari penelitian ini yang telah dirumuskan di tahap awal tadi. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan masukan untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya. Selain saran diberikan rekomendasi mengenai langkah-langkah ataupun upaya yang dapat dilakukan dalam melestarikan maupun meningkatkan keberadaan RTH privat permukiman khususnya di wilayah studi.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Apek Teknis

Aspek teknis yaitu dimana dalam pembahasan disini lebih menitik beratkan seberapa besar kemampuan penyerapan masing-masing dari RTH publik maupun dari RTH privat di Kota Malang dalam menyerap emisi yang berasal dari emisi industri, transportasi, permukiman dan persampahan. Penyebaran kemampuan serapan oleh RTH dengan pemetaan tapak karbon menggunakan Quantum SIG. Hasil tersebut dapat diketahui penyerbaran kemampuan serapan karbon oleh RTH di suatu wilayah termasuk tingkatan kemampuan serapan. Dengan adanya hasil pemetaan tersebut dapat dianalisis bahwa kemampuan serapan di masing-masing kecamatan di Kota Malang dapat dilihat persebarannya. Dengan begini persebaran emisi yang ada di Kota Malang dapat diketahui secara jelas. Berikut akan dibahas secara mendetail penyerapan masing-masing Ruang Terbuka Hijau dan besar emisi yang dihasilkan, sehingga dapat dihubungkan keduanya untuk dibuat sebuah *Box Model* untuk mempermudah dalam menggambarkan penyebaran di Kota Malang.

4.1.1 Potensi Penyerapan Masing-masing Ruang Terbuka Hijau

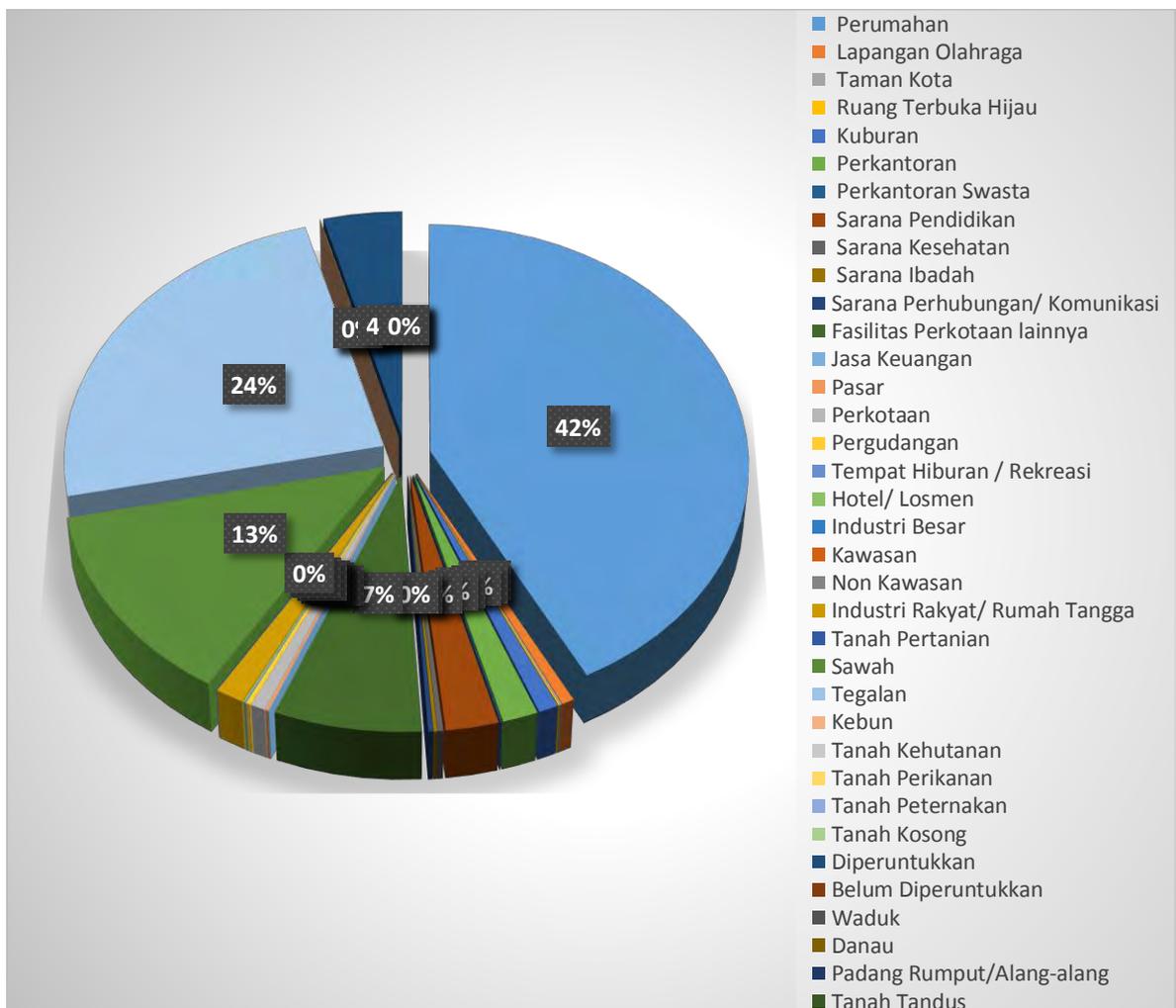
Dalam sub bab potensi penyerapan masing-masing ruang terbuka hijau ini, akan diuraikan penyerapan masing-masing ruang terbuka hijau privat maupun ruang terbuka hijau publik.

4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Privat

Menurut Undang-Undang Penataan Ruang no. 26 tahun 2007 ruang terbuka hijau privat yaitu ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh perseorangan, swasta, kelompok lembaga/instansi tertentu. RTH privat terdiri dari halaman rumah, halaman kantor, halaman sekolah, halaman tempat ibadah, halaman rumah sakit, kelompok halaman hotel, kawasan industri, stasiun, bandara, dan lahan.

Ruang lingkup pada penelitian ini lebih mengkhususkan pada halaman rumah di Kota Malang. Dikarenakan berdasarkan data Status Lingkungan Hidup tahun 2013 penggunaan lahan untuk perumahan mencapai 42,361 % dari luas total Kota Malang (Tabel 2.3). Berdasarkan data tersebut dapat digambarkan presentase dari

berbagai pemanfaatan di Kota Malang. Berikut adalah gambar grafik pemanfaatan lahan di Kota Malang .



Gambar 4.1 Grafik Pemanfaatan Lahan

Berdasarkan grafik diatas bahwa lahan yang banyak dimanfaatkan sebagai perumahan sebesar 42 % sedangkan untuk Ruang Terbuka Hijau mencapai 0,065% dari total keseluruhan luas wilayah di Kota Malang. Sedangkan sawah mencapai 13% dari yang dimanfaatkan di Kota Malang. Dengan adanya data pemanfaatan lahan, lebih mempermudah seberapa luas ruang terbuka hijau yang diperlukan di Kota Malang. Tetapi terkadang berdasar kondisi eksisting lahan perumahan, perkantoran, pertokoan, pergudangan lebih banyak dibandingkan dengan RTH. Pada dasarnya RTH harus mencukupi 30% dari luas total wilayah keseluruhan, karena manfaat RTH ini lebih bermanfaat untuk mengurangi emisi yang terjadi pada saat ini. Oleh karena itu dilakukan perhitungan untuk dapat diketahui seberapa

besar daya serap RTH privat maupun RTH publik dalam mereduksi emisi yang terjadi.

Sehingga untuk perhitungan dalam menentukan jumlah sampel RTH privat yang disurvei dengan menggunakan perhitungan statistik. Penentuan jumlah dan sebaran dari sampel dilakukan dengan metode *stratified random* sampling yang berdasarkan pada klasifikasi rumah. Di Kota Malang pengklasifikasian rumah berdasarkan luasannya yang dibagi menjadi yaitu sederhana, menengah dan mewah yang luasan masing-masing rumah mengacu pada Menteri Negara Perumahan Rakyat no. 648-384 tahun 1992.

Untuk mengetahui serapan seberapa besar RTH privat, maka data yang dibutuhkan yaitu jumlah rumah yang berada di Kota Malang yang terdiri dari 5 Kecamatan yaitu Kecamatan Kedungkandang, Kecamatan Klojen, Kecamatan Blimbing, Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Sukun.

Berdasarkan jumlah rumah tangga maka untuk menghitung pengambilan sampel yaitu sebagai berikut :

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)}$$

$$n = \frac{1,64^2 \times 256.647 \times 0,5 (1 - 0,5)}{(256.647 - 1)0,05^2 + 1,6^2 \times 0,5 (1 - 0,5)}$$

$$n = 67$$

Dalam perhitungan pengambilan sampel , didapatkan bahwa 67 sampel. Untuk pengambilan sampel setiap kecamatan , berikut ini perhitungannya :

Tabel 4.1 Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	%	Jumlah Sampel
1	Kedungkandang	57.625	22	15
2	Sukun	58.161	23	15
3	Klojen	34.159	13	9
4	Blimbing	57.535	22	15
5	Lowokwaru	49.167	19	15
Jumlah		256.647		67

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.1 telah didapatkan bahwa pengambilan total keseluruhan ada 67 sampel. Sedangkan untuk mendapatkan jumlah responden dalam setiap jenis rumah sederhana, menengah, dan mewah yang ada di Kota Malang , berikut adalah contoh perhitungannya :

Total Rumah Tinggal = 152.988

Jumlah Rumah Sederhana = 112.519

(Sumber : Dispenda , 2014)

Maka berdasarkan data total rumah tinggal dan jumlah sederhana didapatkan perhitungan sebagai berikut :

Rumah Sederhana : $\frac{112.519}{152.988} \times 100 \% = 73,55 \%$

Jumlah Sampel : $67 \times 73 \%$

: 49

Jumlah sampel untuk rumah sederhana sebesar 49 rumah. Untuk rumah menengah dan mewah disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Tipe Rumah

No.	Tipe Rumah	Jumlah Rumah	%	Jumlah Sampel
1.	Rumah Sederhana	112.519	73,55	49
2.	Rumah Menengah	34.460	22,52	15
3.	Rumah Mewah	6.009	3,93	3
Total		152.988	100	67

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan jumlah sampel pada setiap tipe rumah. Rumah sederhana sebanyak 49 sampel rumah menengah 15 sampel rumah dan rumah mewah 3 sampel rumah. Pengambilan sampel secara acak berdasarkan klasifikasi rumah dengan luasan yang sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.648-384 tahun 1992.

Untuk Jumlah Rumah pada setiap Kecamatan berdasarkan Malang Dalam Angka, 2014 . Berikut adalah contoh perhitungan :

Diasumsikan bahwa satu rumah terdiri satu keluarga.

Jumlah Penduduk Kedungkandang = 57.625

Total Seluruh Rumah = 256.647

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Total Rumah Sederhana} &= \% \text{ Dispenda 2014} \times \text{Total Seluruh Rumah} \\ &= 74,43 \% \times 256.647 \\ &= 188.764 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Total Rumah

No.	Jenis Rumah	Jumlah berdasarkan Malang Dalam Angka
1.	Rumah Sederhana	188.764
2.	Rumah Menengah	57.797
3.	Rumah Mewah	10.086
Total		256.647

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa jumlah rumah sederhana 188.764 , rumah menengah 57.797 dan rumah Mewah 10.086.

Perhitungan selanjutnya yaitu Jumlah Tipe Rumah pada masing-masing Kecamatan.

Contoh Perhitungan

$$\begin{aligned} \% \text{ Kecamatan} &= 74,43 \% \\ \text{Jumlah Penduduk Kedungkandang} &= 57.625 \\ \text{Maka Rumah Sederhana} &= 74,43 \% \times 57.625 = 42.892 \text{ rumah} \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Jumlah Rumah per Setiap Kecamatan dan Tipe Rumah

No.	Kecamatan	Tipe Rumah		
		Mewah	Menengah	Sederhana
1.	Kedungkandang	42.892	12.005	2728
2.	Klojen	23.412	8.052	2.695
3.	Blimbing	16.964	31.821	8.750
4.	Lowokwaru	5.320	31.509	12.338
5.	Sukun	44.487	11.739	1.935
Total		28.446	95.127	133.075

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Pada penelitian ini ditinjau berapa luasan RTH privat permukiman. Data berupa luasan RTH eksisting merupakan data primer diperoleh dari hasil survey di

lapangan. Untuk masing-masing jenis tipe rumah kecil, menengah, dan mewah. Luasan RTH privat eksisting digunakan untuk menghitung kemampuan RTH privat dalam menyerap emisi CO₂ dari kegiatan permukiman. Selain itu, dihitung juga tinggi pohon di RTH privat eksisting untuk menghitung kemampuan penyerapan emisi CO₂ berdasarkan jenis pohon. Berikut perhitungan luas RTH privat pada tiap tipe rumah. Kemudian akan dianalisa terhadap kemampuan RTH privat eksisting menyerap emisi CO₂.

Dalam perhitungan ini, diperlukan luas tajuk pohon yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Luas tajuk} = \pi \cdot r^2 \text{ atau } 0.25 \pi D^2 \dots\dots\dots (4.1)$$

Digunakan perhitungan luasan lingkaran untuk menghitung tajuk. Diameter tajuk tanaman diukur dengan meteran ukur sebanyak dua kali dan dirata-rata. Jari-jari lingkaran merupakan setengah dari diameter.

Contoh perhitungan untuk rumah sederhana:

- Jenis pohon = mangga
- Diameter 1 = 2,18 m
- Diameter 2 = 1,12 m
- Luas tajuk = $0,25 \times 3,14 \times ((2,18 + 1,12)/2)^2$
 $= 2,137 \text{ m}^2$

Berdasarkan perhitungan, maka diperoleh luas tajuk yaitu 2,137 m². Fakta pada saat survey lapangan, beberapa pohon mempunyai kerapatan daun yang tidak terlalu rimbun (mencapai 100%). Kerapatan tersebut akan dikalikan dengan luas yang nantinya akan dijumlah sebagai luas tutupan lahan. Kerapatan untuk pohon mangga rumah sederhana pada perhitungan diatas adalah 50%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Luas tajuk pohon mangga} &= 50\% \times 2.137 \\ &= 1.069 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1. Perhitungan Luasan RTH Privat Tiap Responden

Rata-rata luas RTH privat per tipe rumah didapat dari jumlah luasan RTH privat dibagi dengan jumlah sampel (responden). Berikut ditampilkan rata-rata luas RTH privat eksisting di Kota Malang berdasarkan tipe rumah pada Tabel 4.1

Tabel 4.5 Rata-rata Luas RTH Privat Eksisting di Kota Malang

No	Tipe rumah	Jumlah responden	Total luas RTH privat (m ²)	Rata-rata luas RTH privat (m ²)
1	Sederhana	49	212,579	4,338
2	Menengah	15	157,345	10,490
3	Mewah	3	636,825	318,412

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa luasan RTH privat eksisting terluas yaitu untuk tipe rumah mewah sebesar 636,825.m² atau setara dengan persentase 63%. Kemudian, rumah menengah memiliki luasan RTH privat sebesar 157,345 atau 21% dan yang terakhir yaitu tipe rumah sederhana dengan rata-rata luasan RTH privat eksisting sebesar 212,579 atau 16% saja. Luas tanah rumah mewah jauh lebih besar dibanding rumah tipe menengah dan sederhana, ditinjau saat dilakukan survey langsung. Rumah mewah memiliki lahan yang cukup untuk dijadikan taman atau RTH privat dibanding kedua tipe rumah lainnya.

2. Perhitungan Total Luas RTH Privat Permukiman di Setiap Tipe Rumah

Perhitungan ini menggunakan data jumlah rumah berdasarkan tipe di kawasan permukiman di Kota Malang. Kemudian, dikalikan dengan nilai rata-rata luasan RTH privat eksisting per tipe rumah. Berikut contoh perhitungan luas RTH privat pada setiap tipe rumah :

$$\text{Jumlah Rumah Sederhana} = 133075$$

$$\text{Rata-Rata RTH rumah sederhana} = 4,338 \text{ m}^2$$

$$\text{Jadi total keseluruhan RTH privat} = 133075 \times 4,338 \text{ m}^2 = 577324,650 \text{ m}^2$$

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa luasan RTH privat rata-rata eksisting terluas yaitu untuk tipe rumah mewah sebesar 318,412.m² atau setara dengan persentase 96%. Kemudian, rumah menengah memiliki luasan RTH privat rata-rata sebesar 10,940 atau 3% dan yang terakhir yaitu tipe rumah sederhana dengan rata-rata luasan RTH privat rata-rata eksisting sebesar 4,388 atau 1% saja. Luas tanah rumah mewah jauh lebih besar dibanding rumah tipe menengah dan sederhana, ditinjau saat dilakukan survey langsung. Rumah mewah lebih banyak jenis perdu dan pohon karena halaman untuk menanam lebih luas dibandingkan rumah sederhana yang

cenderung tidak memiliki halaman untuk menanam tanaman. Untuk lebih jelas hasil perhitungan total luas RTH privat maka dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Pada Tabel 4.6 berikut akan ditampilkan total luas RTH privat permukiman berdasarkan tipe rumah:

Tabel 4.6 Total Luasan RTH Privat Eksisting di Kota Malang Per Tipe Rumah

No	Tipe rumah	Jumlah rumah	Rata-rata luas RTH privat (m ²)	Total luas RTH privat (ha)
1	Sederhana	133.075	4,338	577.324,650
2	Menengah	95.127	10,490	1.496.773,3
3	Mewah	28.446	318,412	9.057.561,26

Sumber : Hasil perhitungan

3. Perhitungan Daya Serap CO₂ oleh RTH Privat Menurut Luasan

Hasil perhitungan kemampuan serapan RTH privat berdasarkan luasannya ini akan digunakan sebagai pengali dalam perhitungan kemampuan RTH privat eksisting per tipe rumah dalam menyerap emisi CO₂. Untuk menghitungnya diperlukan juga data intensitas cahaya di wilayah studi penelitian. Berdasarkan persamaan (2.12) maka laju serapan CO₂ oleh tumbuhan dihitung sebagai berikut:

Contoh perhitungan laju serapan pada bulan januari:

$$I = 844 \text{ kal/cm}^2/\text{hari (Tabel 2.12)} = 409.34 \text{ watt/m}^2$$

$$S = 0.2278 \times e^{(0.0048 \times 409.34)}$$

$$= 1.6251 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{menit}$$

$$= 2.71 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik}$$

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Laju Serapan CO₂ oleh RTH

No.	Bulan	Intensitas Cahaya (watt/m ²)	S (μg/cm ² /mnt)	S (g/cm ² /detik)
1	Januari	409,34	1,62	0,0000000271
2	Februari	467,01	2,14	0,0000000357
3	Maret	425,79	1,76	0,0000000293
4	April	424,82	1,75	0,0000000292
5	Mei	389,42	1,48	0,0000000246
6	Juni	389,42	1,48	0,0000000246
7	Juli	384,08	1,44	0,0000000240
8	Agustus	397,66	1,54	0,0000000256

Lanjutan Tabel 4.7

No.	Bulan	Intensitas Cahaya (watt/m ²)	S (µg/cm ² /mnt)	S (g/cm ² /detik)
9	September	432,09	1,81	0,0000000302
10	Oktober	419,97	1,71	0,0000000285
11	Nopember	423,36	1,74	0,0000000290
12	Desember	402,03	1,57	0,0000000262
Rata-rata		413,75	1,67	2,7834 x 10 ⁻⁸

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas, didapatkan rata-rata serapan CO₂ oleh RTH privat yaitu sebesar 2,783 x 10⁻⁸ g/cm²/detik. Kemudian, akan dikalikan dalam perhitungan laju serapan CO₂ oleh RTH privat eksisting tiap responden.

4. Perhitungan daya serap CO₂ oleh RTH privat eksisting tiap tipe Rumah

Pada saat dilakukan survey lapangan, didapatkan data luasan RTH privat eksisting. Untuk menghitung kemampuan penyerapannya, maka dilakukan perhitungan seperti contoh dibawah ini (untuk tipe rumah sederhana):

- Luas tutupan lahan = 4,338 m² = 4,338 x 10⁴ cm²
- Laju serapan CO₂ = 2,783 x 10⁻⁸ gr/detik
- Kemampuan penyerapan CO₂ = 4,338 x 10⁴ cm² x 2,783.10⁻⁸
= 1,006 x 10⁻⁴ gr/detik

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada rumah sederhana RTH privat eksistingnya mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 1,006 x 10⁻⁴ gr/detik.

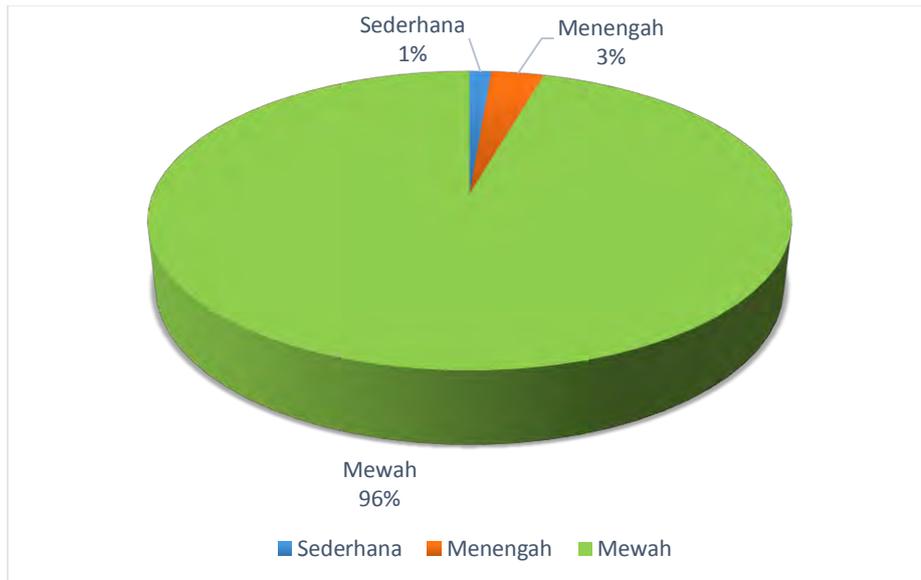
Pada perhitungan ini, jumlah rumah di Kota Malang dikalikan dengan rata-rata laju serapan CO₂ per tipe rumah. Pada Tabel 4.10 berikut ditampilkan perhitungan total laju serapan CO₂ oleh RTH privat eksisting di Kota Malang :

Tabel 4.8 Total Laju Serapan CO₂ oleh RTH Privat

No	Tipe Rumah	Jumlah rumah	Luas tutupan lahan rata-rata (m ²)	Luas tutupan lahan rata-rata (cm ²)	Laju serap rata-rata emisi CO ₂ (gr/detik)
1	Sederhana	133.075	4,338	43383,404	0,0001006
2	Menengah	95.127	10,490	104896,496	0,0002433
3	Mewah	28.446	318,412	3184124,748	0,0073856

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.8, laju serapan rata-rata emisi CO₂ RTH privat pada rumah mewah menempati posisi paling atas sebesar 0,0073856 gr CO₂/detik, lalu rumah menengah dengan total laju serapan sebesar 0,0002433 gr CO₂/detik dan terakhir yaitu rumah sederhana, dengan nilai laju serapan sebesar 0,0001006 gr CO₂/detik. Pada Gambar 4.2 dibawah ini, akan ditampilkan nilai total laju serapan CO₂ dalam persentase.



Gambar 4.2 Persentase Laju Serapan CO₂ RTH Privat Permukiman Per Tipe Rumah

Persentase laju serapan CO₂ RTH privat permukiman setiap tipe rumah menunjukkan bahwa untuk rumah mewah sebesar 96% , rumah menengah 3%, dan rumah sederhana 1%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan laju serapan pada masing-masing menunjukkan bahwa semakin luas lahan yang dimiliki maka akan semakin besar laju serapan yang dapat diserap. Tidak hanya faktor luas tetapi kerapatan dari masing-masing RTH juga mempengaruhi dalam penyerapan emisi yang ada.

5. Perhitungan Daya Serap RTH Privat Berdasarkan Jenis Pohon

Setelah melakukan survey lapangan, jenis pohon yang ada di wilayah studi untuk semua tipe rumah didominasi oleh pohon yang menghasilkan buah, seperti pohon mangga dan sawo. Berikut ditampilkan jumlah dan jenis pohon yang ada di

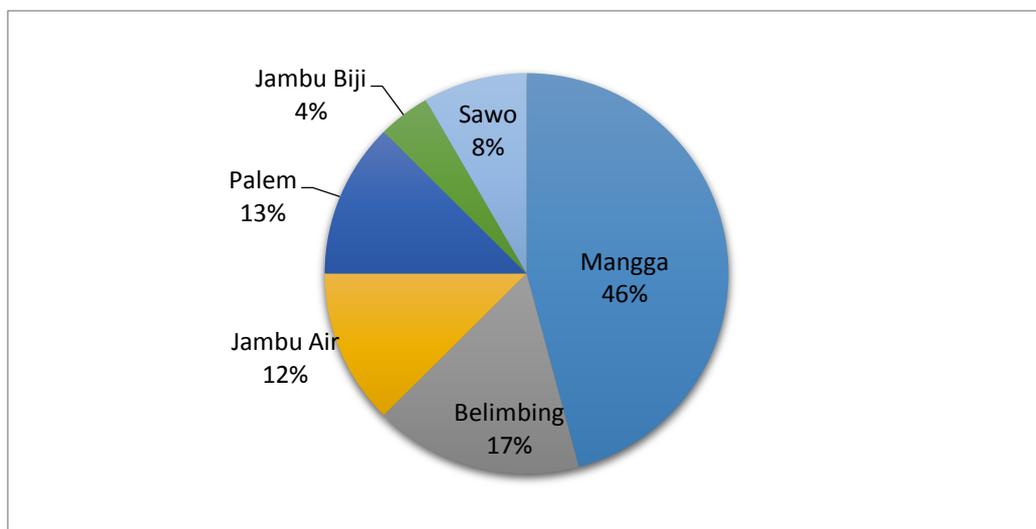
tiap tipe rumah berdasarkan jumlah responden pada Tabel 4.9 hingga Tabel 4.11 dan persentase ditunjukkan dalam Gambar 4.3 hingga Gambar 4.5

Tabel 4.9 Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Sederhana Berdasarkan Jumlah Responden

No	Jenis pohon	Jumlah rumah
1	Mangga	11
2	Belimbing	4
3	Jambu Air	3
4	Palem	3
5	Jambu Biji	1
6	Sawo	2
Total		24

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumah Sederhana memiliki jumlah pohon 24 yang berasal dari 49 responden. Karena rumah sederhana tidak memiliki halaman yang luas untuk menanam tanaman. Pohon mangga dominan dimiliki pada rumah sederhana. Berdasarkan literatur menjelaskan bahwa daya serap pohon mangga sangat tinggi.



Gambar 4.3 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Sederhana

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase pohon mangga pada tipe rumah sederhana menunjukkan 46 %, untuk pohon belimbing 17 %, pohon jambu air 12 %, pohon palem 13 %, pohon jambu biji sebesar 4 % dan pohon sawo sebesar

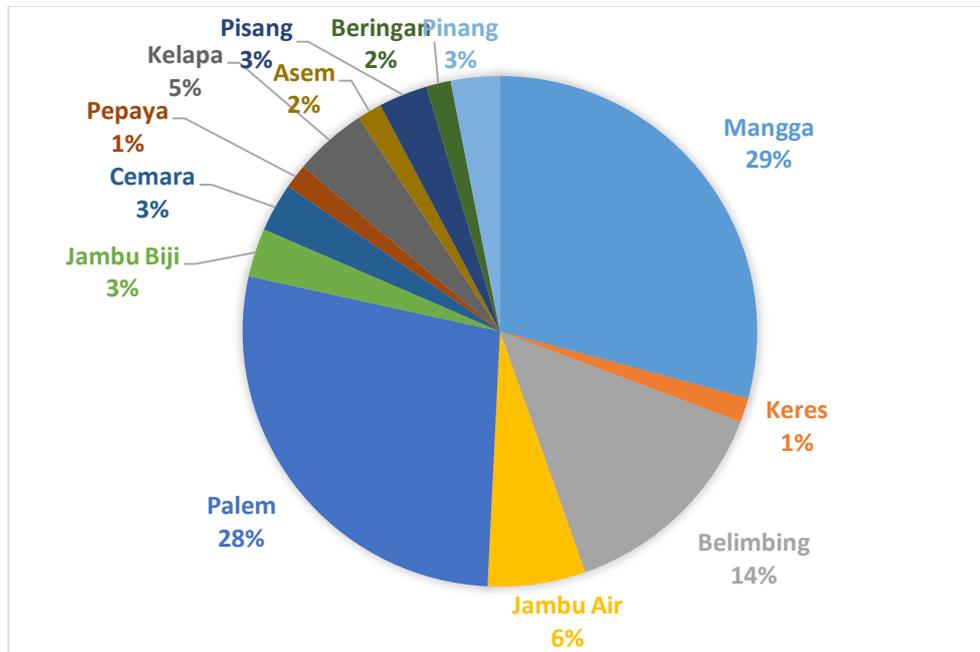
8 %. Sehingga dapat dilihat bahwa pohon mangga paling banyak dan berdasarkan literatur bahwa pohon mangga memiliki daya serap yang besar yaitu 7,8524967 mg/m³.

Tabel 4.10 Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Menengah

No	Jenis Pohon	Jumlah
1	Mangga	19
2	Keres	1
3	Belimbing	9
4	Jambu Air	4
5.	Palem	18
6	Jambu Biji	2
7	Cemara	2
8	Pepaya	1
9	Kelapa	3
10	Asem	1
11	Pisang	2
12	Beringin	1
13	Pinang	2
Total		65

Sumber : Survey lapangan

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase pohon mangga pada tipe rumah menengah mendominasi sebesar 29 %, untuk pohon keres 1 %, pohon belimbing 14%, pohon jambu air 6 %, pohon palem 28 %, pohon jambu biji sebesar 3 %, pohon cemara sebesar 3 %, pepaya 1 %, pohon kelapa 5%,pisang 3%, asem 2%, beringin 2% dan pohon pinang 3%. Sehingga dapat dilihat bahwa pohon mangga paling banyak dan berdasarkan literatur bahwa pohon mangga memiliki daya serap yang besar yaitu 7,8524967 mg/m³. Dengan pohon mangga yang berjumlah 19 pohon maka daya serap mencapai 46%. Daya serap untuk pohon mangga tinggi dibandingkan beberapa pohon eksisting. Pohon-pohon tersebut akan berpengaruh terhadap dalam mereduksi zat pencemar yang terjadi dari aktivitas manusia. Menurut Read (2001) dalam Kurdi (2008), penghijauan dunia dan tanah telah mampu menyerap sekitar 40% dari total CO₂ dari aktivitas manusia.



Gambar 4.4 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Menengah

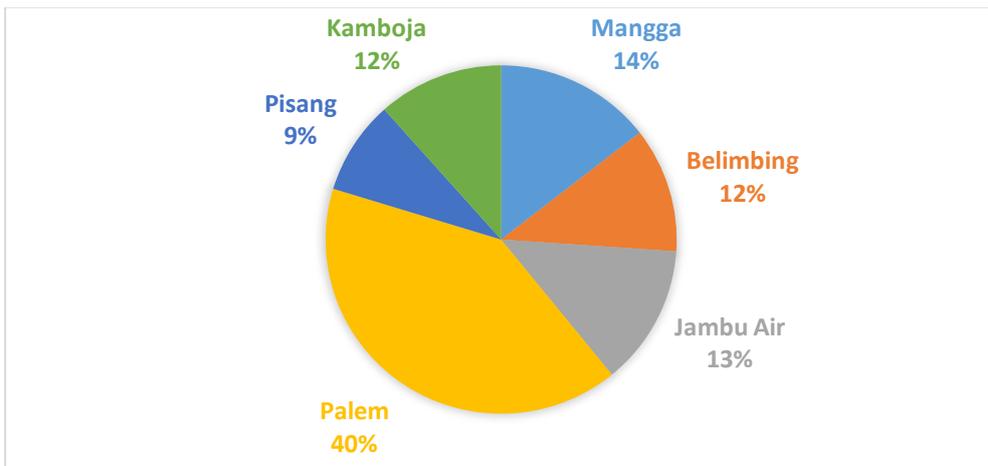
Rumah mewah memiliki jenis pohon yang tidak begitu variatif tetapi kerimbunan pohon rata-rata mencapai 90% , karena halaman rumah mewah lebih luas dibandingkan dengan rumah sederhana dan menengah. Berikut adalah Tabel 4.11 dan Gambar 4.5 yang menunjukkan persentase dari jenis pohon yang ada di RTH privat rumah mewah .

Tabel 4.11 Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Mewah

No	Jenis Pohon	Jumlah
1	Mangga	10
2	Belimbing	8
3	Jambu Air	9
4	Palem	28
5	Pisang	6
6	Kamboja	8
Total		69

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil identifikasi, menunjukkan bahwa pada tabel diatas bahwa pohon mangga dan pohon palem merupakan jenis pohon yang mendominasi di RTH privat



Gambar 4.5 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Mewah

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa persentase pohon mangga pada tipe rumah menengah mendominasi sebesar 25 %, belimbing 10%, jambu air 11%, pohon palem 36 %, pisang 8%, untuk pohon kamboja 10 %. Sehingga dapat dilihat bahwa pohon mangga paling banyak dan berdasarkan literatur bahwa pohon mangga memiliki daya serap yang besar yaitu $7,8524967 \text{ mg/m}^3$.

Berdasarkan data diatas pohon mangga dan palem merupakan jenis pohon yang mendominasi pada setiap tipe rumah. Dalam perhitungan kemampuan penyerapan berdasarkan jenis pohon di sini lebih ke studi literatur penelitian terdahulu . Sehingga jenis Jenis pohon yang penyerapannya terdapat dalam literatur adalah pohon beringin, sawo, dan mangga. Tetapi jika dilihat dari keberadaan ketiga jenis pohon tersebut, pohon mangga memiliki persentase tertinggi di seluruh tipe rumah sedangkan, pohon beringin dan sawo masing-masing hanya 8 % dan 2 % tidak seluruh tipe rumah memilikinya. Untuk itu dalam perhitungan selanjutnya hanya pohon mangga lah yang dianalisis kemampuan penyerapannya.

Pohon yang dominan pada setiap tipe rumah yang merata di seluruh rumah penduduk yaitu pohon mangga pada rumah sederhana 46%, rumah menengah 25%, dan pada rumah mewah 29%. Sehingga dapat disimpulkan 1/3 jumlah total seluruh pohon , sisanya berbagai macam jenis pohon. Berikut Tabel 4.14 jumlah pohon pada tiap tipe rumah.

Tabel 4.12 Jumlah Pohon Mangga Tiap Tipe Rumah

Tipe Rumah	Jumlah Pohon
Sederhana	11
Menengah	19
Mewah	10
Total	40

Sumber: Hasil Perhitungan

6. Kemampuan Penyerapan Pohon

Dalam menghitung kemampuan penyerapan mangga tersebut, perlu diketahui tinggi tajuk pohon, luasan tajuk, sehingga dapat diketahui volume dari pohon tersebut yang nantinya akan dikalikan dengan kemampuan serapan dari pohon mangga itu sendiri.

Contoh perhitungan Tipe rumah sederhana:

- Jumlah pohon = 11 (Tabel 4.11)
 - Tinggi (H) tajuk rata-rata = 5,14 m
 - LT rata-rata = 7,104 m²
 - Jumlah rumah sederhana di Kota Malang = 133.075
- Volume tajuk pohon = H x LT
= 5,14 m x 7,104 m²
= 36,51 m³

Tabel 4.13 Rata-rata Tinggi, Luas, dan Volume Tajuk Pohon

Tipe Rumah	H tajuk rata-rata (m)	Luas tajuk rata-rata (m ²)	Volume tajuk pohon (m ³)
Sederhana	5,14	7,104	36,51
Menengah	1,35	2,199	2,199
Mewah	1,68	3,368	3,368

Sumber: Hasil Perhitungan

- Kemampuan penyerapan (mg)
 - = Kemampuan serapan x Volume tajuk x Jumlah rumah
 - = 4182,308 mg/m³ x 36,51 m³ x 133.075
 - = 20.320.028.861 mg.
- Kemampuan penyerapan rata-rata (mg/detik)
 - = $\frac{20.320.028.861 \text{ mg}}{T}$
 - = $\frac{20.320.028.861 \text{ mg}}{1744 \text{ detik}}$
 - = 11.651.393 mg/detik
 - = 11.651,393 gr/detik

Tabel 4.14 menyajikan hasil perhitungan kemampuan penyerapan pohon mangga di tiap tipe rumah yang dibandingkan dengan total emisi CO₂ primer.

Berdasarkan perhitungan diatas maka kemampuan penyerapan pada masing-masing rumah dengan menggunakan pohon mangga yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.14 Kemampuan Penyerapan Mangga dengan Emisi CO₂

Tipe Rumah	Kemampuan penyerapan (gr/detik)
Sederhana	742,945586
Menengah	457,620161
Mewah	438,615027

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.14, terlihat jelas bahwa pohon mangga mampu menyerap emisi CO₂ primer akibat dari aktivitas permukiman dengan sangat baik.

4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Publik

RTH di perkotaan terdiri atas RTH privat dan RTH publik. RTH publik adalah RTH yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Identifikasi jenis-jenis RTH yang telah tersedia dalam sebuah kawasan menjadi pertimbangan dalam menentukan jenis RTH yang akan dibangun. Hal ini dimaksudkan agar penyebaran RTH kota/kawasan perkotaan dapat lebih variatif dan komplementer. Sebagai contoh, jika dalam sebuah kawasan telah banyak dibangun RTH yang cenderung kepada fungsi sosial seperti taman komunitas, dapat dipertimbangkan untuk membangun RTH yang cenderung kepada fungsi ekologis seperti hutan kota.(Permen PU No.5/PRT/M/2008).

Ruang terbuka hijau kota merupakan bagian dari penataan ruang perkotaan yang berfungsi sebagai kawasan lindung. Kawasan hijau kota terdiri atas pertamanan kota, kawasan hijau hutan kota, kawasan hijau rekreasi kota, kawasan hijau kegiatan olahraga dan kawasan hijau pekarangan. Ruang terbuka hijau diklasifikasi berdasarkan status kawasan, bukan berdasarkan bentuk dan struktur vegetasinya (Fandeli, 2004).

Sedangkan untuk Ruang Terbuka Hijau publik , disini data yang ada sangat terbatas . Ruang Terbuka Hijau Publik yang dibahas disini yaitu Taman Kota, Hutan Kota, Pemakaman , Koridor Jalur Hijau dan Persawahan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, proporsi RTH publik di kawasan perkotaan sebesar 20% terdiri dari 12,5% taman kota, 6% jalur hijau dan 1.5% lainnya. Berdasarkan proporsi RTH tersebut, maka dalam penelitian ini hanya taman kota dan jalur hijau yang dipantau karena merupakan jenis RTH yang paling berpengaruh dalam menyerap CO₂ yang berasal dari kegiatan manusia.

RTH perkotaan yang termasuk publik ini yang dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yaitu sebagai berikut :

1. Perhitungan Daya Serap CO₂ oleh RTH Taman Kota Menurut Luasan

Taman Kota berfungsi sebagai *buffering zone* atau zona penyangga lingkungan terhadap berbagai tekanan yang diterima, terutama dalam menetralkan pencemaran udara dan meningkatkan suhu udara akibat kegiatan transportasi yang meningkat. Pada tahun 2013, luas taman kota di Kota Malang sebesar 148.222 m² . Besarnya penggunaan lahan untuk Taman Kota ini mengalami perubahan dari tahun ke tahun menjadi lebih luas. Karena pada tahun 2012 luas taman kota sebesar 132.399,21 m² atau sekitar 0,12 % dari total penggunaan lahan yang ada. Kecilnya persentase taman kota sebagai zona penyangga terhadap tekanan lingkungan ini masih didukung dengan fasilitas penghijauan yang ada di setiap fasilitas perkotaan seperti perumahan, sekolah, rumah sakit dan fasilitas lainnya. Disamping itu jalur hijau pada median serta pinggir jalan juga bisa memberikan kontribusi dalam menetralkan kualitas lingkungan udara.

Kota Malang memiliki dua jenis taman kota yang dibedakan berdasarkan pengelolaannya. Yaitu taman kota yang dikelola oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan sebanyak 39 taman dengan total luas 123.931 m² dan dikelola oleh masyarakat sebanyak 25 taman dengan total luas 24.291,01 m².

Distribusi kota di Kota Malang terkonsentrasi pada Kecamatan Klojen (63,93%). Kondisi ini cukup memadai untuk menetralkan kualitas lingkungan pada Kecamatan Klojen yang merupakan kawasan padat di Kota Malang. Sedangkan

keempat kecamatan lainnya mempunyai taman kota yang relatif terbatas karena mempunyai ruang terbuka hijau (RTH) yang memadai.

Perhitungan daya serap CO₂ oleh RTH eksisting dilakukan berdasarkan daya serap CO₂ menurut luas tutupan vegetasi pada RTH eksisting yang meliputi tipe tutupan vegetasi berupa pohon (luas diameter tajuk), semak belukar dan padang rumput dan daya serap CO₂ menurut jumlah dan jenis pohon pelindung. Data diperoleh dari dinas yang terkait meliputi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang. Ruang Terbuka Hijau yang menjadi objek disesuaikan dengan data yang dimiliki oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang. Ruang Terbuka Hijau Publik yaitu meliputi Jalur Hijau, Taman, Pemakaman, dan Hutan Kota. Berikut adalah contoh Perhitungannya :

RTH Taman Alun-Alun Merdeka di Kecamatan Klojen, Kelurahan Kiduldalem berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Luas Taman Alun-Alun Merdeka = 23.970 m² (Lampiran A Tabel 1)

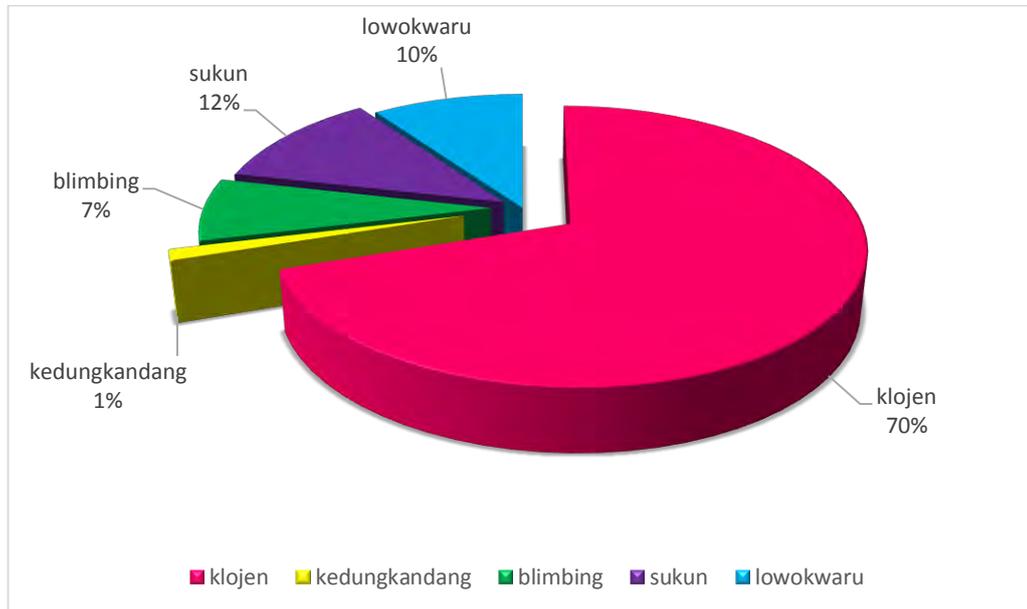
Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 23.970 \text{ m}^2 \\ &= 2.397.000.000.000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \text{ (Tabel 4.7)} \\ &= 2.397 \times 10^9 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 66.718 \text{ g/ detik} \\ &= 5.764.464 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH dapat diketahui kemampuan daya serap pada taman yang ada di Kota Malang. Dengan hanya menggunakan luasan pada masing-masing taman. Untuk hasil perhitungan selengkapnya daya Serap RTH Taman dapat dilihat pada Lampiran C. Dalam perhitungan untuk taman kota memiliki rata-rata daya serap yaitu 35.832.341 kg/hari sehingga dengan begitu dapat membantu untuk menyerap karbon yang ada. Sedangkan untuk Hutan Kota yang ada di Kota Malang total daya serap yaitu 3.763,85615 kg/hari. Hasil perhitungan untuk jalur hijau total daya serap tidak begitu berpengaruh karena hanya 0,4889 kg/hari .

Berikut adalah presentase total daya serap taman kota pada setiap kecamatan yang digambarkan dalam grafik.



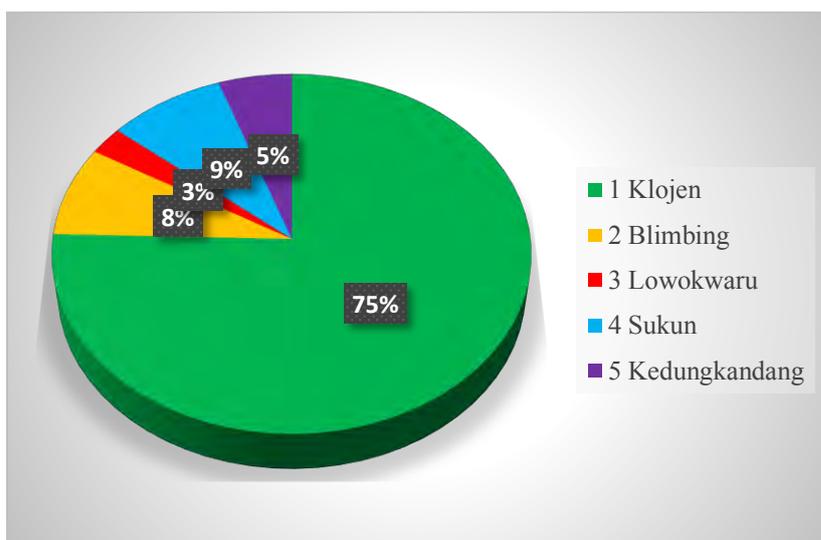
Gambar 4.6 Total Daya Serap Taman Kota pada setiap kecamatan

Pada gambar grafik menunjukkan bahwa daya serap untuk taman kota pada Kecamatan Klojen sangatlah besar yaitu 70% jika dibandingkan dengan Kecamatan Kedungkandang hanya 1%. Berdasarkan eksisiting bahwa taman kota banyak terdapat di Kecamatan Klojen dibandingkan dengan 4 kecamatan yang lain. Setiap kecamatan memiliki daya serap yang berbeda-beda. Daya serap ini ditinjau dari seberapa besar kerapatan dari masing-masing taman.

Upaya penanaman vegetasi untuk menghijaukan kota dilakukan dalam bentuk pengelolaan taman-taman kota, taman-taman lingkungan, jalur hijau dan sebagainya. Peranan tumbuhan hijau sangat diperlukan untuk menjaring CO_2 dan melepas O_2 kembali ke udara. Setiap tahun tumbuh-tumbuhan di bumi ini mempersenyawakan sekitar 150.000 juta ton CO_2 dan 25.000 juta ton hidrogen dengan membebaskan 400.000 juta ton O_2 ke atmosfer, serta menghasilkan 450.000 juta ton zat-zat organik. Setiap jam, 1 hektar daun-daun hijau menyerap 8 kg CO_2 yang ekuivalen dengan CO_2 yang dihembuskan oleh napas manusia sekira 200 orang dalam waktu yang sama. Setiap pohon yang ditanam mempunyai kapasitas mendinginkan udara sama dengan rata-rata 5 pendingin udara (AC), yang

dioperasikan 20 jam terus menerus setiap harinya. Setiap 1 ha pepohonan mampu menetralkan CO₂ yang dikeluarkan 20 kendaraan (Maimun, 2007).

RTH Taman lebih banyak memiliki fungsi sosial dan estetika, dan ekologi. RTH taman ini dapat bersifat aktif, maupun pasif, RTH taman yang bersifat aktif ini dapat berskala kota maupun dapat berskala lingkungan. Contoh taman kota yang sudah ada dan berskala kota antara lain taman wisata rakyat berada di belakang balai kota, taman Senaputa, pasar burung dan tanaman hias, dan lain-lain, sedangkan taman yang berskala lingkungan yang sudah ada antara lain: taman-taman yang berada di lingkungan pemukiman atau perumahan yang sering dipakai untuk kegiatan sosial maupun olah raga, misalkan RTH taman di perumahan Blimbing Indah, dan lain-lain (Guridno, 2013). Berikut adalah prosentase Taman pada setiap Kecamatan



Gambar 4.7 Diagram Presentase Banyaknya Taman Pada Setiap Kecamatan

Gambar diagram diatas menunjukkan bahwa Kecamatan Klojen lebih banyak memiliki taman yaitu sebesar 75%. Sedangkan untuk Blimbing sebesar 8%, Lowokwaru 3%, Sukun 9% , dan Kedungkandang 5%. Berdasarkan gambar persentase terlihat bahwa Klojen merupakan daerah yang luas dan memiliki Ruang Terbuka Hijau yang mampu menyerap emisi CO₂.

2. Perhitungan Daya Serap CO₂ RTH Hutan Kota Menurut Luasan

Hutan Kota adalah suatu hamparan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan. Tujuan penyelenggaraan Hutan

Kota adalah untuk kelestarian, keserasian dan keseimbangan ekosistem perkotaan yang meliputi unsur lingkungan, sosial dan budaya. Secara umum berdasarkan Peraturan Pemerintah No.63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota, memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Memperbaiki dan menjaga iklim mikro dan nilai estetika
- b. Meresapkan air
- c. Menciptakan keseimbangan dan keserasian lingkungan fisik kota
- d. Mendukung pelestarian keanekaragaman hayati Indonesia

Keberadaan Hutan Kota di suatu wilayah perkotaan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah yang lokasi dan luas Hutan Kota disahkan oleh Walikota atau Bupati setempat. Wilayah Hutan Kota merupakan bagian dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) wilayah perkotaan (SLHD, 2012).

Berikut adalah contoh perhitungan daya serap RTH Hutan Kota :

RTH Hutan Kota Malabar di Kecamatan Klojen, Kelurahan Oro-oro Dowo berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 1.682 \text{ m}^2 \text{ (Lampiran A Tabel 2)} \\ &= 168.200.000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap RTH Hutan} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \text{ (Tabel 4.7)} \\ &= 1,68 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 17,23 \text{ g CO}_2/\text{detik} \\ &= 4.68169562000 \text{ g CO}_2/\text{detik} \\ &= 404.50 \text{ kg CO}_2/\text{hari} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Hutan Kota di Kota Malang

No.	Nama Hutan Kota	Luas (Ha)	Luas (cm ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	HK. Malabar	1,682	168.200.000	2,783 x 10 ⁻⁸	4,68169562000	404,50
2	HK. Velodrom	1,25	125.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	3,47926250000	300,61
3	HK. Pandanwangi	0,14	14.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	0,38967740000	33,67
4	HK. Jakarta	1,19	119.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	3,31225790000	286,18

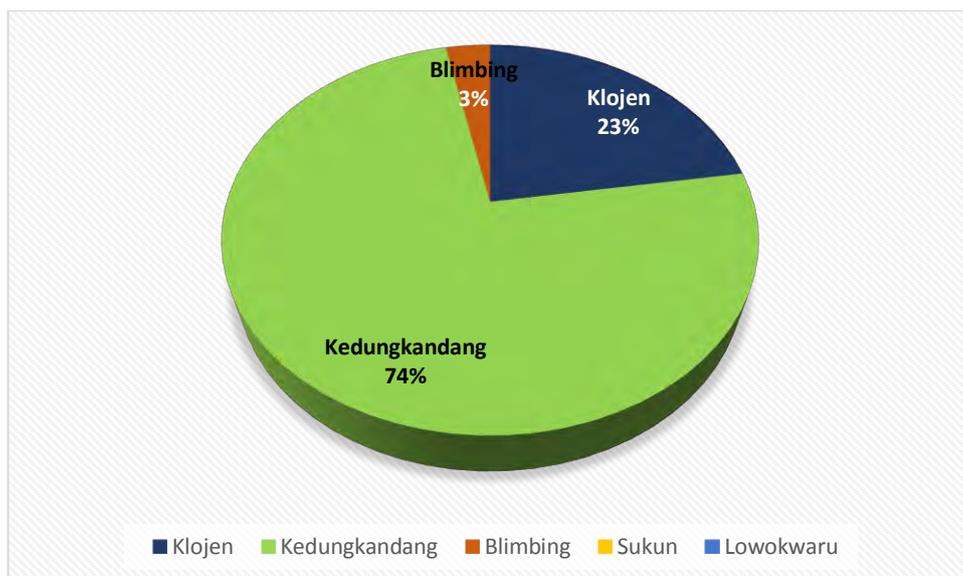
Lanjutan Tabel 4.15

5	HK. Buper Hamid Rusdi	1,8	180.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	5,01013800000	432,88
6	HK. Kediri	0,548	54.800.000	$2,783 \times 10^{-8}$	1,52530868000	131,79
7	HK. Indragiri	0,25	25.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,69585250000	60,12
8	HK. Eks Pasar Madyopuro	0,12	12.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,33400920000	28,86
9	HK. Sulfat Agung	0,03	3000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,08350230000	7,21
10	HK. Lemdikcab Pramuka	0,1	10.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,27834100000	24,05
11	HK. TPS Sulfat	0,07	7.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,19483870000	16,83
12	HK. Taman Slamet	0,471	47.100.000	$2,783 \times 10^{-8}$	1,31098611000	113,27
13	HK. Buring	8	800.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	22,26728000000	1923,89
Total		15,651			43,56314991000	3.763,856

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa total daya serap pada seluruh hutan yang ada di Kota Malang 3.763,856 kg/hari. Dengan adanya hutan tersebut dapat membantu dalam penyerapan CO₂ yang terjadi di Kota Malang.

Dengan hasil perhitungan tersebut dapat dilihat daya serap pada setiap hutan yang ada di setiap Kecamatan. Untuk data area Hutan di setiap Kecamatan dapat dilihat pada Lampiran A . Berikut adalah gambar grafik prosentase besar Hutan pada setiap kecamatan :



Gambar 4.8 Diagram prosentase Hutan di setiap Kecamatan

Gambar diagram diatas menunjukkan bahwa Hutan Kota banyak terletak di Kecamatan Kedungkandang sebesar 74 % sedangkan yang paling sedikit memiliki hutan kota yaitu kecamatan blimbing sedangkan kecamatan sukun tidak memiliki hutan kota. Hal tersebut menandakan bahwa kecamatan sukun luas wilayah pemukiman lebih banyak dibandingkan hutan kota.

3. Pertanian

RTH Pertanian di Kecamatan Kedungkandang berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Luas Tanah Pertanian = 2596,138m² (Tabel 2.3)

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2596,138 \text{ m}^2 \\ &= 25.961.380 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Daya Serap RTH Pertanian = LT x % Kerapatan x S (Tabel 4.7)

$$\begin{aligned} &= 25.961.380 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 72.261.165 \text{ g/ detik} \\ &= 62.433.646.306 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Perhitungan tanah pertanian

Tanah Pertanian	Luas (ha)	Luas (m ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
Kedungkandang	2596,138	25.961.380	2,783 x 10 ⁻⁸	72.261.165	62.433.646.306
Sukun	614,295	6.142.950	2,783 x 10 ⁻⁸	17.098.348	14.772.973.069
Blimbing	293,814	2.938.140	2,783 x 10 ⁻⁸	8.178.048	7065.833.694
Lowokwaru	575,597	5.755.970	2,783 x 10 ⁻⁸	16.021.224	13.842.337.931
Klojen	0	0	0	0	0
Jumlah	4079,844	40.798.440		113.558.785,9	98.114.791.001

Sumber : Hasil Perhitungan

Keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) diperlukan guna meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan secara ekologis, estetis, dan sosial. Secara ekologis, ruang terbuka hijau berfungsi sebagai pengatur iklim mikro kota yang menyejukkan. Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang

mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsur-unsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, angin dan curah hujan. Ruang terbuka hijau memberikan pasokan oksigen bagi makhluk hidup dan menyerap karbon serta sumber polutan lainnya. Secara ekologis ruang terbuka hijau mampu menciptakan habitat berbagai satwa, misalnya burung. Secara estetis, ruang terbuka hijau menciptakan kenyamanan, harmonisasi, kesehatan, dan kebersihan lingkungan. Secara sosial, ruang terbuka hijau mampu menciptakan lingkungan rekreasi dan sarana pendidikan alam. Ruang terbuka hijau yang dikelola sebagai tempat pariwisata dapat membawa dampak ekonomis seperti meningkatkan pendapatan masyarakat (Putra, 2012).

4. Jalur Hijau

Jalur Hijau pada umumnya terletak di jalan-jalan utama di perkotaan. Disepanjang jalan terdapat beberapa jenis vegetasi dan mayoritas sebagai pohon peneduh disekitar jalan serta sebagai penghasil oksigen.

Kelompok RTH jalur jalan ini memiliki fungsi sebagai pengaman, pelindung, fungsi ekologi dan memiliki fungsi estetika kota. RTH jalur jalan ini terdiri dari antara lain: jalur utama (arteri) Kota, jalur jalan lingkar, jalur jalan penghubung utara-selatan, jalur jalan penghubung timur-barat, jalur jalan khusus yang memiliki nilai-nilai historis misalnya jalur jalan kawasan perumahan kolonial, jalur-jalur jalan identitas kota yaitu jalur jalan Ijen dan jalur-jalur jalan sesuai dengan fungsinya yaitu jalur jalan arteri sekunder, jalur jalan kolektor sekunder dan jalur-jalur jalan lokal sekunder (Guridno, 2013).

Berikut adalah contoh perhitungan Jalur Hijau dengan menggunakan luasan :

RTH Jalur Hijau jalan Tlogo Mas

Luas Jalan Tlogo Mas = 24.515.896 m² (Lampiran A Tabel 3)

Perhitungan :

Luas = 24.515.896 m²
= 168.200.000 cm²

Total Daya Serap = 68.237,79 cm² x 2,783x10⁻⁸ g/cm²/detik
= 68.237,79 g/ detik

Total Daya Serap = 5.895.745,063 kg/hari

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Jalur Hijau

No	Jalur Hijau	Luas (m ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	Jl. Tlogo Mas (Malang)	24515,896	2,783 x 10 ⁻⁸	68.237,79	5.895.745,063
2	Jl. Mayjend Haryono	11389,86	2,783 x 10 ⁻⁸	31.702,65	2.739.108,979
3	Jl. Sukarno-Hatta	106601,352	2,783 x 10 ⁻⁸	296.715,269	25.636.199,256
4	Jl. Borobudur	19488,528	2,783 x 10 ⁻⁸	54.244,56	4.686.730,305
5	Jl. A. Yani	30338,33	2,783 x 10 ⁻⁸	84.444,01	7.295.962,559
6	Jl. Kol Sugiono	10956,16	2,783 x 10 ⁻⁸	30.495,49	2.634.809,930
	Jumlah	203290,126		3.395.038,62	48888556,09

Sumber : Hasil Perhitungan

5. Pemakaman

Pemakaman merupakan salah merupakan ruang terbuka hijau publik . Karena pemakaman merupakan hamparan tanah yang luas terdapat beberapa pohon dan perdu sehingga dapat dikatan bahwa pemakaman tersebut ruang terbuka hijau yang berada di Kota Malang. Berikut adalah tabel pemakaman yang tersebar di Kota Malang :

RTH Makam Sukun/Nasrani di Kecamatan Klojen, Kelurahan Oro-oro Dowo berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Contoh Perhitungan :

$$\text{Luas} = 120.000 \text{ m}^2 \text{ (Lampiran A Tabel 5)}$$

$$\text{Daya Serap RTH Pemakaman} = LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \text{ (Tabel 4.7)}$$

$$= 12 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik}$$

$$= 33,401 \text{ g CO}_2 / \text{detik}$$

$$= 2.886 \text{ kg CO}_2/\text{hari}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

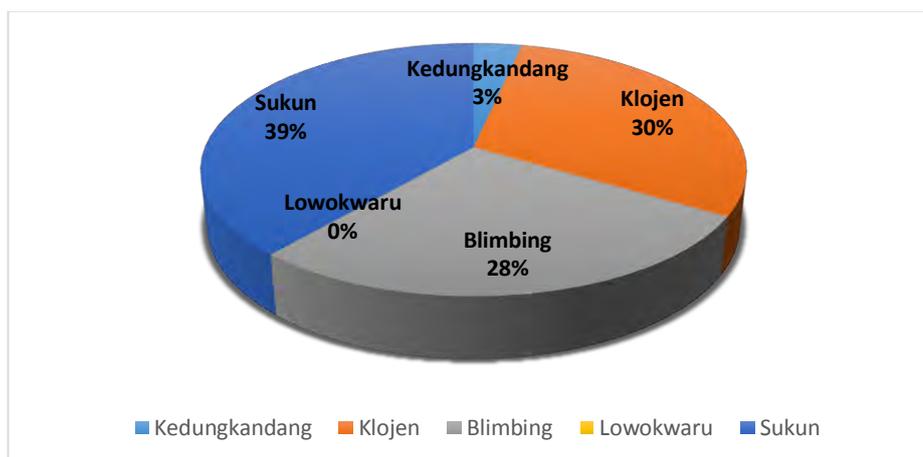
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Pemakaman Kota di Kota Malang

No.	Pemakaman Umum	Luas (m ²)	Kerapatan	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	Makam Sukun/Nasrani	120.000	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	33,401	2.886
2	Makam Sukerejo	110.674	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	30,805	2.662
3	Makam Kasin	77.452	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	21,558	1.863
4	Makam Samaan	57.829	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	16,096	1.391
5	Makam Mergan	41.465	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	11,541	997
6	Makam Sukun Gang VII	16.660	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	4,637	401
7	Makam Ngujil	16.843	80%	$2,783 \times 10^{-8}$	4,688	405
8	Makam Mergosono	15.570	80%	$2,783 \times 10^{-8}$	4,334	374
9	Makam Gading	3.903	80%	$2,783 \times 10^{-8}$	1,086	94
Jumlah					11.071,91	

Sumber : Hasil Perhitungan

Pemakaman merupakan ruang terbuka hijau , berdasarkan perhitungan daya serap menunjukkan bahwa total daya serap yaitu sebesar 11.071,91kg/hari. Dengan adanya pemakaman ini diharapkan dapat mengurangi emisi yang terjadi di Kota Malang.

Melihat kondisi RTH di Indonesia yang semakin kritis, alternatif yang tepat untuk penanggulangan kondisi tersebut adalah dengan memanfaatkan RTH pemakaman. Pemakaman belum dimanfaatkan keindahan maupun fungsinya sebagai RTH secara efektif untuk menciptakan iklim udara kota yang sejuk dan nyaman. Ruang terbuka pemakaman saat ini hanya berbentuk lahan kosong atau ruang terbuka dengan beberapa jenis tata hijau tanaman (Wulandari,2014). Hasil perhitungan pada tabel 4.20 dapat diketahui total daya serap pada masing-masing kecamatan, untuk lebih jelas dapat dilihat gambar 4.7 yang menunjukkan presentase daya serap pemakaman pada setiap kecamatan di Kota Malang.



Gambar 4.9 Diagram persentase total pemakaman pada setiap Kecamatan
 Gambar 4.9 diatas menunjukkan bahwa persentase pemakaman yang paling luas memiliki pemakaman yaitu Kecamatan Sukun sebesar 39% sedangkan Kecamatan Lowokwaru tidak memiliki pemakaman berdsarkan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.

Berdasarkan hasil perhitungan dari seluruh Ruang Terbuka Hijau Publik yang ada di Kota Malang, maka total daya serap yang dihasilkan yaitu sebesar 98.306.621.429 kg/jam. RTH di Kecamatan Kedungkandang merupakan yang paling besar dapat menyerap yaitu sebesar 62.437.845.907 kg/jam, dikarenakan luas penyediaan RTH di Kecamatan Kedungkandang paling luas dari RTH di Kecamatan Lowokwaru, Blimbing, Kedungkandang dan Klojen. Berikut Tabel 4.22 Daya serap RTH eksisting di Kota Malang.

Tabel 4.19 Daya Serap RTH Eksisting di Kota Malang

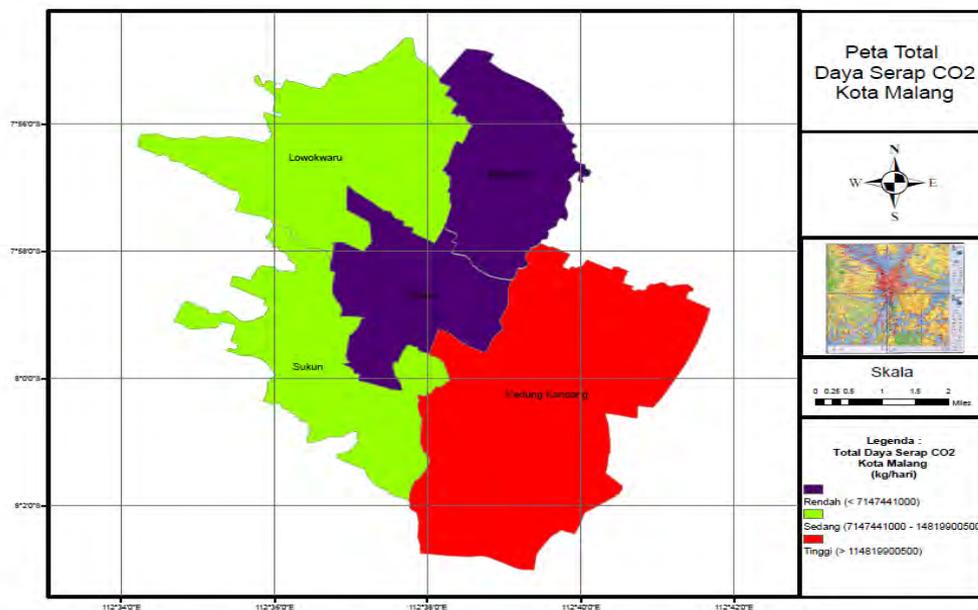
No	Kecamatan	Daya Serap CO ₂ (kg/hari)					Total
		Taman Kota	Hutan Kota	Jalur Hijau	Pertanian	Pemakaman	
1.	Kedungkandang	452.836	2.388		62.433.646.306	374	62.437.845.907
2.	Klojen	24.762.092	738,8			0	582.347.212
3.	Blimbing	2.053.659	524,3	48.888.556	7.065.833.694	3.067	7.147.442.567
4.	Lowokwaru	825.590	0		13.842.337.931	0	13.843.163.522
5.	Sukun	4.124.851	113,3		14.772.973.069	4.284	14.819.934.713
	Jumlah	32.219.030	3763,9	48.888.556	98114791000	11.072	98.306.621.429

Sumber : Hasil Perhitungan

Daya serap pada masing-masing kecamatan di Kota Malang ini memiliki karakteristik dan kemampuan yang berbeda-beda dalam menyerap emisi CO₂ yang

dihasilkan. Berdasarkan data yang ada menyatakan bahwa kerapatan pada masing-masing RTH publik tersebut juga berpengaruh dalam penyerapan emisi yang terjadi di setiap kecamatan. Dalam tabel 3 menunjukkan untuk RTH pertanian lebih tinggi daya serapnya, hal ini menandakan bahwa pertanian berperan dalam mengurangi emisi yang terjadi.

Berdasarkan perhitungan diatas maka daya serap RTH eksisting pada setiap Kecamatan digambarkan pada gambar 4.10 .



Gambar 4.10 Peta Total Daya Serap CO₂ Kota Malang

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa Kecamatan Kedungkandang yang dapat menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan sedangkan untuk Kecamatan Klojen dan Blimbing total daya serap hanya rendah dibandingkan Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Sukun.

Berdasarkan perhitungan diatas maka daya serap RTH eksisting pada setiap Kecamatan digambarkan pada Gambar 4.10. Gambar yang berwarna hijau menunjukkan bahwa daya serap untuk RTH publik dalam skala sedang yaitu Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Sukun. Untuk warna biru tua menunjukkan bahwa skala daya serap untuk Kecamatan Blimbing dan Klojen rendah, sedangkan untuk warna merah menunjukkan bahwa Kecamatan Kedungkandang dapat menyerap emisi dalam skala tinggi karena RTH publik lebih luas dibandingkan dengan beberapa kecamatan yang lain. Pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa

Kecamatan Kedungkandang yang dapat menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan sedangkan untuk Kecamatan Klojen dan Blimbing total daya serap rendah. Rendahnya kedua kecamatan dalam menyerap emisi yang terjadi dikarenakan persebaran untuk RTH publik tidak secara merata dalam kedua kecamatan serta luasan untuk RTH publik tidak luas dibandingkan dengan Kecamatan Kedungkandang. Dalam perhitungan diatas dapat dilihat bahwa persentase penyerapan emisi CO₂ RTH eksisting menunjukkan bahwa RTH di tiap kecamatan masih perlu dioptimalkan dan dimaksimalkan, sehingga daya serap RTH terhadap emisi CO₂ yang ada dapat ditingkatkan.

4.1.2 Sumber Emisi dan Hasilnya

4.1.2.1 Sumber Emisi yang berasal dari sektor permukiman

Emisi CO₂ primer yang berasal dari kegiatan permukiman yaitu bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga yakni LPG. Sumber data yang digunakan berasal dari hasil survey ke lapangan 67 responden di lima kecamatan, Berikut contoh perhitungan konsumsi LPG pada masing-masing rumah di Kota Malang .

Rumah Sederhana (49 rumah)

- Konsumsi LPG = 3kg
- Rata-rata konsumsi per hari = 0,37 kg/hari
- Rata-rata konsumsi LPG per bulan = 0,37 x 30 hari = 11 kg/bulan/rumah
- Konsumsi LPG per bulan = 11 x 49 rumah = 539 kg/bulan
- Emisi CO₂ Primer = EF x konsumsi bahan bakar x NCV
 = 63.1 g CO₂/MJ x 48 Kg/bulan x 47.3 MJ/Kg
 = 143,262.2 g CO₂/bulan
 = 143.26 Kg CO₂/bulan

Untuk dapat mengetahui berapa besar emisi yang dihasilkan dalam sektor permukiman, maka disini dilakukan perhitungan emisi total pada setiap jenis permukiman yang ada di Kota Malang pada Tabel 4.20. Rata-rata konsumsi bahan bakar untuk rumah sederhana sebesar 11 kg/bulan, rumah menengah 17 kg/bulan, dan rumah mewah 20 kg/bulan. Rumah mewah lebih banyak menggunakan bahan bakar LPG karena tidak hanya untuk memasak saja tetapi digunakan sebagai bahan bakar pemanas air. Kota Malang merupakan kota yang berhawa sejuk sehingga

banyak sekali masyarakat diperumahan mewah menggunakan bahan bakar LPG sebagai pemanas.

Tabel 4.20 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Tipe Rumah

Tipe Rumah	Jumlah Sampel	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan) LPG	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)
Sederhana	49	539	11
Menengah	15	249	17
Mewah	3	60	20

Sumber: Hasil survey

Untuk dapat mengetahui berapa besar emisi yang dihasilkan dalam sektor permukiman, maka disini dilakukan perhitungan emisi total pada setiap jenis permukiman yang ada di Kota Malang :

Tabel 4.21 Perhitungan Total Emisi Permukiman

No.	Tipe Rumah	Jumlah Penduduk Kota Malang	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1.	Sederhana	28.446	18.077
2.	Menengah	95.127	50.779
3.	Mewah	256.647	124.937
	Jumlah		124.937

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa rata-rata emisi CO₂ primer per tahun untuk setiap rumah pada tiap kecamatan. Data jumlah KK per kecamatan dari Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2013. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut.

Hasil perhitungan total emisi CO₂ primer per kecamatan selengkapnya tersaji dalam Tabel 4.25.

Hasil perhitungan pada Tabel 4.18 menunjukkan bahwa emisi CO₂ primer yang dihasilkan di Tipe Rumah Mewah 124.937 ton CO₂/tahun lebih besar daripada rumah menengah dan rumah sederhana. Hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar rumah mewah lebih banyak daripada di rumah sederhana. Hal tersebut dapat terjadi akibat perbedaan tipe rumah sampel sehingga perilaku masyarakat dalam menggunakan bahan bakar pun berbeda. Rumah mewah lebih banyak

mengonsumsi bahan bakar LPG untuk memasak dan pemanas air, sehingga pola konsumsi LPG rumah mewah lebih banyak.

Pada tahap selanjutnya yaitu perhitungan total emisi di Kota Malang pada setiap Kecamatan .

Tabel 4.22 Perhitungan Total Emisi Per Kecamatan

No.	Kecamatan	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Emisi (kg CO ₂ /tahun)
1.	Kedungkandang	26.218,01	2.992,923516
2.	Klojen	15.877,3	1.812,477169
3.	Blimbing	29.695,73	3.389,923516
4.	Lowokwaru	26.902,04	3.071,009132
5.	Sukun	26.244,14	2.995,906393
	Jumlah	124.937,21	14.262,24

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2.2 Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan

Sampah adalah salah satu sektor dari aktivitas manusia yang berkontribusi dalam pemanasan global. Sampah yang tertimbun akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas-gas yang menyebar di udara. Gas yang paling banyak dihasilkan dari proses degradasi sampah organik yaitu gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) (Hapsari,dkk.2013).

Sektor persampahan merupakan salah satu kegiatan manusia yang menyebabkan pemanasan global. Proses dekomposisi sampah organik pada timbunan sampah menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa biogas yang terdiri atas gas methana dan gas karbon dioksida. Pengolahan sampah di TPS untuk produk daur ulang dan kompos berpotensi mereduksi jejak karbon secara langsung dari penurunan volume sampah yang dibuang ke TPA dan secara tidak langsung dari pemulihan material sampah (Hapsari, dkk. -)

Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan juga menghasilkan emisi yang dapat mencemari lingkungan disekitar. Berat timbulan sampah Kota Malang berdasarkan Badan Pusat Statistik Tahun 2013 sebesar 600 ton/hari. Berat timbulan sampah yang terangkut ke TPA sebesar 420,17 ton/hari. Sehingga untuk menghitung emisi persampahan akan diketahui seberapa total emisi pada masing-masing Kecamatan. Berikut adalah langkah perhitungannya :

- Berat Timbunan (kg/tahun) Kota Malang
 - = 600 ton/hari x 365 hari
 - = 219.000 ton/tahun
 - = 219×10^6 kg/tahun = 219 Gg/tahun
- Berat Timbunan Sampah Terangkut ke TPA
 - = 420,17 ton/hari x 365 hari
 - = 153362,05 ton/tahun
 - = $153,36 \times 10^6$ kg/tahun = 155,36 Gg/tahun
- Timbunan terangkut ke TPA (kg/jiwa.hari)
 - = $155,85 \times 10^6$ kg/tahun / 606.487 jiwa (penduduk yang terlayani)
 - = 257 kg/jiwa.tahun = 0,7 kg/jiwa.hari
- Perhitungan emisi CH₄

$$MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} - R \times (1 - OX)$$
 - MSW_T = 219 Gg/tahun
 - MSW_F = 70%
 - MCF = 0,4 (berdasarkan IPCC Guidelines 2006, dikarenakan TPA Supit Urang termasuk ke dalam sistem open dumping)
 - $DOC = \sum i (DOC_i \times W_i)$

dimana:

Nilai DOC_i dapat dilihat pada tabel 2.7 dan W_i merupakan fraksi komponen sampah jenis i (basis berat sampah) yang tersaji pada Tabel 4.23, sehingga dapat diketahui nilai DOC yang tersaji pada Tabel 4.24.

Tabel 4.23 Fraksi Komponen Sampah Jenis i (W_i)

No.	Komposisi Sampah (kg)	Komposisi Sampah (%)
1	Organik	77,4
2	Kertas	4,1
3	Plastik	14
4	Logam/Kaleng	0,3
5	Karet	0,0
6	Tekstil/Kain	2
7	Kaca	0,3
8	Lainnya	1,9

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 4.24 Nilai DOC

No.	Komposisi Sampah	W_i [A]	DOC_i [B]	DOC [AxB]
1	Organik	0,774	0,15	0,1161
2	Kertas	0,041	0,4	0,0164
3	Plastik	0,14	0,0	0
4	Logam/Kaleng	0,003	0,0	0
5	Karet	0,0	0,39	0
6	Tekstil/Kain	0,02	0,24	0,0048
7	Kaca	0,003	0,0	0
8	Lainnya	0,019	0,0	0
Total				0,137

Sumber: Hasil Perhitungan

DOC_F = Fraksi DOC (0,5 berdasarkan IPCC Guideliness 2006)

F = 0,5 (berdasarkan IPCC Guideliness 2006)

R = 0 (berdasarkan IPCC Guideliness 2006, dikarenakan pada TPA Supit Urang belum memiliki alat pengukur gas metan)

OX = 0 (berdasarkan IPCC Guideliness 2006)

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= (219 \times 0,70 \times 0,4 \times 0,137 \times 0,5 \times 0,5 \times \frac{16}{12} - 0) \times (1 - 0) \\ &= 2,80 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun} \\ &= 2.801 \text{ ton CH}_4/\text{tahun} \end{aligned}$$

Konversi emisi CH_4

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times 25 \\ &= 2.801 \text{ ton/tahun} \times 25 \\ &= 70.035 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa emisi CH_4 sebesar 70.035 ton CO_2 -eq/tahun TPA Supit Urang Kota Malang. Untuk langkah selanjutnya yaitu nilai emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan, yaitu sebagai berikut perhitungannya :

$$FES = E / Nt$$

dimana:

FES = faktor emisi spesifik (ton CO_2 -eq/orang.tahun)

E = emisi yang dihasilkan di TPA (ton CO_2 -eq/tahun)

Nt = jumlah penduduk terlayani (orang)

$$\begin{aligned} FES &= 70.035 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun} / 588.800 \text{ orang} \\ &= 0,12 \text{ ton CO}_2\text{-eq/orang.tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka emisi ton CO₂ pada setiap Kecamatan yaitu disajikan dalam Tabel 4.25

Tabel 4.25 Total Emisi CO₂ dari Sektor Persampahan di Kota Malang

No	Kecamatan	Emisi/Kecamatan (Ton CO ₂ /orang.hari)
1	Kedungkandang	0
2	Sukun	70035,34
3	Klojen	0
4	Blimbing	0
5	Lowokwaru	0
Total		70035,34

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2.3 Sumber Emisi yang bersal dari sektor transportasi

Sumber emisi tidak hanya berasal dari sektor permukiman dan persampahan tetapi sektor transportasi juga menghasilkan emisi. Emisi transportasi lebih banyak karena saat ini jumlah transportasi semakin meningkat.

Perhitungan emisi karbon sektor transportasi menggunakan data konsumsi bahan bakar. Berikut merupakan perhitungan emisi bahan bakar gasolin dan solar di Kota Malang.

- Perhitungan emisi karbon bahan bakar gasolin
 - Konsumsi gasolin = 161.232.000 liter/tahun
 - NCV gasoline = 0,000033 TJ/Liter
 - Faktor emisi gasolin = 69300 kg CO₂/TJ
 - Emisi Karbon Gasolin = Konsumsi BBM gasolin x NCV x FE gasoline
 - = 161.232.000 liter/tahun x 0,000033 TJ/liter x 693000 kg CO₂/TJ
 - = 368.721.460,8 kg CO₂/tahun
 - = 368.721,46 ton CO₂/tahun
- Perhitungan emisi karbon bahan bakar solar
 - Konsumsi solar = 35.592.000 liter/tahun
 - NCV solar = 0,000036 TJ/Liter
 - Faktor emisi solar = 74100 kg CO₂/TJ

$$\begin{aligned}
\text{Emisi Karbon solar} &= \text{Konsumsi BBM gasolin} \times \text{NCV} \times \text{FE gasolin} \\
&= 35.592.000 \text{ liter/tahun} \times 0,000036 \text{ TJ/liter} \times 74100 \\
&\quad \text{kg CO}_2/\text{TJ} \\
&= 94945219,2 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\
&= 94.945,22 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan emisi karbon di atas didapatkan emisi karbon gasolin sebesar 368721,46 ton CO₂/tahun dan emisi karbon solar 94945,22 ton CO₂/tahun. Dari hasil perhitungan emisi karbon gasolin dan karbon solar, maka dilakukan tahap selanjutnya perhitungan konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP).

Tabel 4.26 Jenis dan Jumlah Kendaraan di Setiap Kecamatan di Kota Malang

Kecamatan	Mobil Pribadi	Angkutan Umum	Bus Besar	Bus Kecil	Truk Besar	Truk Kecil	Sepeda Motor
Kedungkandang	17.037	849	49	78	1.063	2.921	78.310
Sukun	11.357	576	33	52	719	1.940	52.256
Klojen	5.663	268	16	26	334	941	26.003
Blimbing	8.518	429	24	39	542	1.465	39.205
Lowokwaru	14.211	708	41	65	886	2.436	65.258

Sumber : SLHD Kota Malang

Berdasarkan data diatas maka dilakukan konversi jumlah kendaraan ke dalam satuan Mobil penumpang. Berikut adalah hasil konversi :

Tabel 4.27 Hasil Konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	Satuan Mobil Penumpang (SMP)
Mobil Pribadi Gasolin	47.322	47.322
Mobil Pribadi Solar	9.464	9.464
Angkutan Umum Gasolin	2.570	2.570
Angkutan Umum Solar	260	260
Bus Besar Solar	163	195,6
Bus Kecil Solar	260	260
Truk Besar Solar	3.544	4.252,8
Truk Kecil Gasolin	116	116
Truk Kecil Solar	9.587	9.587
Sepeda Motor	261.032	65.258
Total	334.318	139285,4

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan konversi perhitungan untuk setiap jenis kendaraan , maka selanjutnya menghitung Emisi Karbon yang dihasilkan . Berikut contoh perhitungannya :

1. Emisi karbon gasolin = 368.721,46 ton CO₂/tahun
 Total SMP kendaraan dengan bahan bakar gasolin
 = SMP mobil pribadi gasolin + SMP angkutan umum gasolin + SMP truk kecil gasolin + SMP sepeda motor
 = 47.322 SMP + 2.570 SMP + 116 SMP + 65.258 SMP
 =115.266 SMP
2. Emisi karbon solar = 94.945,22 ton CO₂/tahun
 Total SMP kendaraan dengan bahan bakar solar
 = SMP mobil pribadi solar + SMP angkutan umum solar + SMP bus besar solar + SMP bus kecil solar + SMP truk besar solar + SMP truk kecil solar
 = 9.464 SMP + 260 SMP + 195,6 SMP + 260 SMP + 4.252,8 SMP + 9.587 SMP
 = 24.019,4 SMP

Untuk mengetahui emisi karbon dari sektor transportasi di setiap kecamatan Kota Malang dibutuhkan data jenis dan jumlah kendaraan di setiap kecamatan yang telah dikonversi kedalam Satuan Mobil Penumpang. Berikut adalah hasil perhitungan emisi :

Tabel 4.28 Emisi Karbon Sektor Transportasi di Setiap Kecamatan di Kota Malang

Kecamatan	SMP (Satuan Mobil Penumpang)							Total SMP	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)
	Mobil Pribadi	Angkutan Umum	Bus Besar	Bus Kecil	Truk Besar	Truk Kecil	Sepeda Motor		
Kedungkandang	17037	849	58,8	78	1275,6	2921	19577,5	41796,9	139183,677
Sukun	11357	576	39,6	52	862,8	1940	13064	27891,4	92878,362
Klojen	5663	268	19,2	26	400,8	941	6500,75	13818,75	46016,4375
Blimbing	8518	429	28,8	39	650,4	1465	9801,25	20931,45	69701,7285
Lowokwaru	14211	708	49,2	65	1063,2	2436	16314,5	34846,9	116040,177
Total Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)									463820,38

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka total Emisi Karbon untuk setiap Kecamatan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.29 Total Emisi Karbon Transportasi pada Setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Total emisi karbon ton CO ₂ /tahun	Total emisi karbon kg/jam
1	Kedungkandang	139.183,677	15.888,55
2	Sukun	92.878,362	10.602,55
3	Klojen	46.016,4375	5.253,02
4	Blimbing	69.701,7285	7.956,82
5	Lowokwaru	116.040,177	13.246,6
	Jumlah	463.820,382	52.947,53

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.29 total emisi karbon pada setiap Kecamatan berbeda-beda, pada Kecamatan Kedungkandang emisi karbon yang berasal dari transportasi sangatlah tinggi dibandingkan dengan kecamatan yang lainnya. Maka total emisi karbon dari sektor transportasi adalah 463.666,68 ton CO₂/tahun.

4.1.2.4 Sumber Emisi yang berasal dari sektor industri

Sumber Emisi yang berasal dari sektor industri ini terdiri dari berbagai macam jenis industri yang terdiri dari 22 sub sektor. Industri di Kota Malang terdapat berbagai macam sektor, sehingga bahan bakar yang digunakan juga bermacam-macam. Berikut adalah data yang dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang.

Tabel 4.30 Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
1.	Industri Makanan dan Minuman	199
2.	Industri Pengolahan Tembakau	62
3.	Industri Tekstil	113
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	21
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	18
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	107
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	22
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	33
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	18
10.	Industri Logam Dasar	21
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	41

Lanjutan Tabel 4.30

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	30
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	32
14.	Industri Pengolahan Lainnya	50
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	70
Jumlah		837

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang

Untuk lebih jelas tentang penyebaran industri di Kota Malang di tiap Kecamatan beserta jumlah industri dan emisi karbon yang dihasilkan, dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa industri yang dominan adalah industri makanan dan minuman. Sehingga untuk dapat diketahui rata-rata emisi per jenis industri maka dapat dilakukan perhitungan untuk estimasi total emisi tiap jenis industri.

Contoh perhitungan :

- Konsumsi bahan bakar = 50320 kg/tahun
- NCV minyak tanah = 0,0000438 TJ/kg
- Faktor Emisi minyak tanah = 71900 kg CO₂/TJ

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi Karbon} &= \text{Konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 50320 \text{ kg/thn} \times 0,0000438 \text{ TJ/Kg} \times 71900 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \\
 &= 158.469 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} = 158,47 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh emisi karbon dari penggunaan bahan bakar minyak tanah industri makanan dan minuman adalah 158,47 ton CO₂/tahun. Contoh perhitungan diatas juga digunakan untuk memperoleh emisi karbon dari konsumsi bahan bakar jenis lainnya. Hasil perhitungan untuk jenis bahan bakar jenis lainnya dapat dilihat di Tabel 4.31. Industri makanan dan minuman yang paling besar menghasilkan emisi yaitu menggunakan bahan bakar kayu. Dengan menggunakan bahan bakar kayu lebih menghemat biaya finansial tetapi lebih banyak menghasilkan emisi dibandingkan dengan yang menggunakan bahan bakar LPG.

Tabel 4.31 Emisi Karbon Tiap Jenis Bahan Bakar Industri Makanan dan Minuman

Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)
Jenis	Konsumsi (tahun)				
M. tanah	50320 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	158469	158,47
LPG	42460 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	126727	126,73
Kayu	721600 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	1212288	1212,29
Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)					1512,13

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan diatas merupakan emisi karbon dari CO₂ pada tiap jenis bahan bakar industri makanan dan minuman. yang dihasilkan oleh masing-masing dari industri di kota Malang. Dari hasil perhitungan diatas maka akan didapatkan emisi dari masing –masing industri pada setiap kecamatan di Kota Malang.

Tabel 4.32 Jumlah Industri dan Emisi Karbon Tiap Kecamatan di Kota Malang

No.	Kecamatan	Jumlah Industri	Emisi Karbon ton CO ₂ /tahun	Emisi karbon kg/jam
1	Kedungkandang	107	6.207,58	708,627854
2	Sukun	192	14.422,42	1.646,39498
3	Klojen	233	22.714,54	2.592,98402
4	Blimbing	189	6.476,81	739,361872
5	Lowokwaru	116	5.999,78	684,906393
Total		837	55.821,13	6.372,27511

Sumber : Hasil Perhitungan.

4.1.3 Penentuan Beban Emisi CO₂ dengan *Box Model*

Pada perhitungan untuk *box model*, total emisi pada wilayah permukiman berasal dari emisi total CO₂ primer penjumlahan emisi bahan bakar. Sedangkan untuk transportasi dihitung berasal bahan bakar yang digunakan kendaraan. Untuk data industri berasal dari CO₂ primer bahan bakar industri.

Hubungan antara sumber Emisi dengan Potensi Penyerapan (*Box Model*) disini akan dihitung dari total emisi karbon yang dihasilkan dari sektor permukiman, persampahan, perindustrian, transportasi dan industri. Sehingga penyerapan emisi karbon dapat digambarkan dengan menggunakan *box model*. Perhitungan *box model* menggunakan persamaan (2.1) maka berikut adalah perhitungan visualisasi *box model*.

4.1.3.1 Emisi CO₂ Total

Emisi CO₂ total ini dihitung dari penjumlahan seluruh emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan permukiman, persampahan, transportasi dan industri di Kota Malang. Berikut adalah contoh perhitungan emisi total CO₂ pada Kecamatan Blimbing .

Emisi CO₂ total di Kecamatan Blimbing

Emisi CO ₂ kegiatan pemukiman	= 2992,92
Emisi CO ₂ kegiatan persampahan	= 1.749,1
Emisi CO ₂ kegiatan transportasi	= 15888,5
Emisi CO ₂ kegiatan industri	= 708,6
Perhitungan	:
Emisi CO ₂ total	= Emisi CO ₂ permukiman + persampahan+ transportasi + industri = 2992,92+ + 1.749,1+15888,5+708,6 = 21339 CO ₂ (kg/jam)

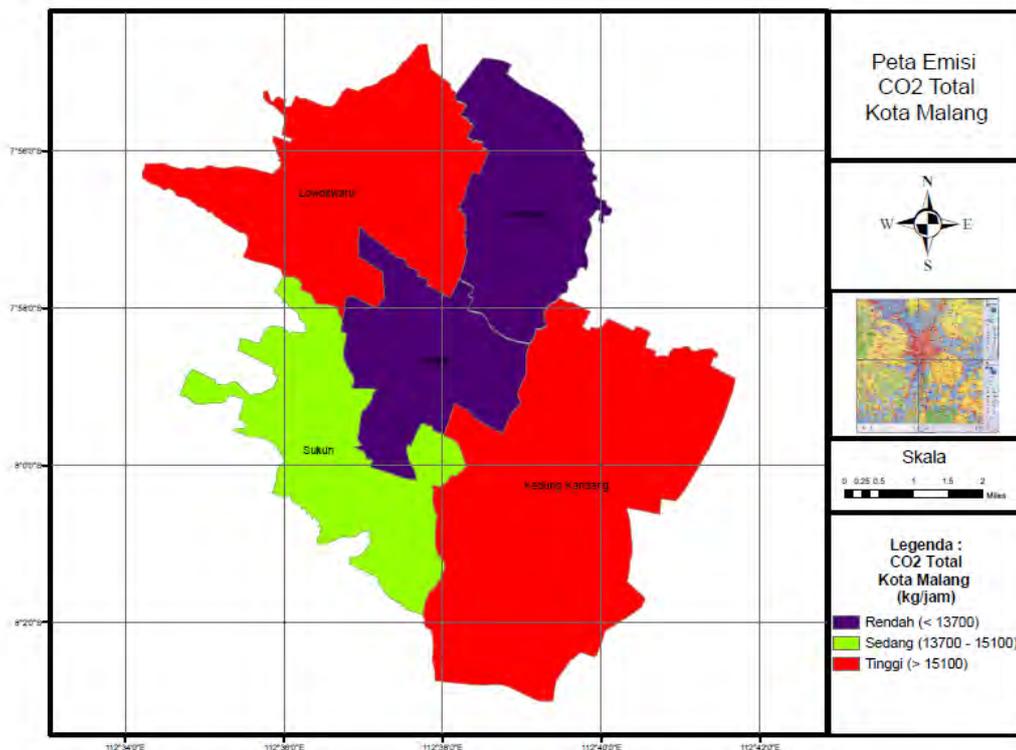
Hasil perhitungan emisi CO₂ total per kecamatan dan per sektor di Kota Malang sebagaimana pada Tabel 4.33

Tabel 4.33 Jumlah Emisi CO₂ Total di Kota Malang

No	Kecamatan	emisi CO ₂ (kg/jam)				Total
		Transportasi	Permukiman	Persampahan	Industri	
1	Kedungkandang	15.888,5	2.992,92	0	708,6	19.590
2	Sukun	10.602,6	1.812,5	2.918.139,2	1.646,4	2.932.201
3	Klojen	5.253,0	3.389,9	0	2.592,0	11.236
4	Blimbing	7.956,8	3.071,0	0	739,4	11.767
5	Lowokwaru	13.246,6	2.995,9	0	684,9	16.927
	Jumlah	52.947,5	1.4262,2	2.918.139,2	6.372,3	2.991.721

Sumber : Hasil Perhitungan

Sehingga Jumlah Emisi CO₂ total di Kota Malang dapat digambarkan pada peta Gambar 4.11. Kecamatan Kedungkandang lebih banyak menghasilkan emisi dibandingkan dengan kecamatan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa untuk transportasi di Kecamatan Kedungkandang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa kecamatan yang lain. Tidak hanya itu Kecamatan Kedungkandang kepadatannya lebih tinggi sehingga emisi yang berasal dari permukiman juga penghasil emisi.



Gambar 4.11 Peta Emisi CO₂ Total Kota Malang

Maka total emisi dari sektor transportasi, permukiman, dan industri yaitu 87821 CO₂ (kg/jam). Pada tabel dan gambar menunjukkan bahwa Lowokwaru menghasilkan emisi terbesar dibandingkan dengan Kecamatan yang lain. Hal ini terjadi juga dikarenakan Lowokwaru merupakan daerah yang kurang terdapat Ruang Terbuka Hijau dibandingkan Kedungkandang. Dalam peta yang berwarna merah menunjukkan bahwa Emisi total terbesar yang dihasilkan sangat tinggi dibandingkan dengan Kecamatan Klojen dan Kecamatan Blimbing yang menghasilkan emisi yang sangat rendah. Hal tersebut terjadi di Kecamatan tersebut tidak banyak terdapat industri dibandingkan dengan Kedungkandang an Lowokwaru.

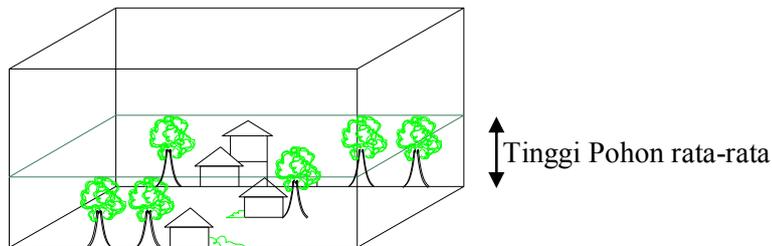
4.1.3.2 Emisi CO₂ Berdasarkan Metode Box Model

Emisi CO₂ yang dihasilkan di Kota Malang akan mengalami penyebaran ke udara bebas dengan pengaruh arah dan kecepatan angin.

Metode Box Model ini merupakan suatu metode yang dapat digunakan memperkirakan konsentrasi pemaparan emisi CO₂ tersebut ke udara dengan

memperhatikan lokasi sumber emisi terbesar, jarak pemaparan, waktu pemaparan,serta arah dan kecepatan angin di wilayah studi (Setiawan, 2013).

Berikut adalah gambaran untuk metode box model :



Gambar 4.12 *Box Model* dalam 1 Kota

Berdasarkan data dari BMKG Karangploso, Malang (2013), kecepatan angin rata-rata sepanjang tahun 2013 5,96 km/jam atau 1,66 m/detik dengan arah angin rata-rata Timur Laut. Dengan menggunakan persamaan 2.1 sampai 2.4, maka perhitungan nilai emisi dengan menggunakan metode Box Model yaitu sebagai berikut :

Contoh perhitungan :

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan Metode Box Model yaitu sebagai berikut :

1. Ketinggian pohon rata-rata disini digunakan sebagai batas ketinggian (H), sehingga untuk batas emisi yang berada di dalam box model. Sehingga H digunakan sebagai batasan atas ketinggian RTH publik dan privat dalam menyerap emisi.
2. Sifat dari polutan di Kota Malang stabil tidak ada polutan yang keluar dan masuk melalui dua sisi dengan arah angin.
3. Box ini merupakan suatu gambaran Kota Malang yang berada dalam box sehingga batasan dari luas wilayah Kota Malang (Tabel 2.2) yaitu $110,06 \text{ Km}^2 = 110.060.000 \text{ m}^2$
4. Kecepatan Angin di Kota Malang (U) konstan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin berdasarkan dari BMKG Karangploso kota Malang.

5. Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kecamatan terjauh (L) per kecepatan angin (U). Di mana sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Lowokwaru. Titik sumber emisi terbesar yang diambil adalah Kecamatan Lowokwaru dengan total emisi 24922 CO₂ kg/jam, Kemudian diukur jarak L ke batas Kabupaten dengan menggunakan Peta Kota Malang.

Langkah perhitungannya selanjutnya yaitu :

- Luas Wilayah Kota Malang = 110,06 Km² = 110.060.000 m²
- Lokasi sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Lowokwaru, hal ditetapkan berdasarkan data total emisi CO₂ per Kecamatan di Kota Malang (Tabel 4.30)
- L = 7,94 km = 7940 m
- H = 9,2 m
- Arah angin = Selatan
- U = 5,96 m/detik; dapat dilihat pada Tabel 2.1,
Nilai U yang diambil sesuai dengan arah angin dan di rata-rata nilainya
- Total emisi CO₂ primer = 87821 kg CO₂/jam = 24.394,722 g CO₂/detik
= 24.394.722 mg CO₂/detik

Selanjutnya sesuai dengan persamaan 2.1 sampai 2.4 berikut perhitungannya :

a. Waktu pemaparan (t)

$$t = \frac{L (m)}{U (m/detik)}$$

$$24.394.722 = \frac{7940 m}{5,96 m/detik}$$

$$= 1.332,2 \text{ detik}$$

$$q = \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ di Kota Malang}}{\text{Luas Kota Malang}}$$

$$= \frac{24.394.722 \text{ mg/detik}}{110.060.000 \text{ m}^2}$$

$$= 222 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^2/\text{detik}$$

Berdasarkan perhitungan q yaitu 222 x 10⁻³ mg/m²/detik untuk satu kecamatan.

Langkah selanjutnya menghitung nilai C(t) sesuai persamaan 2.1 .

$$\begin{aligned}
C(t) &= \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \\
&= \frac{0,222 (7940)}{5,96 (9,2)} \left(1 - e^{\frac{-5,96 \times 1332,2}{7940}}\right) \\
&= \frac{1762,68}{54,832} \left(1 - e^{\frac{-5,96 \times 1332,2}{7940}}\right) \\
&= 119,531 \text{ mg/m}^3
\end{aligned}$$

Setelah menghitung konsentrasi pencemar, selanjutnya di hitung emisi CO₂. Sebelumnya dihitung terlebih dahulu volume Kota Malang atau volume box dalam penelitian ini.

$$\begin{aligned}
V &= \text{Luas Kota Malang (m}^2\text{)} \times \text{Tinggi inversi (m)} \\
&= 110.060.000 \text{ m}^2 \times 9,2 \\
&= 1.012.552.000 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Diperoleh volume Kota Malang 1.012.552.000 m³. Selanjutnya dapat diperoleh massa CO₂ (mg).

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 &= C(t) \times \text{Volume box} \\
&= 119,531 \text{ mg/m}^3 \times 1.012.552.000 \text{ m}^3 \\
&= 1,210 \times 10^{11} \text{ mg.}
\end{aligned}$$

Dalam hal ini untuk mendapatkan besar emisi CO₂ (massa persatuan waktu) maka,

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 \text{ (mg/detik)} &= \frac{\text{Massa CO}_2 \text{ (mg)}}{t \text{ (detik)}} \\
&= \frac{(1,210 \times 10^{11} \text{ mg})}{(1332,2 \text{ detik})} \\
&= 90.850.737,96 \text{ mg/detik} \\
&= 9.085.073.796 \text{ g CO}_2 \text{ /detik}
\end{aligned}$$

Jarak pemaparan dari sumber pencemar. Sedangkan untuk emisi yang dihasilkan pada batas tinggi pohon, sehingga emisi yang sudah melewati pohon lepas ke udara. contoh diambil pada rata-rata tinggi pohon.

Dari perhitungan diatas, sehingga didapatkan Emisi CO₂ berdasarkan perhitungan dengan metode *Box Model* massa CO₂ sebesar 9.085.073.796 g CO₂/detik. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa total emisi pada setiap kecamatan digambarkan dalam satu Box model untuk Kota Malang. Sehingga dapat

diketahui bahwa beban emisi pada setiap titik di Kota Malang adalah sama. Dengan adanya perhitungan tersebut maka akan mempermudah dalam menentukan kemampuan daya serap CO₂ terhadap beban emisi CO₂ di Kota Malang. Dengan asumsi-asumsi yaitu :

- Digunakan ketinggian pohon rata-rata 10,3 m sebagai batas ketinggian (H),
- Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat tiap wilayah. Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin diperoleh dari BMKG Karangploso kota Malang.
- Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.
- Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- *Box* dalam penelitian ini sesuai dengan batas masing-masing kecamatan.
- Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kecamatan terjauh (L) per kecepatan angin (U). Dikarenakan tidak diketahui sumber terbesar emisi di masing-masing kecamatan, maka digunakan diagonal terjauh sesuai arah angin dominan (selatan) pada masing-masing kecamatan.

Tabulasi perhitungan box model masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.29. Nilai beban emisi masing-masing kecamatan tersebut kemudian dibandingkan dengan daya serap masing-masing kecamatan. Sehingga diketahui kecukupan

Sedangkan untuk perhitungan pada setiap Kecamatan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.34 Beban Emisi CO₂ di Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Luas Kecamatan (m ²)	L(m)	t (dt)	q (mg/m ² /dt)	C(t) (mg/m ³)	V (m ³)	Massa CO ₂ Per satuan Waktu (mg/dt)
1	Kedungkandang	39.890.000	5.560	932,9	0,00065	0,244931	36.698.8000	96.353,69
2	Sukun	20.970.000	6.980	1171,1	0,00155	0,734297	192.924.000	120.962
3	Klojen	8.830.000	4.590	770,1	0,00242	0,754092	81.236.000	79.543,79
4	Blimbing	17.770.000	7.940	1332,2	0,00208	1,121277	163.484.000	137.598,61
5	Lowokwaru	22.600.000	6.550	1098,9	0,00135	0,599976	207.920.000	113.510,19
	Jumlah	110.060.000	31.620	5305,4	0,00806	3,454573	1.012.552.000	547.968,27

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.4 Hubungan Antara Sumber Emisi dan Penyerapan

Dalam penelitian yang telah dilakukan dengan melalui pendekatan faktor luas tutupan (kanopi) atau luas tajuk dari tanaman. Sedangkan untuk data emisi yang dihasilkan pada setiap kecamatan diperoleh melalui emisi CO₂ yang berasal dari permukiman, persampahan, transportasi dan industri. Berdasarkan perhitungan Box Model beban emisi karbon (CO₂) yang harus ditanggung setiap wilayah di Kota Malang yaitu sebesar 9.085.073.796 g/detik (2,8669 x10¹¹ Ton CO₂/tahun). Besarnya resultan emisi diperoleh dari beban emisi dikurangi kemampuan serapan. Gambar pada Lampiran B adalah hasil pemetaan dari besarnya emisi di setiap kecamatan di Kota Malang. Kecamatan Lowokwaru menghasilkan emisi paling besar yaitu 24.922 kg CO₂/jam (218.462 Ton CO₂/tahun). Sedangkan kemampuan daya serap untuk Kecamatan Lowokwaru 13.843.163.522 kg CO₂/jam (1,21 Ton CO₂/tahun). Sehingga kemampuan daya serap Kecamatan Lowokwaru sangatlah kurang dibandingkan dengan Kecamatan Kedungkandang yang memiliki daya serap tertinggi diantara 5 Kecamatan di Kota Malang. Kedungkandang dapat menyerap sebesar 62.437.845.907 kg CO₂/hari (5,4 Ton CO₂/tahun). Untuk emisi yang dihasilkan sebesar 21.339 kg CO₂/hari (187.054 Ton CO₂/tahun). Sehingga Kedungkandang dapat mengurangi emisi yang terjadi. Hal tersebut terjadi dikarenakan daerah Kedungkandang lebih banyak memiliki Ruang Terbuka Hijau yang luas dibandingkan dengan Lowokwaru. Berikut perhitungan berdasarkan resultan emisi terhadap daya serap.

Tabel 4.35 Resultan Emisi dan Serapan

No.	Nama Kecamatan	Beban Emisi kg/jam	Daya Serap Emisi CO ₂ kg/jam	Resultan Emisi dan Serapan
1.	Kedungkandang	19.590	889,125	-18.774
2.	Klojen	11.236	627,3333333	-10.768
3.	Blimbing	11.767	537,375	-11.277
4.	Lowokwaru	16.927	566,9583333	-16.222
5.	Sukun	2.932.201	1038,416667	-2.810.026

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa Kecamatan Kedungkandang dapat menyerap emisi sebesar 72.261.164.706 kg CO₂/jam. Karena Kecamatan Kedungkandang memiliki Ruang Terbuka Hijau lebih banyak dibandingkan dengan Kecamatan Klojen. Dengan begitu meskipun Kecamatan Klojen paling rendah memiliki ruang terbuka hijau, tetap mencukupi dalam menyerap emisi yang ada. Sedangkan berdasarkan data Status Lingkungan Hidup tahun 2013 menyatakan bahwa Kecamatan Blimbing hanya memiliki ruang terbuka hijau publik 0,180 Ha, sedangkan untuk Kedungkandang dinyatakan tidak memiliki ruang terbuka hijau tetapi pada eksisting Kedungkandang memiliki Ruang Terbuka Hijau yang luas dibandingkan dengan Kecamatan yang lain. Tabel 2.3 yang menyatakan luas wilayah menurut penggunaan lahan, bahwa terdapat sisa lahan yang dapat digunakan sebagai ruang terbuka hijau, dimana berdasarkan total luas wilayah kota Malang yaitu 11.006 ha sedangkan hasil lahan yang terpakai yaitu 10.965,39 maka lahan yang tersisa sebesar 40,61. Lahan yang tersisa tersebut dapat dimanfaatkan untuk ruang terbuka hijau yang dapat mengurangi emisi pada masing-masing kecamatan.

4.2 Aspek Lingkungan

Perubahan iklim dan kenaikan temperatur udara secara global akibat Gas Rumah Kaca (GRK) adalah sebuah fenomena yang secara luas dimengerti dapat berpengaruh pada kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Gas Rumah Kaca antara lain terdiri dari CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆ dan uap air. Volume gas CO₂ di dalam GRK menempati urutan kedua setelah uap air. Gas CO₂ merupakan gas penyebab terpenting efek rumah kaca yang umumnya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil untuk transportasi, memasak, pembangkit listrik, industri, dll. Aktivitas peternakan, pertanian, kehutanan, dan perubahan tata guna lahan juga menjadi sumber lain dari GRK (Kurdi,2008).

Aktivitas manusia berkaitan erat dengan energi yang dapat bersumber dari apa saja. Makin banyak aktivitas yang dilakukan manusia makin besar jumlah energi yang dibutuhkan. Energi sangat berperan dalam kehidupan manusia. Penggunaan energi yang berlebihan mempunyai dampak negatif yaitu meningkatkan jumlah emisi CO₂. Menurut para ahli, emisi CO₂ yang berlebihan

dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Kejadian yang telah terasa saat ini adalah bergesernya siklus musim dan meningkatnya panas bumi (Kurdi,2008).

Dalam aspek lingkungan ini akibatnya dari kurangnya lahan Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang dalam menyerap emisi CO₂ yang terjadi. Sehingga dapat diketahui langkah yang dilakukan untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan tersebut. Cara penanggulangan meliputi proses adaptasi dan proses mitigasi dampak.

Pada dasarnya ada dua elemen utama yang dapat menurunkan CO₂ secara alami, yaitu penghijauan dan badan air seperti sungai atau danau. Penghijauan dapat berupa hutan kota, jalur hijau, taman kota, kebun dan halaman berfungsi sebagai salah satu langkah pengendalian pencemaran udara ambien. Tanam-tanaman akan menyerap CO₂ dalam proses photosynthesis. Sedangkan kolam air atau danau dan sungai dapat mengabsorpsi CO₂ dan berfungsi sebagai bak pencucian (sink) yang besar (Kurdi,2008).

Fungsi penghijauan di perumahan ditekankan sebagai penyerap CO₂, penghasil oksigen, penyerap polutan (logam berat, debu, belerang), peredam kebisingan, penahan angin dan peningkatan keindahan (PP RI No.63/2002). Adapun faktor faktor yang berpengaruh terhadap potensi reduksi zat pencemar dan adalah daerah hijau, jenis tanaman, kerimbunan dan ketinggian tanaman. Menurut Read (2001), penghijauan dunia dan tanah telah mampu menyerap sekitar 40% dari total CO₂ dari aktivitas manusia. Diperkirakan angka ini akan menurun drastis menjadi 25% pada tahun 2050 karena banyaknya praktek-praktek penyalahgunaan hutan dan pola bertani. Perkiraan kerugian yang harus ditanggung masyarakat Indonesia pada tahun 2070 akibat dampak perubahan iklim adalah 10 rupiah dari setiap 100 rupiah pendapatan penduduk Indonesia (Sari, 2001 *dalam* Kurdi, 2008).

Upaya Peningkatan Serapan Karbon oleh Ruang Terbuka Hijau

Analisis diatas telah diketahui bahwa kecukupan RTH Privat eksisting yang terdapat di wilayah permukiman daerah rumah sederhana belum mencukupi karena kurangnya luas lahan dari rumah tersebut. Sedangkan untuk rumah menengah dan mewah mencukupi untuk menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, sedangkan untuk memenuhi kebutuhan O₂ masih kurang mencukupi untuk

memenuhi kebutuhan manusia. Sehingga didapatkan solusi untuk meningkatkan kemampuan RTH Privat di dalam permukiman yaitu dengan cara :

1. Menambah jenis pohon pada area RTH privat permukiman

Menambah jenis pohon karena berdasarkan survey dilapangan menunjukkan bahwa banyak sekali yang menanam pohon mangga pada halaman rumah. Alasan dari rumah-rumah tersebut menanam pohon mangga dikarenakan pohon tersebut bisa berbuah dan lebih lama waktu hidupnya dan rindang. Sehingga adapaun upaya dapat dilakukan diharapkan dapat menambah jenis yang lain yang memiliki daya serap tinggi yang berdasarkan literatur yaitu Beringin , Jati , nangka , dan sirsak. Pohon-pohon tersebut cukup rindang dan berbuah sehingga dapat ditanam di lahan RTH privat permukiman . Berikut salah satu rumah di Kota Malang yang telah menanam pohon beringin di halaman rumah :



Gambar 4.13 Pohon Beringin di Rumah Menengah

2. Penerapan Indoor Garden

Indoor Garden yaitu adanya tanaman di dalam rumah, hal ini dapat diterapkan pada rumah yang memiliki halaman luas maupun yang hanya memiliki halaman yang sangat terbatas. Indoor Garden ini dapat diterapkan baik rumah sederhana, menengah dan mewah. Adanya indoor garden ini memiliki manfaat dan keuntungan . Keuntungan yang didapatkan dari taman dalam rumah adalah dapat meningkatkan keindahan alami dari dalam rumah, sedangkan manfaatnya yaitu menghasilkan udara bersih, meningkatkan kemampuan penyerapan emisi karbon serta dapat memproduksi oksigen. Dalam menerapkan indoor garden ini perlu

diperhatikan beberapa hal yaitu jenis bunga yang cocok untuk akan ditanam serta sifat dari tanaman tersebut butuh sinar matahari atau tidak memerlukan sinar matahari secara langsung, penyiraman serta perawatan tanaman juga harus diperhatikan. Jika tanaman memerlukan sinar matahari dapat dilakukan dengan meletakkan tanaman dekat dengan jendela atau dapat menggunakan atap transparan. Adapun contoh tanaman yang dapat digunakan dalam ruangan yaitu tanaman anthurium. Berikut adalah salah satu rumah di Kota Malang yang menerapkan indoor garden :



Gambar 4.14 Indoor Garden di Rumah Mewah di Kota Malang

Dalam perhitungan persentase penyerapan emisi CO₂ oleh pohon pelindung pada RTH eksisting menunjukkan bahwa RTH di tiap kecamatan masih perlu dioptimalkan dan dimaksimalkan, sehingga daya serap RTH terhadap emisi CO₂ ada dapat ditingkatkan. Adapun mitigasi yang dapat dilakukan dengan tiga skenario yang bertujuan meningkatkan daya serap emisi CO₂ oleh RTH, yakni:

Skenario 1

Skenario satu ini lebih memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan antara perdu dan pohon dengan proporsi masing-masing adalah 70% Pohon dan 30% Perdu. Dari Tabel 4.29 dapat dilihat bahwa untuk Kecamatan Lowokwaru dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 218.460,793 Ton CO₂/

tahun, sehingga berdasarkan literatur Tabel 2.5 menggunakan tutupan vegetasi perdu dengan laju serapan 55 Ton CO₂/ ha/tahun dan pohon dengan laju serapan 569,07 Ton CO₂/ha/tahun dapat membantu dalam penyerapan emisi CO₂. Tetapi skenario ini memiliki kelebihan maupun kelemahan. Untuk kelemahan skenario ini pertumbuhan pohon memerlukan waktu yang relatif lama sehingga dibutuhkan waktu untuk dapat menyerap secara maksimal. Sedangkan kelebihan dari skenario ini ada pohon dan semak yang saling melengkapi dapat menyerap emisi karbon yang ada.

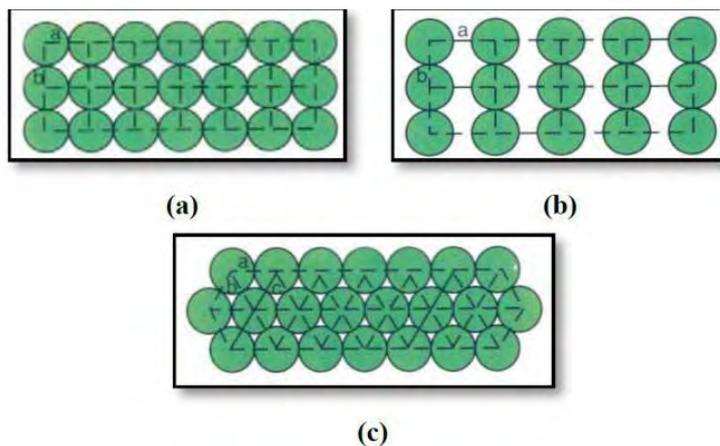
Skenario 2

Dengan cara lebih mengoptimalkan luas pohon pelindung dan kerimbunan pada RTH eksisting yang mengacu pada luas minimum tanaman hijau untuk RTH yang tercantum pada Perda di Kota Malang .

Sesuai dengan hasil survey pada penelitian di Kota Malang terdapat beberapa jenis RTH yakni taman kota, hutan kota, jalur hijau dan pemakaman. Ruang Terbuka Hijau tersebut tersebar di Kota Malang yang masing-masing kecamatan memiliki RTH publik tersebut. Berdasarkan penelitian terdahulu hutan kota Malang diketahui bahwa hutan kota Malang berbentuk bergerombol dan menumpuk dengan produksi oksigen tertinggi sebesar 7,8 ton berada pada hutan kota Malabar.

Untuk proporsi pohon pelindung lebih sedikit pada masing-masing RTH publik tersebut. Pada penelitian terdahulu dalam Adiantari (2010) pohon pelindung memiliki daya serap paling besar dibandingkan perdu dan semak.

Proporsi luas pohon pelindung minimum direncanakan mengacu pada persyaratan minimum luas lahan yang tertanami tumbuhan hijau pada Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007, bahwa Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan minimal 20% dari luas kawasan perkotaan. Selain itu disini adapun skenario yang direncanakan dengan cara menanam dan kerapatan diperhatikan juga berdasarkan literatur (Sesanti, dkk.2011) adapun cara menanam untuk ruang terbuka hijau publik yaitu :



Gambar 4.15 Tata Cara Penanaman Vegetasi Tegakan

Keterangan :

- (a) Cara penanaman persegi
- (b) Cara penanaman persegi panjang
- (c) Cara penanaman segitiga (silang)

Dalam penelitian terdahulu (Sesanti,dkk.2011) dijelaskan bahwa Secara horisontal, kerapatan vegetasi sangat berpengaruh terhadap besar/ kecilnya oksigen yang mampu dihasilkan oleh hutan kota. Semakin tinggi kerapatan vegetasi akan semakin tinggi pula produksi oksigennya. Selanjutnya tata cara penanaman segi tiga digunakan untuk mengembangkan vegetasi-vegetasi berupa tegakan pada hutan kota Malang dan mengestimasi peningkatan/penurunan produksi oksigen oleh vegetasi berupa tegakan pada masing-masing hutan kota.

Dari penelitian terdahulu dapat dibuat skenario dalam pola penanaman dengan tiga cara yaitu secara persegi, persegi panjang dan segitiga (silang). Selain itu tidak hanya pola penanaman tetapi juga kerapatan diperhatikan dari masing-masing vegetasi.

Sehingga dengan adanya skenario 1 dan 2 maka dari aspek lingkungan dapat menambah ruang terbuka hijau dengan berbagai jenis vegetasi yang dapat mereduksi emisi yang terjadi di Kota Malang. Berdasarkan skenario satu ini lebih memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan antara perdu dan pohon dengan proporsi masing-masing adalah 70% Pohon dan 30% Perdu. Pohon berdasarkan literatur dapat menyerap sebesar 569,07 ton CO₂/ha/tahun sedangkan perdu 55,00 ton CO₂/ha/tahun. Sedangkan skenario dua lebih menekankan cara

menanam dan kerapatan dari tanaman tersebut, semakin tinggi prosentase kerapatan maka akan semakin tinggi daya serap tanaman tersebut.

4.3 Aspek Ekonomi

Dalam aspek ekonomi dilakukan perhitungan secara ekonomi yang berkaitan dengan penambahan luasan Ruang Terbuka Hijau agar kemampuan serapan emisi CO₂ sesuai dengan skenario yang telah direncanakan. seberapa besar dana yang dibutuhkan dalam menanam tanaman yang dibutuhkan.

Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.35, kecamatan yang membutuhkan penambahan area RTH adalah Kecamatan Klojen dan . Sehingga perhitungan selanjutnya dilakukan pada 5 Kecamatan. Diasumsikan biaya perawatan di dua skenario adalah sama. Sehingga perhitungan finansial masing-masing skenario adalah sebagai berikut:

a. Skenario 1

Perhitungan menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam pada setiap Kecamatan yakni:

- Pohon Mangga ketinggian ± 1,5 m diameter 3 cm, area tanam pohon mangga adalah 15 m², diperlukan 400 batang per Ha.
- Perdu jenis Toga ketinggian ± 15 cm, area tanam 3 m², diperlukan 3.500 batang per Ha.

Perhitungan Finansial untuk skenario 1 pada tabel 4.37 sebagai berikut :

Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Kedungkandang	2,56	42.500	10.350	62.067.200	62.162.735
2	Sukun	1,96	42.500	10.350	47.520.200	47.615.735
3	Klojen	1,56	42.500	10.350	37.822.200	37.917.735
4	Blimbing	3,56	42.500	10.350	86.312.200	86.407.735
5	Lowokwaru	1,50	42.500	10.350	36.367.500	36.463.035
	Total					270.566.975

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan dua skenario dari aspek ekonomi, maka diperoleh kebutuhan biaya terendah adalah skenario satu, dengan penambahan luas RTH dengan komposisi 100% pohon dengan kebutuhan biaya sebesar Rp 106.727.675. Selanjutnya adalah skenario ke dua dengan komposisi 70% pohon dan 30% perdu kebutuhan biaya sebesar Rp 270.566.975.

b. Skenario 2

Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam.

- Pohon Angsana (cangkok) ketinggian \pm 1,5 m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m², diperlukan 400 batang per Ha.
- Perdu jenis Toga ketinggian \pm 15 cm, area tanam 3 m², diperlukan 3.500 batang per Ha.

Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.37

Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Kedungkandang	2,56	90.500	10.350	11.121.9200	111.314.735
2	Sukun	1,96	90.500	10.350	85.152.200	85.247.735
3	Klojen	1,56	90.500	10.350	67.774.200	67.869.735
4	Blimbing	3,56	90.500	10.350	154.664.200	15.475.9735
5	Lowokwaru	1,5	90.500	10.350	65.167.500	65.263.035
	Total					48.445.4975

Sumber: Hasil Perhitungan

Pemilihan skenario ini sebagai peningkatan luasan dan daya serap RTH di Kota Malang yang harus memenuhi dari segi aspek teknis, lingkungan dan ekonomi. Berdasarkan dua skenario yang telah dirancang, skenario pertama dapat dijadikan pertimbangan. Tetapi dua skenario ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Skenario pertama membutuhkan biaya investasi lebih rendah jika dibandingkan dengan skenario dua. Sedangkan skenario kedua membutuhkan penambahan luasan area yang lebih tinggi. Mengingat kondisi lahan di Kota Malang semakin berkurang maka alternatif untuk skenario satu lebih memungkinkan untuk dapat diterapkan di Kota Malang. Untuk disetiap Kecamatan

sangat diperlukan penambahan Ruang Terbuka Hijau. Karena semakin hari bangunan di Kota Malang semakin bertambah sehingga diperlukan are hijau untuk menambah oksigen untuk Kota Malang. Dengan adanya dua skenario tersebut untuk mempermudah dalam penyerapan emisi yang terjadi di Kota Malang dari sektor persampahan, permukiman, transportasi dan industri.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisa dan pembahasan antara lain:

1. Kecukupan RTH privat permukiman eksisting dalam menyerap emisi CO₂ berdasarkan perhitungan daya serap masih kurang .Untuk tipe rumah mewah, luasan RTH privat berdasarkan luasan, hanya 96% dari emisi total yang dapat diserap, rumah menengah sekitar 3 % sedangkan rumah sederhana hanya 1 %. RTH publik eksisting berdasarkan hitungan daya serap menyerap emisi CO₂ yang ideal masih kurang . Berdasarkan eksisting hanya mencapai 15% saja.
2. Dalam pemetaan telah digambarkan bahwa emisi terbesar dihasilkan di Kecamatan Kedungkandang 21.339 kg CO₂/hari (187.054 Ton CO₂/tahun) dan Lowokwaru 24.922 kg CO₂/jam (218.462 Ton CO₂/tahun). Hal tersebut terjadi dikarenakan sumber emisi banyak dihasilkan.
3. Dalam aspek teknis penyerapan emisi di Kota Malang sangatlah kurang karena ruang terbuka hijau di kota Malang eksisting hanya mencapai 15%. Sehingga belum memenuhi persyaratan 30% dari luas wilayah Kota Malang. Dari aspek ekonomi dipilih skenario ketiga lebih efektif dalam menyerap emisi yang dihasilkan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini selanjutnya , yaitu:

1. Penelitian lanjutan diharapkan merekomendasikan untuk luasan RTH privat yang sesuai untuk semua jenis rumah ditambahkan disetiap pemukiman.
2. Penelitian lanjutan mengenai daya serap untuk tiap jenis vegetasi dirasa perlu dilaksanakan. Dengan proses interpretasi yang lebih dalam diharapkan penelitian lanjutan dapat menghasilkan rekomendasi mengenai jenis-jenis vegetasi yang memiliki kemampuan tinggi dalam menghasilkan oksigen utamanya vegetasi yang sesuai dengan kondisi Kota Malang.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1988. *Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 Tahun 1988 Tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Di Wilayah Perkotaan.*
- Anonim. 2003 *Peraturan Daerah Kota Malang Nomor Tahun 2003 Tentang Pengelolaan Pertamanan Kota dan Dekorasi Kota.*
- Anonim. 2007. *Undang-undang Nomor 26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang*
- Anonim. 2007. *Peraturan Menteri Dalam Negeri No.1 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan. Jakarta*
- Anonim. 2008. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*
- Anonim. 2012. Buku II Metode Verifikasi Lapangan. Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat dan Sekolah Ilmu dan Hayati ITB. <http://dishut.jabarprov.go.id/data/arsip/BUKU%20II%20%28KIKPKL%29.pdf>. Diakses 29 Desember 2014
- Anonim. 2013 . http://bappeda.ntbprov.go.id/wpcontent/uploads/2013/09/Bab02_PengantarArcGIS10.pdf
- Anonim. 2014. *Ruang Terbuka Hijau Di Malang Semakin Menyusut.* <http://www.halomalang.com/news/ruang-hijau-di-malang-semakin-menyusut>. Diakses 15 Agustus 2014
- Aqualdo,Nobel, Eriyati dan Toti Indrawati. 2012. *Penyeimbangan Lingkungan Akibat Pencemaran Karbon Yang Ditimbulkan Industri Warung Internet Di Kota Pekanbaru .* Jurusan Ilmu Ekonomi Prodi Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi Universitas Riau. *Jurnal Ekonomi* Volume 20, Nomor 3
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2013. *Kota Malang dalam angka 2013 .* Kota Malang : BPS Jawa Timur
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2014. *Kota Malang dalam angka 2014 .* Kota Malang : BPS Jawa Timur

- Bahri Saiful, Darusman dan Syamaun A.Ali. 2012. *Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kota Banda Aceh. Green Open Space Needs Area in the City of Banda Aceh* . Fakultas Pertanian Unsyiah. Darussalam Banda Aceh
- C. Vidya Yohana. 2009. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis pada Perusahaan Federal Express sebagai Decision Support System*. Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Dahlan, EN. 1992. *Hutan Kota untuk Peningkatan Kualitas Lingkungan*. Jakarta : APHI.
- Dahlan, E. 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*. Disertasi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Departemen Arsitektur Lanskap IPB. 2005. *Ruang Terbuka Hijau Di Dalam: Makalah Lokakarya Pengembangan Sistem RTH di Perkotaan. Rangkaian Acara Hari Bakti Pekerja Umum ke-60 Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerja Umum; 30 Nov 2005*. Bogor: Laboratorium Perencanaan Departemen Arsitektur Lanskap.
- Damayanti. 2009. *Inventarisasi Arisasi Bahan Pustaka dan Pembuatan Laporan Pengembangan Koleksi. Mata Kuliah Akusisi*. http://File.Upi.Edu/Direktori/Fip/Prodi._Perpustakaan_Dan_Informasi/Damayanty/Akuisisi/Paper_Akuisisi/Inventarisasi_Makalah_2009.Pdf
- Ekawati Sulistya, Kirsfianti L. Ginoga, Ari Wibowo, Subarudi, Fentie Salaka, Yanto Rochmayanto, Zahrul Muttaqin Endang Savitri. 2012 *Laporan Hasil Penelitian Identifikasi Kegiatan-Kegiatan Yang Mengurangi Emisi Karbon Melalui Peningkatan Serapan Karbon Dan Stabilisasi Simpanan Karbon Hutan Di Indonesia (Identification Of Activities Within The Country That Results In Reduced Emissions By Increasing Carbon Removals And Stabilizing Forest Carbon Stocks)*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perubahan Iklim Dan Kebijakan (Puspijak) Dan Forest Carbon Partnership Facility (Fcpf) . Bogor.

- Fandeli. C, Kaharuddin dan Mukhlison. 2004. *Perhutanan Kota*. Jogjakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Feranti, Nurida S, P. Ocky, Dwi, Mirawati, Fifit, Umi, Lathifah, Fariz, Rifqi F., Annisa H.I., Riandita Dwi A, Dediarta B., 2009. Evaluasi Terhadap Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kawasan Kota Malang. Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Insitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Oswald, Patrick, Retno Astrini.2012. *Modul Pelatihan ArcGIS10*. GIZ- Decentralization as Contribution to Good Governance Bappeda Province NTB. <http://bappeda.ntbprov.go.id/data-dan-informasi/edukasi/module-arcgis-10-dasar/>
- GIS Konsorsium Aceh Nias. 2007. *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*. Staf Pemerintah Kota Banda Aceh.
- Grose, Margaret.J. 2009. *Changing relationships in public open space and private open space in suburbs in south-western Australia*. Landscape and Urban Planning. Vol 92, pp 53-63
- Guridno, Panji. 2013. *Makalah Ruang Terbuka Hijau Kota Malang*. Program Studi Pendidikan Geografi : Jurusan Pendidikan Ilmu Pengtahuan Sosial. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Hermana, J. 2003. Orasi Ilmiah : *Integrasi Ekoteknologi Dalam Program Perlindungan Lingkungan Udara Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hapsari, Chrismalia, Susi Agustina Wilujeng.-. *Studi Emisi Karbondioksida (CO₂) Dan Metana (CH₄) Dari Kegiatan Reduksi Sampah Diwilayah Surabaya Bagian Selatan*. Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November, Kampus ITS- Sukolilo: Surabaya.
- Kurdi, Siti Zubaidah. 2008. *Pengaruh Emisi CO₂ Dari Sektor Perumahan Perkotaan Terhadap Kualitas Lingkungan Global*. Pusat Litbang Permukiman: Bandung. Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2 Juli 2008 hal 106-114 dan hal.137-150

- Pentury, Thomas. 2003. *Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO2 Pada Tanaman Hutan Kota*. Disertasi Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Putra, Erwin Hardika. 2012. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Pendekatan Kebutuhan Oksigen Menggunakan Citra Satelit Eo-1 Ali (Earth Observer-1 Advanced Land Imager) Di Kota Manado Green Space Analysis Based On Oxygen Demands Using the EO-1 ALI (Earth Observer-1 Advanced Land Imager) in Manado City*. Info BPK Manado Volume 2 No 1, Juni 2012
- Putri, Anindita Ade. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO2 Dan Memenuhi Kebutuhan O2 Di Surabaya Selatan, Studi Kasus Di Kecamatan Wonocolo, Surabaya Selatan*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Pratiwi, Siti Rahmatia. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Utara (Studi Kasus : Kecamatan Kenjeran)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Prasetyo, Anugrah Teguh. *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau (Rth) Terhadap Iklim Mikro Di Kota Pasuruan (The influence of Green open Space to The Micro Climate in Pasuruan City)*. Jurusan Geografi, Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang
- Rahmi, Julia. 2009. *Hubungan Kerapatan Tajuk dan Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisis Citra Satelit dan Sistem Informasi Geografis Di Taman Nasional Gunung Leuser*. Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Razak, A. 2010 *Kajian Yuridis Carbon Trade dalam Penyelesaian Efek Rumah Kaca*. Makalah Etika dan Kebijakan Perudangan Lingkungan Yogyakarta : Program Pasca Sarjana / S2 - Program Studi Manajemen Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

- Rizkatania, 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi Co₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Manusia Di Surabaya Pusat (Studi Kasus: Kecamatan Tegalsari)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Simonds, J.O. 1983. *Landscap Architecture*. Mc Graw-Hill, Inc United States of America. 331 p
- Sesanti Niti, Eddi Basuki Kurniawan, Mustika Anggraeni. 2011. *Optimasi Hutan Sebagai Penghasil Oksigen Kota Malang*. Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jurnal Tata Kota dan Daerah Volume 3, Nomor 1, Juli 2011
- Sugiyono, Agus. 2006. *Penanggulangan Pemanasan Global di Sektor Pengguna Energi*. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 7, No. 2, 2006 : 15-19
- Syamdermawan, Wega, Surjono, Eddi Basuki Kurniawan. 2012. *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Kualitas Lingkungan Pada Perumahan Menengah Atas*. Teknologi Dan Kejuruan, Vol. 35, No. 1, Pebruari 2012:8192
- Sunarto, Sudharto P. Hadi, Purwanto. *Pengolahan Sampah Di TPS Tlogomas Malang untuk Mereduksi Jejak Karbon Solid Waste Processing at TPS Tlogomas Malang to Reduce Carbon Footprint*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013 . hal 107
- Tinambunan R. S. 2006. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Peka Baru*. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari, Agustiah. 2014. *Kajian Potensi Pemakaman sebagai Ruang Terbuka Hijau Perkotaan Studi Kasus: TPU Kota Pontianak*. Wulandari. “Potensi Pemakaman sebagai RTH Perkotaan. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Tanjungan , Indonesia. Langkau Betang, Vol. 1/No. 2/2014

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN A
KUISIONER

LAMPIRAN A (KUISONER)

Kode/No.	
Kelurahan	
Alamat	
Nama Responden	
Jumlah Penghuni	
Luas Tanah (m ²)	
Pekerjaan	
Pendapatan/bulan	
< 5 jt	> 5 jt

Perdu		
r ₁ (m)	r ₂ (m)	Kerapatan (%)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Pohon					
Jenis	r ₁ (m)	r ₂ (m)	Kerapatan (%)	H (m)	H Tajuk (m)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Keterangan:

r₁ = Diameter tajuk 1

r₂ = Diameter tajuk 2

LAMPIRAN B
DATA HASIL SURVEY RTH PRIVAT

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT)

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)							
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)											
1	r	5	63	-	-	4,14	1,76	7,286	75%	5,465	Mangga	2,18	1,12	2,137	50%	1,069	6,533	-	4,48	2,82							
2	r	2	21	-	-	3,24	0,80	2,592	90%	2,333	1. Keres	2,42	1,98	3,799	70%	2,660	6,189	-	1,72	-							
											2. Belimbing	1,65	1,42	1,850	55%	1,017			2,76	-							
											3. Jambu Air	0,50	0,85	0,358	50%	0,179			3,37	-							
											Total LT (m2)								3,856								
3	r	4	20	-	-	3,22	0,60	1,932	80%	1,546	1. Mangga	3,25	2,47	6,421	97%	6,228	16,354	Perdu di bawah pohon	5,68	2,33							
						3,38	0,80	2,704	90%	2,434	2. Palembang	2,86	3,19	7,183	60%	4,310			2,21	-							
						0,80	-	2,296	80%	1,837	Total LT (m2)								10,538								
						Total LT (m2)						5,816															
4	r	7	32	-	-	0,84	2,10	1,764	99%	1,746	Mangga	3,21	2,65	6,739	95%	6,402	8,624	-	6,32	2,58							
						0,80	0,60	0,480	99%	0,475											Total LT (m2)						2,222
						Total LT (m2)															2,222						
5	r	5	84	-	-	4,10	1,20	4,920	80%	3,936	1. Belimbing	3,15	2,50	6,265	60%	3,759	15,311	-	2,47	-							
						4,37	1,30	5,681	85%	4,829	2. Mangga	2,13	3,20	5,575	50%	2,788			7,18	3,56							
						Total LT (m2)						8,765	Total LT (m2)						6,546								
6	r	4	75	-	-	-	-	-	-	-	Belimbing	1,25	3,14	3,782	98%	3,707	3,707	-	4,02	-							
7	r	3	75	-	-	0,80	2,27	1,816	99%	1,798	-	-	-	-	-	1,798	-	-	-								
8	r	3	75	1	0,36	-	-	0,102	85%	0,086	-	-	-	-	-	-	1,626	-	-	-							
					1	0,76	-	-	0,453	85%											0,385						
					1	1,40	-	-	1,539	75%											1,154						
					Total LT (m2)																1,626						
9	t	5	65	-	-	0,70	3,97	2,779	85%	2,362	Mangga	2,13	0,93	1,8376065	75%	1,378	4,244	-	4,76	1,95							
						0,90	0,70	0,630	80%	0,504											Total LT (m2)						2,866
						Total LT (m2)															2,866						
10	r	4	65	2	0,22	-	-	0,076	90%	0,068	-	-	-	-	-	-	0,824	-	-	-							
					1	0,15	-	-	0,018	80%											0,014						
					1	0,70	-	-	0,385	90%											0,346						
					2	0,27	-	-	0,114	85%											0,097						
					1	0,22	-	-	0,038	90%											0,034						
					1	0,29	-	-	0,066	85%											0,056						
					1	0,26	-	-	0,053	85%											0,045						
					1	0,22	-	-	0,038	85%											0,032						
					1	0,43	-	-	0,145	90%											0,131						
Total LT (m2)						0,824																					
11	r	5	48	7	0,30	-	-	0,495	85%	0,420	Jambu biji	3,51	1,22	4,39	70%	3,073	3,541	-	2,77	-							
					2	0,20	-	-	0,063	75%											0,047						
					Total LT (m2)																0,467						

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)							
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)											
1	r	5	63	-	-	4,14	1,76	7,286	75%	5,465	Mangga	2,18	1,12	2,137	50%	1,069	6,533	-	4,48	2,82							
2	r	2	21	-	-	3,24	0,80	2,592	90%	2,333	1. Keres	2,42	1,98	3,799	70%	2,660	6,189	-	1,72	-							
											2. Belimbing	1,65	1,42	1,850	55%	1,017			2,76	-							
											3. Jambu Air	0,50	0,85	0,358	50%	0,179			3,37	-							
											Total LT (m2)								3,856								
3	r	4	20	-	-	3,22	0,60	1,932	80%	1,546	1. Mangga	3,25	2,47	6,421	97%	6,228	16,354	Perdu di bawah pohon	5,68	2,33							
						3,38	0,80	2,704	90%	2,434	2. Palembang	2,86	3,19	7,183	60%	4,310			2,21	-							
						0,80	2,296	80%	1,837	Total LT (m2)						10,538											
						Total LT (m2)						5,816															
4	r	7	32	-	-	0,84	2,10	1,764	99%	1,746	Mangga	3,21	2,65	6,739	95%	6,402	8,624	-	6,32	2,58							
						0,80	0,60	0,480	99%	0,475											Total LT (m2)						2,222
						Total LT (m2)															3,936						
5	r	5	84	-	-	4,10	1,20	4,920	80%	3,936	1. Belimbing	3,15	2,50	6,265	60%	3,759	15,311	-	2,47	-							
						4,37	1,30	5,681	85%	4,829	2. Mangga	2,13	3,20	5,575	50%	2,788			7,18	3,56							
						Total LT (m2)						8,765	Total LT (m2)						6,546								
6	r	4	75	-	-	-	-	-	-	-	Belimbing	1,25	3,14	3,782	98%	3,707	3,707	-	4,02	-							
7	r	3	75	-	-	0,80	2,27	1,816	99%	1,798	-	-	-	-	-	1,798	-	-	-								
8	r	3	75	1	0,36	-	-	0,102	85%	0,086	-	-	-	-	-	-	1,626	-	-	-							
					1	0,76	-	-	0,453	85%											0,385						
					1	1,40	-	-	1,539	75%											1,154						
					Total LT (m2)																1,626						
9	t	5	65	-	-	0,70	3,97	2,779	85%	2,362	Mangga	2,13	0,93	1,8376065	75%	1,378	4,244	-	4,76	1,95							
						0,90	0,70	0,630	80%	0,504											Total LT (m2)						2,866
						Total LT (m2)															0,068						
10	r	4	65	2	0,22	-	-	0,076	90%	0,068	-	-	-	-	-	-	0,824	-	-	-							
					1	0,15	-	-	0,018	80%											0,014						
					1	0,70	-	-	0,385	90%											0,346						
					2	0,27	-	-	0,114	85%											0,097						
					1	0,22	-	-	0,038	90%											0,034						
					1	0,29	-	-	0,066	85%											0,056						
					1	0,26	-	-	0,053	85%											0,045						
					1	0,22	-	-	0,038	85%											0,032						
					1	0,43	-	-	0,145	90%											0,131						
					Total LT (m2)																0,824						
11	r	5	48	7	0,30	-	-	0,495	85%	0,420	Jambu biji	3,51	1,22	4,39	70%	3,073	3,541	-	2,77	-							
					2	0,20	-	-	0,063	75%											0,047						
					Total LT (m2)																0,467						

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m ²)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m ²)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)	
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m ²)	Kerapatan	LT (m ²)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m ²)	Kerapatan	LT (m ²)					
12	r	3	56	-	-	2,50	1,00	2,500	80%	2,000	1. Mangga 1	0,60	0,95	0,471	85%	0,401	8,938	-	4,29	1,06	
				-	-	1,50	1,25	1,875	80%	1,500	2. Mangga 2	3,09	2,30	5,701	80%	4,561			5,84	3,63	
				-	-	0,80	0,70	0,560	85%	0,476	Total LT (m ²)								4,962		
				Total LT (m ²)							3,976										
13	t	4	50	-	-	1,50	0,64	0,960	85%	0,816	-	-	-	-	-	0,816	-	-	-		
14	r	6	45	-	-	-	-	-	-	-	Mangga	3,80	1,88	6,331	98%	6,205	6,205	-	5,92	1,67	
15	r	5	60	-	-	2,00	2,50	5,000	85%	4,250	Jambu Air	4,01	5,13	16,395	75%	12,296	16,546	-	4,12	-	
16	r	3	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-		
17	r	4	65	-	-	3,44	2,32	7,981	70%	5,587	1. Mangga 1	1,82	3,26	5,065	70%	3,545	12,179	-	4,60	2,18	
				-	-	-	-	-	-	2. Mangga 2	2,52	2,03	4,063	75%	3,047	6,14			3,32		
				Total LT (m ²)						6,592											
18	r	2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-		
19	r	4	40	-	-	0,70	0,85	0,595	90%	0,536	-	-	-	-	-	-	2,385	-	-	-	
				-	-	1,23	0,70	0,861	80%	0,689											
				-	-	1,95	0,70	1,365	85%	1,160											
				Total LT (m ²)						2,385											
20	r	3	52	17	0,20	-	-	0,534	80%	0,427	Palem	1,27	0,90	0,924	60%	0,554	0,982	-	1,83	-	
21	t	4	64	-	-	-	-	-	-	-	1. Jambu air	2,52	2,67	5,286	80%	4,229	5,522	-	3,39	-	
				-	-	-	-	-	-	2. Palem	2,92	1,05	3,093	30%	0,928	2,47			-		
				-	-	-	-	-	-	3. Belimbing	1,57	1,48	1,826	20%	0,365	1,94			-		
				Total LT (m ²)						5,522											
22	r	3	105	-	-	-	-	-	-	-	Mangga	3,73	1,62	5,617	80%	4,494	4,494	-	5,63	3,93	
23	r	5	100	-	-	-	-	-	-	-	Palem	1,38	1,06	1,168	75%	0,876	0,876	-	1,39	-	
24	r	2	120	-	-	1,50	0,38	0,570	85%	0,485	-	-	-	-	-	0,485	-	-	-		
25	r	5	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	-	-	-		
26	r	2	65	-	-	3,44	2,32	7,981	70%	5,587	1. Mangga 1	1,82	3,26	5,065	70%	3,545	12,179	-	4,60	2,18	
				-	-	-	-	-	-	2. Mangga 2	2,52	2,03	4,063	75%	3,047	6,14			3,32		
				Total LT (m ²)						6,592											
27	r	5	50	-	-	3,22	0,60	1,932	80%	1,546	1. Mangga	3,25	2,47	6,421	97%	6,228	14,518	-	3,6	2,5	
				-	-	3,38	0,80	2,704	90%	2,434	2. Palem	2,86	3,19	7,183	60%	4,310			4,6		
				Total LT (m ²)						3,979	Total LT (m ²)								10,538		

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu						Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)	
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan					LT (m2)
28	r	4	75	-	-	0,84	2,31	1,940	90%	1,746	1. Belimbing	1,22	1,54	1,495	70%	1,046	7,619	-	1,84	-
						0,91	2,14	1,947	90%	1,753	2. Mangga	2,31	2,26	4,099	75%	3,074			6,35	3,34
						Total LT (m2)				3,499	Total LT (m2)				4,120					
29	r	4	60	-	-	6,04	1,18	7,127	98%	6,985	-	-	-	-	-	-	6,985	-	-	-
30	r	3	55	-	-	4,32	1,68	7,258	85%	6,169	Jambu air	2,17	2,53	4,335	80%	3,468	9,637	-	3,32	-
31	r	5	45																	
32	r	5	70	-	-	2,14	1,76	3,766	70%	2,636	Mangga	1,18	1,10	1,020	60%	0,612	3,249	-	4,48	2,82
33	r	4	32	-	-	1,50	0,38	0,570	85%	0,485	-	-	-	-	-	-	0,485	-	-	-
34	r	4	65	-	-	1,84	0,52	0,957	90%	0,861	-	-	-	-	-	-	0,861	-	-	-
35	r	2	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
36	r	2	50	-	-	0,40	0,75	0,300	75%	0,225	1. Mangga	3,38	2,84	7,593	60%	4,556	8,138	-	5,27	2,39
											2. Sawo	1,86	2,50	3,731	90%	3,358			3,40	-
											Total LT (m2)				7,913					
37	r	5	55	-	-	1,07	0,58	0,6206	60%	0,37236	Sawo	1,23	1,12	1,021	70%	0,7147	1,087	-	3,6	2,05
38	r	3	70	-	-	1,14	1,76	2,006	55%	1,104	Mangga	2,18	1,12	2,137	50%	1,069	2,172	-	3,48	2,82
39	r	4	45	-	-	-	-	-	-	-	Palem	3,50	2,25	6,489	65%	4,218	4,218	-	4,30	-
40	r	3	50	-	-	2,56	1,56	3,994	60%	2,396	Palem	2,34	1,16	2,404	50%	1,202	3,598	-	3,48	2,82
41	r	4	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
42	r	5	40	-	-	2,44	1,32	3,221	80%	2,577	1. Mangga 1	2,2	3,2	5,723	70%	4,006	9,656	-	4,60	2,18
											2. Mangga 2	2,5	2,07	4,099	75%	3,074			6,14	3,32
											Total LT (m2)				7,080					
43	r	5	32	-	-	0,00	0,00	0,000	70%	0,000	Palem	0,00	0,00	0,000	50%	0,000	0,000	-	3,48	2,82
44	r	4	50	-	-	0	0	0,000	90%	0,000	-	-	-	-	-	-	0,000	-	-	-
45	r	3	50	-	-	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	1. Mangga	0	0	0,000	0%	0,000	0,000	-	3,6	2,5
46	r	3	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
47	r	3	55	-	-	0,00	0,00	0,000	75%	0,000	Mangga	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	0,000	-	4,48	2,82
48	r	5	55	-	-	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	Mangga	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	0,000	-	4,48	2,82
49	r	3	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
Total			1554											Total	212,579					
Rata-rata			62											Rata-rata	4,338					
												Total Rumah Sederhana	133075,000							
												Total RTH Rumah Sederhana	577324,650							
												Rata-rata RTH Rumah Sederhana	4,338							

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) *Lanjutan*

Tipe Rumah Menengah

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)									
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)													
1	r	2	324	2	-	0,40	0,75	0,300	75%	0,225	1. Sawo	1,86	2,50	3,731	90%	3,358	4,459	-	1,5	-									
											2. Palembang	1,38	1,06	1,168	75%	0,876			-	1,39	-								
											Total LT (m2)					4,234			-	-	-								
2	r	7	700	16	1,50	1,40	1,75	2,450	80%	1,960	1. Mangga	2,12	1,5	2,572	85%	2,186	13,910	-	5,43	2,07									
											2. Mangga 2	2,32	1,42	2,745	90%	2,471			2,54	4,3									
											3. Belimbing	1,5	1,23	1,463	75%	1,097													
											4. Belimbing 2	3,15	2,1	5,409	70%	3,786													
											5. Cemara																		
											Total LT (m2)																		
3	r	5	324	25	0,30	-	-	1,766	80%	1,413	1. Mangga	2,71	3,23	6,924	60%	4,155	13,910	-	4,24	2,01									
				15	0,20	-	-	0,471	80%	0,377	2. Mangga 2	2,52	3,21	6,443	60%	3,866			3,79	2,16									
				45	0,20	-	-	1,413	80%	1,130	3. Belimbing	1,63	2,35	3,109	70%	2,176			2,89	-									
				11	0,35	-	-	1,058	75%	0,793	Total LT (m2)					10,197													
				Total LT (m2)					3,714																				
4	r	6	324	-	-	2,58	1,76	4,541	95%	4,314	1. Mangga 1	3,78	3,22	9,616	70%	6,731	18,897	-	7,34	1,92									
											2. Mangga 2	4,11	3,45	11,216	70%	7,851			5,47	2,17									
											Total LT (m2)					14,583													
5	r	4	324	-	-	0,80	2,76	2,208	95%	2,098	Cemara	1,10	0,80	0,708	0,99	0,701	7,072	-	2,37	1,21									
																					Total LT (m2)					6,371			
																							0,30	0,38	0,114	85%	0,097	1. Jeruk	2,70
6	r	2	210	-	-	6,27	1,56	9,781	90%	8,803	2. Mangga	3,12	2,75	6,762	50%	3,381	20,331	-	3,18	3,5									
											3. Jambu Biji	3,16	2,58	6,466	55%	3,556			2,29	-									
											Total LT (m2)					8,900													
											Total LT (m2)					11,431													
													6,27	1,56	9,781	90%			8,803	1. Jambu Biji	3,50	3,23	8,889	70%	6,222	4,18	-		
7	r	7	300	-	-	2,12	1,15	2,438	80%	1,950	2. Palembang 1	2,12	2,73	4,616	60%	2,770	11,413	-	2,30	-									
											3. Palembang 2	0,80	1,20	0,785	60%	0,471			1,94	-									
											Total LT (m2)					9,463													
											Total LT (m2)					0,000													
8	t	4	200	-	-	0,80	6,61	5,288	90%	4,759				0,000	0,000	-	-												
														0,000	0,000														
											Total LT (m2)							9,912											
											Total LT (m2)							0,000											
											Total LT (m2)							0,000											
9	r	6	205	-	-	0,80	2,76	2,208	95%	2,098	Cemara	1,10	0,80	0,708	0,99	0,701	7,072	-	2,37	1,21									
																							3,78	1,19	4,498	95%	4,273		
																					Total LT (m2)					6,371			

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Menengah

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)							
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)											
10	t	2	200	-	-	2,30	4,42	10,166	0,98	9,963	1. Cemara	2,14	3,04	5,266	98%	5,161	28,313	-	3,46	-							
											2. Palembang	3,17	3,24	8,064	98%	7,902			2,89	-							
											3. Pinang	2,86	2,77	6,221	85%	5,287			5,13	-							
											Total LT (m2)					18,350											
11	r	5	98	-	-	-	-	-	-	-	1. Mangga	1,07	1,06	0,890	80%	0,712	3,708	-	6,74	3,52							
											2. Pinang	2,52	2,15	4,280	70%	2,996			3,65	-							
											Total LT (m2)					3,708											
12	r	3	130	-	-	1,50	0,60	0,900	80%	0,720	-	-	-	-	-	2,115	-	-	-								
						3,10	0,60	1,860	75%	1,395										Total LT (m2)					2,115		
13	r	4	98	-	-	-	-	-	-	-	Mangga	3,90	4,18	12,812	60%	7,687	7,687	-	4,62	2,12							
14	r	2	98	1	0,40	-	-	0,126	90%	0,113	1. Mangga	2,56	3,12	6,331	70%	4,432	8,822	-	5,97	1,90							
											2. Belimbing	3,15	2,43	6,111	70%	4,277			2,40	-							
											Total LT (m2)					8,709											
15	t	5	120	6	2,03	-	-	19,409	80%	15,528	1. Palembang 1	2,52	3,12	6,243	50%	3,121	23,544	-	2,84	-							
											6	0,40	-	-	0,754	85%			0,641	2. Palembang 2	2,56	2,94	5,937	60%	3,562	2,21	-
											Total LT (m2)					16,168			3. Palembang 3	1,08	1,25	1,065	65%	0,693	1,43	-	
											Total LT (m2)					7,376											
Total		3655														157,345											
Rata-Rata		243,666667														10,490											
																95127											
																997848,896											
																10,490											

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Mewah

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)				
1	t	5	300	-	-	12,56	10,34	129,870	90%	116,883	3. Mangga	5,16	3,95	16,287	90%	14,658	185,672		5,49	5,67
											4. Kelapa 1	3,04	8,67	26,911	75%	20,183			4,62	3,45
											5. Kelapa 2	3,63	5,67	16,974	85%	14,428			6,42	5,67
											6. Kelapa 3	3,03	8,89	27,884	70%	19,519			2,67	-
											Jenis								68,788	
2	t	4	760	12	3,040	15,56	12,25	190,610	90%	171,549	1. Kayu Putih	2,5	2,64	5,185	70%	3,629	200,390		2,62	
											2. Beringin	1,5	2,18	2,658	90%	2,392			2,53	-
											3. Palembang	2,75	3,56	7,814	65%	5,079			3,76	-
											4. Palembang 2	5,07	5,56	22,176	80%	17,741			3,34	-
											5. Trembesi	3,23	2,13	5,638	75%	4,229			5,06	
	Total LT (m2)						28,841													
	t	2	210	-	-	16,67	14,36	239,381	95%	227,412	1. Mangga 1	4,31	3,80	12,908	70%	9,035	250,764		5,43	5,43
											2. Mangga 2	4,18	3,34	11,098	90%	9,988			6,53	5,67
											3. Palembang	3,06	1,89	4,809	90%	4,328			4,36	2,06
																0,000			1,82	-
5. Trembesi											23,351									
Total RTH Mewah												636,825								
Rata-rata RTH Mewah												318,412								
Total Rumah Mewah Dispenda												28446								
Total RTH Mewah												9057561,259								
Rata-rata RTH Mewah												318,412								

Sumber: Hasil survei dan perhitungan

Keterangan:

Pendapatan r = rendah, t = tinggi

LT' = Luas tajuk sesuai kerapatannya

LAMPIRAN C
INVENTARISASI RUANG TERBUKA
HIJAU PUBLIK

Tabel 1 Lokasi Taman Kota Yang Dikelola Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang

No	Nama Taman/Lokasi	Luas (m ²)	Kondisi	Kelurahan
1	Taman Alun-Alun Merdeka	23.970	Terpelihara	Kidul Dalem
2	Taman Choiril Anwar	43	Terpelihara	Kidul Dalem
3	Taman Alun-alun Tugu	10.923	Terpelihara	Klojen
4	Taman Kertanegara	2.758	Terpelihara	Klojen
5	Taman Trunojoyo	5.840	Terpelihara	Klojen
6	Taman Ronggowarsito	3.305	Terpelihara	Klojen
7	Taman Jalur Tengah Ijen	10.681	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
8	Taman Adipura/Arjuno	395	Terpelihara	Kauman
9	Taman TGP	201	Terpelihara	Kauman
10	Taman Madyopuro	1.883	Terpelihara	Madyopuro
11	Taman Melati	210	Terpelihara	Gading Kasri
12	Taman Simpang Balapan	1.810	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
13	Taman Wilis	700	Terpelihara	Gading Kasri
14	Taman raya Langsep	8.650	Terpelihara	Pisang Candi
15	Taman Jalur Tengah Galunggung	770	Terpelihara	Gading Kasri
16	Taman Jalur Tengah Dieng	3.498	Terpelihara	Gading Kasri
17	Taman Jalur Tengah Veteran	9.410	Terpelihara	Penanggungan
18	Taman Sukarno Hatta	3.235	Terpelihara	Penanggungan
19	Taman Segitiga Pekalongan	85	Terpelihara	Penanggungan
20	Taman Bundaran Bandung	23	Terpelihara	Penanggungan
21	Taman Jakarta	2.221	Terpelihara	Penanggungan
22	Taman Jaksa Agung Suprpto	1.800	Terpelihara	Samaan
23	Taman Pangsud	1.812	Terpelihara	Klojen
24	Taman Borobudur	1.650	Terpelihara	Mojolangu
25	Taman Dr. Sutomo	453	Terpelihara	Klojen
26	Taman Kalimewek	950	Terpelihara	Balaearjoari
27	Taman Raden Intan	2.224	Terpelihara	Arjosari
28	Taman Kendedes	5.002	Terpelihara	Balaearjoari
29	Taman Sgtg. Arjosari	185	Terpelihara	Arjosari
30	Taman Toba	3.902	Terpelihara	Sawojajar
31	Taman Jonge	1.498	Terpelihara	Madyopuro
32	Taman Makan Sukun	112.5	Terpelihara	Sukun
33	Taman Median Basuki Rahmad	605.6	Terpelihara	Kauman

Lanjutan Tabel 1

34	Taman Median Raden Intan	58,8	Terpelihara	Balearjosari
35	Taman Median JA Suprpto	908	Terpelihara	Rampal Cekalet
36	Taman Singha Merjosari	10.966	Terpelihara	Merjosari
37	Taman Median Letjen Sutoyo	768,8	Terpelihara	Rampal Cekalet
38	Taman Median Letjen S.Parman	937,6	Terpelihara	Purwantoro dan Tulusrejo
39	Taman Median A Yani	264,0	Terpelihara	Mojolangu dan Purwantoro
40	Taman Dempo	2.475	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
41	Taman Merbabu	3.924	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
42	Taman Ungaran	639	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
43	Taman Cerme	1.825	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
44	Taman Terusan Dieng	1.954	Terpelihara	Pisang Candi
45	Taman Anggur	1,6	Terpelihara	Pisang Candi
46	Taman Agung	1.034	Terpelihara	Pisang Candi
47	Taman Sawo	206	Terpelihara	Bareng
48	Taman Simpang Kawi	187	Terpelihara	Bareng
49	Taman Slamet	4.714	Terpelihara	Gading Kasri
50	Taman Saparua	586	Terpelihara	Kasin
51	Taman Banda	341	Terpelihara	Kasin
52	Taman Sumba	587	Terpelihara	Kasin
53	Taman Bengkalis	167	Terpelihara	Kasin
54	Taman Riau	1.41	Terpelihara	Kasin
55	Taman Belitung	620	Terpelihara	Kasin
56	Taman Bund. Halmahera	54	Terpelihara	Kasin
57	Taman Ternate	156	Terpelihara	Kasin
58	Taman Sarangan	2.164	Terpelihara	Mojolangu
59	Taman Tata Surya	560	Terpelihara	Tlogomas
60	Taman Batu Permata	445	Terpelihara	Tlogomas
61	Taman Serayu	135	Terpelihara	Bunulrejo
62	Taman Cidurian	350	Terpelihara	Purwantoro
63	Taman Ciujung	160	Terpelihara	Purwantoro
64	Taman Cisadea	1.005	Terpelihara	Purwantoro

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 2 Hutan Kota di Kota Malang

No.	Nama Hutan Kota	Luas (Ha)
1.	HK. Malabar	1,682
2.	HK. Velodrom	1,25
3.	HK. Pandanwangi	0,14
4.	HK. Jakarta	1,19
5.	HK. Buper Hamid Rusdi	1,8
6.	HK. Kediri	0,548
7.	HK. Indragiri	0,25
8.	HK. Eks Pasar Madyopuro	0,12
9.	HK. Sulfat Agung	0,03
10.	HK. Lemdikcab Pramuka	0,1
11.	HK. TPS Sulfat	0,07
12.	HK. Taman Slamet	0,471
13.	HK. Buring	8
Jumlah		15,651

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 3 Jalur Hijau Kota Malang

No	Jalur Hijau	Lebar Jalan	Luas
1	Jl. Tlogo Mas (Malang	29,30	24515,896
2	Jl. Mayjend Haryono	9,00	11389,86
3	Jl. Sukarno-Hatta	57,20	106601,352
4	Jl. Borobudur	30,40	19488,528
5	Jl. A. Yani	11,00	30338,33
6	Jl. Kol Sugiono	8,00	10956,16
Jumlah			203290,126

Tabel 4 Persawahan di Kota Malang

Tanah Pertanian	Luas (ha)	Luas (m ²)
Kedungkandang	2596,138	25961380
Sukun	614,295	6142950
Blimbing	293,814	2938140
Lowokwaru	575,597	5755970
Klojen	0	0
Jumlah	4079,844	40798440

Sumber : Status Lingkungan Hidup, 2013

Tabel 5 Lokasi Pemakaman Umum Kota Malang

No.	Pemukaman Umum	Luas (m ²)	Lokasi Kelurahan
1	Makam Sukun/Nasrani	120000	Sukun
2	Makam Sukerejo	110674	Polehan
3	Makam Kasin	77452	Kasin
4	Makam Samaan	57829	Samaan
5	Makam Mergan	41465	Tanjungrejo
6	Makam Sukun Gang VII	16660	Sukun
7	Makam Ngujil	16843	Bunulrejo
8	Makam Mergosono	15570	Mergosono
9	Makam Gading	3903	Gadingkasri
	Jumlah		

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 6 Jumlah Rumah Tangga

No.	Kecamatan	Rumah Tangga
1.	Kedungkandang	57.625
2.	Sukun	58.161
3.	Klojen	34.159
4.	Blimbing	57.535
5.	Lowokwaru	49.167
	Jumlah	256,647

Sumber : Kota Malang dalam Angka, 2014

LAMPIRAN D
TABEL PERHITUNGAN DAYA SERAP
RTH TAMAN

Tabel 1 .Perhitungan Daya Serap RTH Taman di Kota Malang

No	Nama Taman/Lokasi	Luas (m ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	Taman Alun-Alun Merdeka	23.970	$2,783 \times 10^{-8}$	66.718	5.764.464
2	Taman Choiril Anwar	43	$2,783 \times 10^{-8}$	120	10.341
3	Taman Alun-alun Tugu	10.923	$2,783 \times 10^{-8}$	30403	2626835
4	Taman Kertanegara	2.758	$2,783 \times 10^{-8}$	7.677	663.262
5	Taman Trunojoyo	5.840	$2,783 \times 10^{-8}$	16.255	1.404.442
6	Taman Ronggowarsito	3.305	$2,783 \times 10^{-8}$	9.199	794.808
7	Taman Jalur Tengah Ijen	10.681	$2,783 \times 10^{-8}$	29.730	2.568.638
8	Taman Adipura/Arjuno	395	$2,783 \times 10^{-8}$	1.099	94.992
9	Taman TGP	201	$2,783 \times 10^{-8}$	559	48.338
10	Taman Madyopuro	1.883	$2,783 \times 10^{-8}$	5.241	452.836
11	Taman Melati	210	$2,783 \times 10^{-8}$	585	50.502
12	Taman Simpang Balapan	1.810	$2,783 \times 10^{-8}$	5038	435.281
13	Taman Wilis	700	$2,783 \times 10^{-8}$	1.948	168.341
14	Taman raya Langsep	8.650	$2,783 \times 10^{-8}$	24.076	2.080.209
15	Taman Jalur Tengah Galunggung	770	$2,783 \times 10^{-8}$	2.143	185.175
16	Taman Jalur Tengah Dieng	3.498	$2,783 \times 10^{-8}$	9.736	841.222
17	Taman Jalur Tengah Veteran	9.410	$2,783 \times 10^{-8}$	26.192	2.262.979
18	Taman Sukarno Hatta	3.235	$2,783 \times 10^{-8}$	9.004	777.974
19	Taman Segitiga Pekalongan	85	$2,783 \times 10^{-8}$	237	20.441
20	Taman Bundaran Bandung	23	$2,783 \times 10^{-8}$	64	5.531
21	Taman Jakarta	2.221	$2,783 \times 10^{-8}$	6.182	534.121
22	Taman Jaksa Agung Suprpto	1.800	$2,783 \times 10^{-8}$	5010	432876

Lanjutan Tabel 1

23	Taman Pangsud	1.812	$2,783 \times 10^{-8}$	5.044	435.762
24	Taman Borobudur	1.650	$2,783 \times 10^{-8}$	4.593	396.803
25	Taman Dr. Sutomo	453	$2,783 \times 10^{-8}$	1.261	108.940
26	Taman Kalimewek	950	$2,783 \times 10^{-8}$	2.644	228.462
27	Taman Raden Intan	2.224	$2,783 \times 10^{-8}$	6.190	534.842
28	Taman Kendedes	5.002	$2,783 \times 10^{-8}$	13923	1.202.914
29	Taman Sgtg. Arjosari	185	$2,783 \times 10^{-8}$	515	44.490
30	Taman Toba	3.902	$2,783 \times 10^{-8}$	10.861	938.379
31	Taman Jonge	1.498	$2,783 \times 10^{-8}$	4.170	360.249
32	Taman Makan Sukun	112,5	$2,783 \times 10^{-8}$	313	27.055
33	Taman Median Basuki Rahmad	605,6	$2,783 \times 10^{-8}$	1686	145.639
34	Taman Median Raden Intan	58,8	$2,783 \times 10^{-8}$	164	14141
35	Taman Median JA Suprpto	908	$2,783 \times 10^{-8}$	2527	218.362
36	Taman Singha Merjosari	10.966	$2,783 \times 10^{-8}$	30523	2.637.176
37	Taman Median Letjen Sutoyo	768,8	$2,783 \times 10^{-8}$	2140	184.886
38	Taman Median Letjen S.Parman	937,6	$2,783 \times 10^{-8}$	2610	225.480
39	Taman Median A Yani	264	$2,783 \times 10^{-8}$	735	63.488
40	Taman Dempo	2.475	$2,783 \times 10^{-8}$	6.889	595.204
41	Taman Merbabu	3.924	$2,783 \times 10^{-8}$	10.922	943.670
42	Taman Ungaran	639	$2,783 \times 10^{-8}$	1.779	153.671
43	Taman Cerme	1.825	$2,783 \times 10^{-8}$	5080	438.888
44	Taman Terusan Dieng	1.954	$2,783 \times 10^{-8}$	5.439	469.911
45	Taman Anggur	1,6	$2,783 \times 10^{-8}$	4	385
46	Taman Agung	1.034	$2,783 \times 10^{-8}$	2.878	248.663
47	Taman Sawo	206	$2,783 \times 10^{-8}$	573	49.540
48	Taman Simpang Kawi	187	$2,783 \times 10^{-8}$	520	44.971
49	Taman Slamet	4.714	$2,783 \times 10^{-8}$	13.121	113.3654
50	Taman Saparua	586	$2,783 \times 10^{-8}$	1.631	140.925
51	Taman Banda	341	$2,783 \times 10^{-8}$	949	82.006
52	Taman Sumba	587	$2,783 \times 10^{-8}$	1.634	141.166
53	Taman Bengkalis	167	$2,783 \times 10^{-8}$	465	40.161

Lanjutan Tabel 1

54	Taman Riau	1,41	$2,783 \times 10^{-8}$	4	339
55	Taman Belitung	620	$2,783 \times 10^{-8}$	1.726	149.102
56	Taman Bund. Halmahera	54	$2,783 \times 10^{-8}$	150	12.986
57	Taman Ternate	156	$2,783 \times 10^{-8}$	434	37.516
58	Taman Sarangan	2.164	$2,783 \times 10^{-8}$	6.023	520.413
59	Taman Tata Surya	560	$2,783 \times 10^{-8}$	1.559	134.673
60	Taman Batu Permata	445	$2,783 \times 10^{-8}$	1.239	10.7017
61	Taman Serayu	135	$2,783 \times 10^{-8}$	376	32.466
62	Taman Cidurian	350	$2,783 \times 10^{-8}$	974	84.170
63	Taman Ciujung	160	$2,783 \times 10^{-8}$	445	38.478
64	Taman Cisadea	1.005	$2,783 \times 10^{-8}$	2.797	241.689
	Jumlah			414.726	35.832.341

Sumber : Hasil Perhitungan

LAMPIRAN E
TABEL PERHITUNGAN EMISI KARBON
TOTAL TIAP SUB SEKTOR INDUSTRI

Tabel 1 Emisi Karbon Total Tiap Sub Sektor Industri

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)		
		Jenis	Konsumsi (tahun)							
1.	Industri Makanan dan Minuman	M. tanah	50320 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	158469	158,47	6692,46		
		LPG	42460 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	126727	126,73			
		Kayu	721600 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	1212288	1212,29			
		Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64			
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							1512,13	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.ton produksi)							0,16	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							5180,33	
2.	Industri Pengolahan Tembakau	M. tanah	480 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1511,6256	1,51	818,23		
		Solar	5500 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	15486,9	15,49			
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							17,00	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.ton produksi)							0,0028	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)						801,23				
3.	Industri Tekstil	Solar	600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1689,48	1,69	20027,76		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							1,69	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)							0,00028	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							20026,07	
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	M. tanah	2640 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	8313,94	8,31	90,58		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							8,31	

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)	
		Jenis	Konsumsi (tahun)						
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)	0,00026	
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	82,265	
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	M. tanah	672 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	2116,28	2,12	94,38	
		Solar	3100 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	8728,98	8,73		
							Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		10,85
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)		0,00021
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		83,53
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	Solar	240 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	675,79	0,68	2756,69	
		M. tanah	384 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1209,3	1,21		
							Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		1,89
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)		0,0000018
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	2754,80	
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	Solar	425 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1196,72	1,20	31,81	
		M. tanah	1840 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5794,56	5,79		
							Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		6,99
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)		0,000034
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	24,81	
8.		Solar	5000 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14079	14,08	100,28	
						Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	14,08		

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)
		Jenis	Konsumsi (tahun)					
	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)			0,00002	
				Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			86,204	
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	M. tanah	1600 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5038,75	5,04	317,13
		LPG	3300 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	9849,28	9,85	
		Kayu	128000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	215040	215,04	
		Solar	5050 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14219,79	14,22	
				Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			244,15	
				Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)			0,0002	
				Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			72,98	
10.	Industri Logam Dasar	Solar	1600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	4505,28	4,51	8,00
				Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			4,51	
				Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)			0,00013	
				Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			3,495	
				Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			39,69	
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	Solar	10660 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	30016,43	30,02	72,19
		Kayu	5760 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	9676,8	9,67	
				Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			39,69	
				Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)			0,00031	
				Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)			24,57	
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	Solar	4060 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	11432,15	11,43	33,21
		M. tanah	720 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	2267,44	2,27	
		LPG	600 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	1790,78	1,79	

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)
		Jenis	Konsumsi (tahun)					
							15,49	
							0,00031	
							17,72	
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	Solar	5090 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14332,42	14,33	20,34
							14,33	
							0,00021	
							6,00	
14.	Industri Pengolahan Lainnya	Solar	900 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	2534,22	2,53	24698
		LPG	120 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	358,16	0,36	
		Kayu	160000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	268800	268,8	
							271,69	
							0,056	
							24426,3	
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	Solar	15825 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	44560,04	44,56	68,01
		M. tanah	160 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	503,88	0,5	
							45,06	
							0,00046	
							22,95	
								55.829,05

Sumber : Hasil Perhitungan

LAMPIRAN F
DOKUMENTASI

LAMPIRAN F (DOKUMENTASI)



Gambar 1. Peralatan Survei



Gambar 2. Tipe Rumah Sederhana



Gambar 3. Tipe Rumah Menengah

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Kuisisioner
- Lampiran B Data Hasil Survey RTH Privat
- Lampiran C Inventarisasi Ruang Terbuka Hijau Publik
- Lampiran D Tabel Perhitungan Daya Serap RTH Taman
- Lampiran E Tabel Perhitungan Emisi Karbon Total Tiap Sub Sektor Industri
- Lampiran F Dokumentasi
- Lampiran G Berita Acara

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BIODATA PENULIS



Nama : Cesaria Wahyu Lukita

Email : cesariawahyu@gmail.com

cesariawahyu@yahoo.com

Penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 16 November 1989, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dewi Kunthi Surabaya, SDN Rungkut Menanggal III/618 di Surabaya, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 17 Surabaya dan SMA Negeri 17 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2008, penulis diterima di Program Studi Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga pada tahun 2008 yang terdaftar dengan NRP 080810738. Pada masa perkuliahan, penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Biologi. Menjadi panitia beberapa kegiatan yang diselenggarakan jurusan. Penulis juga berorganisasi pada tingkat Indonesia yaitu Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) sebagai staff departemen dan komunikasi pada tahun 2010-2011 dan Sekertaris Regional pada tahun 2008-2010. Penulis juga mengikuti organisasi AIESEC yang bertaraf Internasional. Penulis juga mengikuti beberapa seminar seperti Seminar Nasional dan pelatihan Awareness Training, Environmental Management System ISO 14001: 2001, Quantum Memory Training oleh Instatnt Technologies Production, dan sebagainya. Selain itu penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik, Gresik. Untuk dapat meraih gelar sarjana Teknik, penulis menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kesesuaian Tingkat Kebisingan Akibat *Traffic Noise* Dengan Baku Mutu Kebisingan di SMA Negeri 4 Surabaya. Setelah menempuh pendidikan sarjana penulis melanjutkan pendidikan Program Magister di Jurusan Teknik Lingkungan ITS Tahun 2013.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-



TESIS - RE 142541

**INVENTARISASI SERAPAN KARBON OLEH RUANG
TERBUKA HIJAU DI KOTA MALANG,
JAWA TIMUR**

CESARIA WAHYU LUKITA
3313 2010 04

PEMBIMBING :
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



THESIS - RE 142541

**INVENTORY OF CARBON ABSORPTION BY
GREEN OPEN SPACE IN MALANG,
EAST JAVA**

**CESARIA WAHYU LUKITA
3313 2010 04**

**SUPERVISOR :
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

**MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

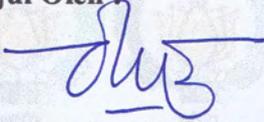
CESARIA WAHYU LUKITA

Nrp.3313 201 004

Tanggal Ujian : 6 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui Oleh :



1. Prof. Joni Hermana, MScES., PhD
NIP: 196006181988031002

(Pembimbing I)



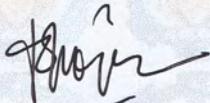
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
NIP: 196601161997031001

(Pembimbing II)



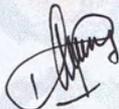
3. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem
NIP: 195501281985032001

(Penguji)



4. Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD
NIP: 1971081891997032001

(Penguji)



5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM
NIP: 198201192005011001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

Inventarisasi Serapan Karbon Oleh Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang, Jawa Timur

Pascasarjana Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Nama : Cesaria Wahyu Lukita
Email : cesariawahyu@gmail.com
NRP : 3313.201.004
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES.PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur, pesatnya perkembangan kota Malang telah merubah kondisi tata ruang kota. Seperti kota-kota besar lain di Indonesia, masalah ruang publik merupakan salah satu isu yang saat ini sedang dihadapi kota Malang. Sejalan dengan pertumbuhan kota Malang diberbagai bidang, perencanaan dan perancangan ruang publik terbuka hijau sudah selayaknya dijadikan salah satu agenda pembangunan kota. Saat ini, RTH di Malang hanya tersisa 1,8% dari luas kota Malang 110,6 km. Idealnya, luas RTH setidaknya 30% dari total luas wilayah.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Pengolahan data yaitu inventaisasi luas RTH eksisting, penghitungan emisi, analisis kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dan memetakan kemampuan serapan emisi CO₂. Kecukupan RTH privat permukiman eksisting dalam menyerap emisi CO₂ berdasarkan perhitungan daya serap masih kurang (untuk tipe rumah sederhana dan menengah). Untuk tipe rumah mewah, luasan RTH privat eksisiting sudah cukup. Berdasarkan luasan, hanya 96% dari emisi total yang dapat diserap oleh RTH privat rumah menengah sekitar 3% sedangkan rumah sederhana hanya 1%. Jika berdasarkan pada jenis pohon, hanya sekitar 30% penyerapan untuk semua tipe rumah. Dalam pemetaan telah digambarkan bahwa emisi terbesar dihasilkan di Kecamatan Lowokwaru 218.462 Ton CO₂/tahun.

Kata Kunci: Inventarisasi, Kota Malang, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Inventory of Carbon Absorption By Green Open Space in Malang, East Java

*Master of Environmental Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*

*Name : Cesaria Wahyu Lukita
Email : cesariawahyu@gmail.com
NRP : 3313. 201. 004
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.*

ABSTRACT

Malang is the second largest city in East Java, Malang rapid development has changed the conditions of urban spatial structure. Like the other big cities in Indonesia, the issue of public space is one of the issues currently facing the city of Malang. In line with the growth of the city of Malang in various fields, planning and designing green open public spaces are appropriately used as one of the city's development agenda. Currently, the only remaining green space in Malang 1.8% of the city of Malang 110.6 km. Ideally, extensive green space at least 30% of the total area comprising.

The method used in data collection by using primary data and secondary data. Data processing is widely inventaisasi existing green space, the calculation of emissions, the analysis of the ability to absorb CO₂ emissions of green space and mapping the absorption capability of CO₂ emissions. Adequacy of existing settlements private green space in absorbing CO₂ emissions calculation based absorption is still less (for simple and intermediate housing type). For the type of luxury homes, private green space area eksisiting enough. Based on the area, only 96 % of the total emissions that can be absorbed by the private RTH secondary home about 3 %, while modest house only 1 %. If based on the type of tree , only about 30 % absorption for all types of housing. In mapping has illustrated that the largest emission generated in the District Lowokwaru 218.462 tons of CO₂ / year.

Key word: Carbon Absorption, green open space, Inventory, Malang

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya proposal Tesis dengan judul “Inventarisasi Serapan Karbon Oleh Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang, Jawa Timur” ini bisa terselesaikan dengan cukup baik. Pembuatan Tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D. selaku pembimbing I yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini.
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku pembimbing II yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc, Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD dan Dr. Eng Arie Dipareza Syafei, ST., MPEM., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada Tesis ini.
4. Teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana jurusan Teknik Lingkungan yang senantiasa menemani dalam pembuatan Tesis ini.
5. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam pembuatan Tesis ini.

Ucapan terimakasih yang sangat special diberikan penulis kepada keluarga. Kepada Papa, Mama, Kakak dan Kakak Ipar yang tidak berhenti memberi motivasi serta doa yang tak terhingga sehingga Tesis ini dapat terselesaikan.

Penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak.

Hormat,

Penulis

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gambaran Umum Kota Malang	5
2.1.1 Letak geografis dan administratif.....	5
2.1.2 Iklim.....	7
2.1.3 Kondisi penduduk Kota Malang	8
2.1.4 Kondisi Pemanfaatan Lahan di Kota Malang	9
2.2 Inventarisasi Serapan Karbon oleh Ruang Terbuka Hijau	12
2.2.1 Inventarisasi Serapan Karbon	12
2.2.2 Inventarisasi Gas Rumah Kaca	13
2.3 Permukiman.....	14
2.4 Ruang Terbuka Hijau.....	15
2.4.1 Pengertian Ruang Terbuka Hijau	15
2.4.2 Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau.....	16
2.4.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau.....	17
2.4.4 Proporsi Ruang Terbuka Hijau.....	20
2.4.5 Bentuk dan Jenis Ruang Terbuka Hijau.....	22
2.4.6 Penyerapan Karbondioksida (CO ₂) oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH)	23
2.5 Efek Rumah Kaca	24
2.6 Emisi Karbondioksida (CO ₂) dan Perhitungannya	26
2.6.1 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	26
2.6.2 Perhitungan Emisi	27
2.7 Metode Box Model.....	32
2.8 Peran Tumbuhan Sebagai Penyerap Gas CO ₂	34

2.9 Sistem Informasi Geografis	40
2.9.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis	40
2.9.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Informasi Geografis	41
2.10 Arc GIS	42
2.11 Penelitian Terdahulu	42
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1 Umum.....	47
3.2 Kerangka Penelitian	48
3.3 Tahapan Penelitian	50
3.3.1 Ide Penelitian	50
3.3.2 Studi Literatur.....	50
3.3.3 Pengumpulan Data.....	50
3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder	51
3.3.3.2 Metode Sampling	52
3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder.....	53
3.4 Analisa data dan Pembahasan	56
3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran	58
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Aspek Teknis.....	59
4.1.1 Potensi Penyerapan Masing-masing Ruang Terbuka Hijau	59
4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Privat	59
1. Perhitungan Luasan RTH Privat Tiap Responden	64
2. Perhitungan Total Luas RTH Privat Permukiman Di Setiap Tipe Rumah.....	65
3. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Privat Menurut Luasan.....	66
4. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Privat Eksisting tiap tipe rumah	67
5. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Privat Berdasarkan Jenis Pohon	68
6. Kemampuan Penyerapan Pohon	73
4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Publik	74
1. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Taman Kota Menurut Luasan	75
2. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Hutan Kota Menurut Luasan	78
3. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Pertanian	81
4. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Jalur Hijau	82
5. Perhitungan Daya Serap CO ₂ RTH Pemakaman.....	83
4.1.2 Sumber Emisi dan Hasilnya	87
4.1.2.1 Sumber Emisi yang berasal dari sektor permukiman	87
4.1.2.2 Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan	89

4.1.2.3 Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan	92
4.1.2.4 Sumber Emisi yang berasal dari sektor industri	95
4.1.3 Hubungan Antara Sumber Emisi Dengan Potensi Penyerapan (<i>Box Model</i>).....	97
4.1.3.1 Emisi CO ₂ Total	98
4.1.3.2 Emisi CO ₂ Berdasarkan Metode Box Model	99
4.1.4 Hubungan Antara Sumber Emisi dan Penyerapan.....	104
4.2 Aspek Lingkungan.....	105
4.3 Aspek Ekonomi	111
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	115
5.1 Kesimpulan.....	115
5.2 Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA	117
BIODATA PENULIS.....	123
LAMPIRAN.....	xix

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kecepatan dan Arah Angin di Kota Malang selama tahun 2013	7
Tabel 2.2	Luas Kecamatan (km ²) dan Jumlah Penduduk	9
Tabel 2.3	Luas Wilayah Menurut Penggunaan Lahan	10
Tabel 2.4	Pembagian Jenis-Jenis RTH Publik dan RTH Privat	19
Tabel 2.5	Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke SMP	28
Tabel 2.6	Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri	29
Tabel 2.7	Nilai DOCi	30
Tabel 2.8	Klasifikasi TPA dan MCF	31
Tabel 2.9	Oxidation Factor	32
Tabel 2.10	Cadangan Karbon dan Daya Serap Gas CO ₂ Berbagai Tipe Penutupan Vegetasi	35
Tabel 2.11	Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida	36
Tabel 2.12	Kemampuan Penyerapan Beberapa Jenis Pohon dan Perdu	37
Tabel 2.13	Intensitas Cahaya	39
Tabel 4.1	Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Kecamatan	61
Tabel 4.2	Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Tipe Rumah	62
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Total Rumah	63
Tabel 4.4	Jumlah Rumah per Setiap Kecamatan dan Tipe Rumah	63
Tabel 4.5	Rata-rata Luas RTH Privat Eksisting di Kota Malang	65
Tabel 4.6	Total Luasan RTH Privat Eksisting di Kota Malang per Tipe Rumah	66
Tabel 4.7	Laju Serapan CO ₂ oleh RTH	66
Tabel 4.8	Total Laju Serapan CO ₂ oleh RTH Privat	67
Tabel 4.9	Jumlah dan Jenis Pohon yang ada di Tipe Rumah Sederhana Berdasarkan Jumlah Responden	69
Tabel 4.10	Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Menengah	70
Tabel 4.11	Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Mewah	71
Tabel 4.12	Jumlah Pohon Mangga Tiap Tipe Rumah	73
Tabel 4.13	Rata-rata Tinggi, Luas, dan Volume Tajuk Pohon	73
Tabel 4.14	Kemampuan Penyerapan Mangga dengan Emisi CO ₂	74
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Hutan Kota di Kota Malang	79
Tabel 4.16	Perhitungan Tanah Pertanian	81
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Jalur Hijau	83
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Hutan Kota di Kota Malang	84
Tabel 4.19	Daya Serap RTH Eksisting di Kota Malang	85
Tabel 4.20	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Tipe Rumah	88
Tabel 4.21	Perhitungan Total Emisi Permukiman	88
Tabel 4.22	Perhitungan Total Emisi Per Kecamatan	89
Tabel 4.23	Fraksi Komponen Sampah Jenis (Wi)	90
Tabel 4.24	Nilai DOC	91
Tabel 4.25	Total Emisi CO ₂ dari Sektor Pesampahan di Kota Malang	92
Tabel 4.26	Jenis dan Jumlah Kendaraan di Setiap Kecamatan di Kota Malang	93

Tabel 4.27 Hasil Konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP).....	93
Tabel 4.28 Emisi Karbon Transportasi di Setiap Kecamatan di Kota Malang	94
Tabel 4.29 Total Emisi Karbon Transportasi pada Setiap Kecamatan	95
Tabel 4.30 Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri	95
Tabel 4.31 Emisi Karbon Tiap Jenis Bahan Bakar Industri Makanan dan Minuman	97
Tabel 4.32 Jumlah Industri dan Emisi Karbon Tiap Kecamatan di Kota Malang	97
Tabel 4.33 Jumlah Emisi CO ₂ total di Kota Malang	98
Tabel 4.34 Beban Emisi CO ₂ pada setiap Kecamatan	103
Tabel 4.35 Resultan Emisi dan Serapan.....	104
Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1	111
Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Kota Malang	6
Gambar 2.2 Arti Inventarisasi	13
Gambar 2.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau	18
Gambar 2.4 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	19
Gambar 2.5 Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara	19
Gambar 2.6 Bagan Proporsi Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan	21
Gambar 2.7 Efek Rumah Kaca	25
Gambar 2.8 Visualisasi Box Model.	33
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	48
Gambar 4.1 Grafik Pemanfaatan Lahan.	60
Gambar 4.2 Persentase Laju Serapan CO ₂ RTH Privat Permukiman Per Tipe Rumah.....	68
Gambar 4.3 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Sederhana.....	69
Gambar 4.4 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Menengah.....	73
Gambar 4.5 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Mewah.....	74
Gambar 4.6 Total Daya Serap Taman Kota pada setiap Kecamatan.....	77
Gambar 4.7 Diagram Persentase Taman Pada Setiap Kecamatan.....	78
Gambar 4.8 Diagram Persentase Hutan di setiap Kecamatan	80
Gambar 4.9 Diagram Persentase Pemakaman di setiap Kecamatan	85
Gambar 4.10 Peta Total Daya Serap CO ₂ Kota Malang.....	86
Gambar 4.11 Peta Emisi CO ₂ Kota Malang	99
Gambar 4.12 Box Model dalam Satu Kota	100
Gambar 4.13 Pohon Beringin di Rumah Menengah.....	107
Gambar 4.14 Indoor Garden di Rumah Mewah di Kota Malang	108
Gambar 4.15 Tata Cara Penanaman Vegetasi Tegakan	109

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kuisisioner

Lampiran B Data Hasil Survey RTH Privat

Lampiran C Inventarisasi Ruang Terbuka Hijau Publik

Lampiran D Tabel Perhitungan Daya Serap RTH Taman

Lampiran E Tabel Perhitungan Emisi Karbon Total Tiap Sub Sektor Industri

Lampiran F Dokumentasi

Lampiran G Berita Acara

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kota Malang tengah berkembang pesat, fasilitas-fasilitas umum direncanakan sedemikian rupa untuk menunjukkan pesatnya kemajuan perekonomian kota. Sejalan perkembangan kota, urbanisasi terus berlangsung dan kebutuhan masyarakat akan perumahan meningkat di luar kemampuan pemerintah, sementara tingkat ekonomi urbanis sangat terbatas, yang selanjutnya akan berakibat timbulnya perumahan-perumahan liar yang ada pada umumnya berkembang di sekitar daerah perdagangan, di sepanjang jalur hijau, sekitar sungai, rel kereta api dan lahan-lahan yang dianggap tidak bertuan. Selang beberapa lama kemudian daerah itu menjadi perkampungan, dan degradasi kualitas lingkungan hidup mulai terjadi dengan segala dampak bawaannya (Feranti, dkk. 2009).

Kota Malang merupakan salah satu kota di Indonesia yang sedang berupaya menyeimbangkan pembangunan dengan memperhatikan luasan dan kualitas ruang terbuka hijau. Kondisi beberapa tahun terakhir mengindikasikan bahwa Kota Malang mengalami perubahan kawasan perkotaan yang sangat pesat sebagai akibat adanya perkembangan ekonomi dan letak yang cukup strategis, yang berimplikasi pada pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk kota. Seiring dengan perkembangan Kota Malang hampir seluruh kawasan permukiman telah berkembang menjadi permukiman penduduk yang relatif padat. Umumnya tingkat kepadatan yang tinggi terdapat di pusat kota, sehingga pembangunan di Kota Malang terasa telah melebihi kapasitas karena nyaris menutup seluruh ruang terbuka yang ada. Luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Malang semakin menyusut. Wahana Lingkungan Hidup (Walhi) Jawa Timur Simpul Malang mencatat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir hutan kota di Malang sudah banyak yang beralih fungsi. Alih fungsi hutan kota yang paling tampak nyata adalah Akademi Penyuluh Pertanian (APP) Malang yang menjadi kawasan perumahan elit dan lapangan olahraga yang berubah menjadi mall. Saat ini, RTH di Malang hanya tersisa 1,8% dari luas kota Malang

110,6 km. Idealnya, luas RTH setidaknya 30% dari total luas wilayah yang terdiri dari 20% ruang publik dan 10% ruang privat. Hal ini sesuai dengan Undang-undang (UU) No. 26/2007 tentang tata ruang. Kondisi ini secara tidak langsung menunjukkan pembangunan kota yang belum sepenuhnya memperhatikan keseimbangan lingkungan (Anonim, 2012). Meskipun hanya tersisa 1,8% sedangkan untuk 28,2 % yang harusnya menjadi Ruang Terbuka Hijau, berdasarkan eksisting bahwa terdapat Hutan Kota, Taman Kota, Jalur Hijau, dan Pemakaman tetapi ada yang beralih fungsi menjadi bangunan. Hanya sebagaian saja yang beralih fungsi sehingga ruang terbuka hijau semakin berkurang.

Peningkatan fungsi Ruang Terbuka Hijau privat dikawasan permukiman sangat diperlukan. Karena kawasan permukiman di Kota Malang semakin bertambah jumlahnya, dengan begitu dapat menyebabkan terjadinya titik-titik panas seringkali terjadi. Tidak hanya itu Ruang terbuka hijau mempunyai manfaat keseimbangan alam terhadap struktur kota. Ruang terbuka hijau tidak dianggap sebagai lahan yang kurang efisien, atau tanah cadangan untuk pembangunan kota, atau sekedar program keindahan.

Ruang terbuka hijau mempunyai tujuan dan manfaat yang besar bagi keseimbangan, kelangsungan, kesehatan, kenyamanan, kelestarian, dan peningkatan kualitas lingkungan itu sendiri. Selain itu Ruang terbuka hijau juga mampu menyerap emisi karbondioksida yang dihasilkan dari segala aktivitas yang terjadi di Kota Malang. Dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan maka diperlukan usaha untuk mempertahankan dan mengembangkan kawasan hijau kota. Sehingga begitu banyak upaya yang dapat dilakukan yaitu menginventarisasi Ruang terbuka hijau privat dan publik untuk dapat diketahui seberapa besar daya serap karbon dalam mengurangi emisi yang terjadi di Kota Malang. Karena belum tersedia data tentang kemampuan RTH di Kota Malang dalam menyerap emis CO₂ maka diperlukannya inventarisasi. Dalam menginventarisasi disini lebih dititik beratkan dimana seberapa besar jenis dan banyak pohon dalam mengurangi serap karbon yang terjadi. Sehingga dapat dilakukan penyeimbangan antara tingkat emisi CO₂ di wilayah Kota Malang dengan serapannya. Dengan demikian kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang sebagai penyerap emisi untuk menyeimbangkan ketersediaan udara bersih

diperlukan masyarakat. Sehingga jika dilihat dari aspek lingkungan dan ekonomi keadaan Kota Malang memerlukan keseimbangan lingkungan antara beban emisi dengan daya penyerapan ruang terbuka hijau yang tersedia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tesis ini adalah:

1. Apakah luasan ruang terbuka hijau sudah memenuhi dalam mereduksi pencemar CO₂ di Kota Malang?
2. Bagaimana kecukupan Ruang Terbuka Hijau dan pemetaan tingkat kecukupan Ruang Terbuka Hijau dalam menyerap emisi CO₂ di wilayah Kota Malang ?
3. Bagaimana penyerapan emisi CO₂ di Kota Malang ditinjau dai aspek teknis, lingkungan dan aspek ekonomi ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tesis ini adalah:

1. Mengidentifikasi luas ruang ruang terbuka hijau di Kota Malang dalam mereduksi pencemar CO₂ di Kota Malang.
2. Menganalisis dan memetakan kemampuan Ruang Terbuka Hijau dalam menyerap emisi CO₂ di Kota Malang.
3. Menganalisis penyerapan emisi CO₂ di Kota Malang ditinjau dari aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek ekonomi.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kemampuan daya serap dan inventarisasi Ruang Terbuka Hijau yang ada di seluruh Kota Malang.
2. Wilayah Penelitian ini adalah Kota Malang yang terdiri dari 5 Kecamatan.
3. Inventarisasi serapan karbon oleh RTH publik dengan cara mengumpulkan data berupa luasan RTH yang berada di Kota Malang.
4. Data persebaran dan luas Ruang Terbuka Hijau yang digunakan dalam penelitian ini adalah data ruang terbuka hijau yang dikelola oleh Pemerintah Kota Malang dan yang berada di pemukiman wilayah Kota Malang

5. Daya serap emisi CO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau privat dan publik yang dihitung dalam penelitian ini adalah daya serap pohon dan perdu
6. Dalam analisis kemampuan penyerapan CO₂ tidak memperhitungkan umur tanaman dan perubahan iklim.
7. Analisis kecukupan Ruang Terbuka Hijau yang diamati yaitu Hutan Kota, Taman Kota, Pemakaman, Persawahan dan Jalur Hijau (berdasarkan ketersediaan data yang dimiliki oleh Kota Malang).
8. Sumber emisi CO₂ primer yang dijadikan kontributor dalam perhitungan adalah emisi dari penggunaan bahan bakar di sektor permukiman, transportasi, industry dan persampahan di Kota Malang. Data diperoleh dari data sekunder dan hasil survey.
9. Emisi dihitung menggunakan Box Model dengan asumsi penyebaran linier (arah Selatan).
10. Beberapa aspek yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - Aspek teknis
 1. Luasan tutupan vegetasi di RTH publik
 2. Luasan tutupan perdu dan jenis pohon RTH privat
 - Aspek Lingkungan
 1. Dampak yang akan ditimbulkan jika RTH yang tersedia belum mencukupi bagi lingkungan sekitar
 2. Upaya yang dilakukan dalam adaptasi dan mitigasi dampak
 - Aspek Ekonomi

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui RTH privat dan publik permukiman ideal yang seharusnya tersedia di Kota Malang, Jawa Timur
2. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada instansi pemerintah dalam penataan ruang Kota Malang juga kepada masyarakat setempat mengenai pentingnya keberadaan RTH privat permukiman dan publik khususnya di Kota Malang, Jawa Timur.
3. Sebagai informasi dan pelengkap data ekoregion Jawa Timur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kota Malang

2.1.1 Letak geografis dan administratif

Sebagaimana diketahui secara umum Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya yang berada di tengah-tengah wilayah Kabupaten Malang secara astronomis terletak pada posisi $112.06^0 - 112.07^0$ Bujur Timur. $7.06^0 - 8.02^0$ Lintang Selatan dengan batas wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso Kabupaten
Malang

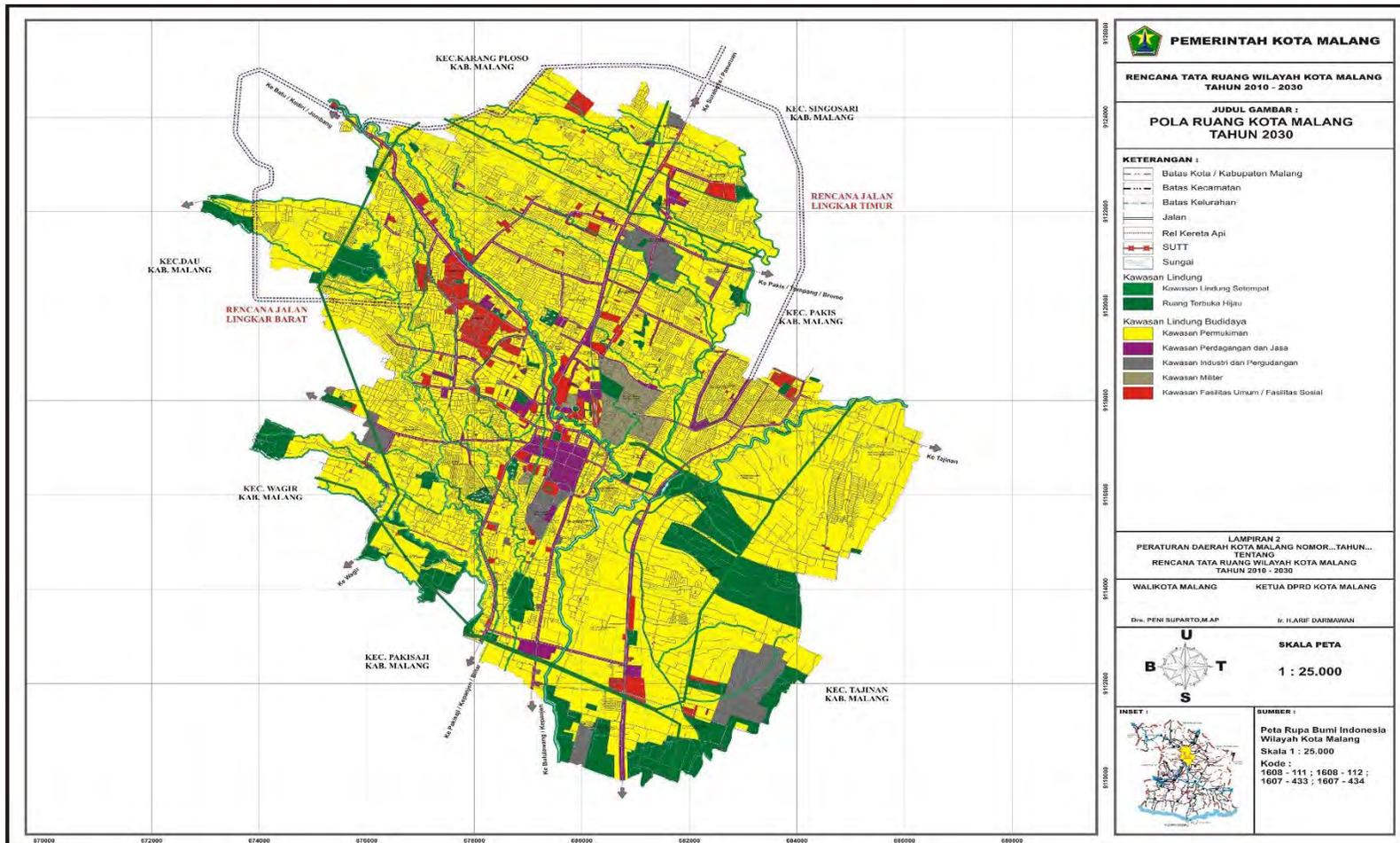
Sebelah Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan Rumpang Kabupaten
Malang

Sebelah Selatan: Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten
Malang

Sebelah Barat : Kecamatan Wagir dan Kecamatan Daun Kabupaten
Malang

Luas wilayah Kota Malang sebesar 110.06 km^2 yang terbagi dalam lima kecamatan yaitu Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru.

Potensi alam yang dimiliki Kota Malang adalah letaknya yang cukup tinggi yaitu 440 – 667 meter di atas permukaan air laut. Salah satu lokasi yang paling tinggi adalah Pegunungan Buring yang terletak di sebelah timur Kota Malang. Dari atas pegunungan ini terlihat jelas pemandangan yang indah antara lain dari arah Barat terlihat barisan Gunung Kawi dan Panderman. Sebelah Utara Gunung Arjuno, sebelah Timur Gunung Semeru dan jika melihat ke bawah terlihat hamparan Kota Malang. Sedangkan sungai yang mengalir di wilayah Kota Malang adalah Sungai Brantas, Ampong dan Bango.



Gambar 2.1 Peta Kota Malang

Pada peta Kota Malang gambar 2.1 untuk menunjukkan peta letak kota Malang. Sehingga dari peta tersebut dapat dijelaskan yang berwarna Hijau adalah Ruang Terbuka . Peta tersebut di dapat dari peta RTRW kota Malang. Dalam peta dapat diketahui seberapa besar luas dari ruang terbuka hijau di Kota Malang. Berdasarkan gambar menjelaskan bahwa Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang tidak terbagi secara menyebar. Peta tersebut menunjukkan bahwa Ruang Terbuka Hijau kota eksisting di Kota Malang.

2.1.2 Iklim

Wilayah Kota Malang merupakan kota yang memiliki karakteristik wilayah pegunungan. Dengan kondisi udara yang berhawa sejuk dan kering, curah hujan rata-rata tiap tahun 258,75 mm dan kelembaban udara rata-rata 81,5 %.

Kondisi iklim Kota Malang selama tahun 2013 tercatat rata-rata suhu udara berkisar antara 15,8⁰C sampai 24,1⁰C. Sedangkan suhu maksimum mencapai 32,7⁰C dan suhu minimum 17,5⁰C. Rata-rata kelembaban udara berkisar 69% - 85% dengan kelembaban maksimum 98 % dan minimum mencapai 28 %.

Seperti umumnya daerah lain di Indonesia, Kota Malang mengikuti perubahan putaran 2 iklim, musim hujan dan musim kemarau. Dari hasil pengamatan Stasiun Klimatologi Karangploso curah hujan yang relatif tinggi selama tahun 2013 terjadi awal dan penghujung tahun. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu mencapai 425 mm yang terjadi selama 25 hari. Kecepatan angin maksimum terjadi di bulan Januari.

Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso (2013), kecepatan angin rata-rata di Kota Malang sepanjang tahun 2013 yaitu km/jam atau m/detik dengan arah angin rata-rata ke arah Selatan. Kecepatan dan arah angin di Kota Malang selama tahun 2013 sebagaimana Tabel 2.1 .

Tabel 2.1 Kecepatan dan Arah Angin di Kota Malang Selama Tahun 2013

No.	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin Rata-Rata (Km/Jam)	Kecepatan Angin Maximum/Arah Angin
1	Januari	Selatan	5,8	79,2/90
2	Februari	Timur	4	43,2/315
3	Maret	Timur	4,1	39,6/90

Lanjutan Tabel 2.1

No.	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin Rata- Rata (Km/Jam)	Kecepatan Angin Maximum/Arah Angin
4	April	Timur	4,5	36,0/45
5	Mei	Timur	4,1	36,0/45
6	Juni	Timur	3,6	36,0/45
7	Juli	Selatan	7,2	37,1/45
8	Agustus	Selatan	8,5	41,4/45
9	September	Selatan	9,2	39,6/90
10	Oktober	Selatan	8,6	41,4/45
11	Nopember	Selatan	6,5	45,0/90
12	Desember	Selatan	5,4	25,2/315
	Jumlah		71,5	
	Rata-Rata		5,96	

Sumber : BMKG , Karangploso

2.1.3 Kondisi penduduk Kota Malang

Menurut hasil Sensus Penduduk 2010 jumlah penduduk kota Malang sebanyak 820.243 jiwa yang terdiri dari penduduk laki-laki sebanyak 404.553 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 415.690 jiwa. Dengan demikian rasio jenis kelamin penduduk Kota Malang sebesar 97,05. Ini artinya bahwa setiap 100 penduduk perempuan terdapat 97-98 penduduk laki-laki. Berdasarkan hasil sensus penduduk 2010, pada periode 2000-2012 rata-rata laju pertumbuhan penduduk setiap tahunnya adalah 0,80%.

Dilihat dari penyebarannya, diantara 5 kecamatan yang ada Kecamatan Lowokwaru memiliki penduduk terbanyak yaitu sebesar 186.013 jiwa, kemudian diikuti oleh Kecamatan Sukun (181.513 jiwa), Kecamatan Kedungkandang (174.477 jiwa), Kecamatan Klojen (105.907 jiwa). Sedangkan wilayah dengan kepadatan penduduk tertinggi terjadi di wilayah Kecamatan Klojen yaitu mencapai 11.994 jiwa per km², sedangkan terendah di wilayah Kecamatan Kedungkandang sebesar 4.374 jiwa per km² (BPS Kota Malang, 2014).

Berikut adalah Tabel 2.1 Memberikan informasi mengenai jumlah penduduk menurut Kota Malang berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 1990,2000,2010

Tabel 2.2 Luas Kecamatan (km²) dan Jumlah penduduk

No	Kecamatan	Luas Kecamatan (km ²)	Tahun		
			1990	2000	2010
1	Kedungkandang	39,89	114,879	150,262	174,477
2	Sukun	20,97	151,573	162,094	181,513
3	Klojen	8,83	143,195	117,500	105,907
4	Blimbing	17,77	146,920	158,556	172,33
5	Lowokwaru	22,60	138,522	168,570	186,013
Jumlah		110,06	695,089	756,982	820,243

Sumber : BPS Kota Malang, 2013

2.1.4 Kondisi Pemanfaatan Lahan di Kota Malang

Kota Malang merupakan kota yang memiliki luas 110,06 km² berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2013. Penggunaan lahan di Kota Malang secara umum di dominasi oleh lahan tanah perumahan yaitu 4.662.033 ha atau 42,362 % dari luas keseluruhan . Untuk luas dan jenis penggunaan lahan lainnya sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 2.2.

Pada tabel diatas dapat dilihat persentase tutupan lahan per kecamatan yang dikelompokan sesuai dengan tabel 2.3 diatas yang terbagi menjadi lahan pertanian, Ruang Terbuka Hijau, kawasan terbangun dan perumahan. Penggunaan lahan untuk perumahan tertinggi berada di kecamatan Kedungkandang yaitu 23,52 % (1.096.733 Ha) dari luas total kota Malang. Lahan pertanian terluas di Kecamatan Kedungkandang yaitu 2.596.138 Ha dan terendah di Kecamatan Klojen. Luas terbesar untuk kawasan terbangun ada di Kecamatan Lowokwaru. Kawasan terbangun merupakan perkantoran pemerintah/militer, swasta, sarana pendidikan, kesehatan, ibadah/ sosial, perhubungan/ komunikasi, pasar, pertokoan lainnya. Ruang Terbuka Hijau atau RTH di Kota Malang terluas di Kecamatan Sukun 0,40 % (43,49 Ha). Ruang Terbuka Hijau (RTH) terdiri dari ruang terbuka/jalur hijau, lapangan olahraga, taman kota dan hutan kota.

Tabel 2.3 Luas Wilayah Menurut Penggunaan Lahan

No.	Fasilitas	Kecamatan					Jumlah (Ha)	%
		Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru		
1	Perumahan	1.096,73	1.073,78	575,249	853,188	1.063,15	4.622,03	42,361
2	Lapangan Olahraga	4,430	20,773	15,208	15,258	10,03	65,669	0,597
3	Taman Kota	1,566	0,150	7,196	1,929	0,432	11,273	0,102
4	Ruang Terbuka Hijau		1,365	2,434	0,180	3,142	7,121	0,065
5	Kuburan	20,756	21,2	10,141	23,697	28,169	103,963	0,945
6	Perkantoran	5,729	15,035	25,896	130,125	9,621	186,406	1,694
7	Perkantoran Swasta	0,756	0,406	2,74	1,413		5,315	0,048
8	Sarana Pendidikan	31,222	31,222	39,311	29,64	137,209	278,485	2,53
9	Sarana Kesehatan	0,82	8,409	13,766	0,438	5,961	29,394	0,267
10	Sarana Ibadah	3,521	1,998	3,663	4,156	5,82	19,158	0,174
11	Sarana Perhubungan/ Komunikasi	5,286	5,353	8,145	6,306	0,988	26,078	0,237
12	Fasilitas Perkotaan lainnya	168,337	116,234	82,083	154,516	256,782	777,952	7,069
13	Jasa Keuangan		0,75	2,568	0,25	0,375	3,943	0,036
14	Pasar	1,937	2,35	5,157	2,174	3,86	15,478	0,141
15	Perkotaan	8,428	9,955	35,623	8,185	14,684	76,875	0,699
16	Pergudangan	6,704	12,908		2,915	2,500	25,027	0,227
17	Tempat Hiburan / Rekreasi	0,348	0,336	4,459	0,068	2,670	7,881	0,072
18	Hotel/ Losmen	0,158		5,965	0,475	1,050	7,648	0,069
19	Industri Besar						-	0,000
a	Kawasan						-	0,000
b	Non Kawasan						-	0,000

Lanjutan Tabel 2.3

20	Industri Rakyat/ Rumah Tangga	5,600	71,370	0,160	69,680	3,530	150,520	1,368
21	Tanah Pertanian						-	0,000
a	Sawah	593,086	327,146		191,96	314,899	1.427,09	12,967
b	Tegalan	2.003,05	287,149		101,854	260,698	2.652,753	24,104
22	Kebun	0,284					0,284	0,003
23	Tanah Kehutanan							
24	Tanah Perikanan	0,281	1,05				1,331	0,012
25	Tanah Peternakan						-	0,000
26	Tanah Kosong						-	0,000
a	Diperuntukkan	30,424	77,771	42,763	178,111	134,642	463,711	4,213
b	Belum Diperuntukkan						-	0,000
27	Waduk						-	0,000
28	Danau						-	0,000
29	Padang Rumput/Alang-alang						-	0,000
30	Tanah Tandus						-	0,000

Sumber : Status Lingkungan Hidup, 2013

2.2 Inventarisasi Serapan Karbon oleh Ruang Terbuka Hijau

Pada penelitian bertujuan untuk melakukan inventarisasi serapan karbon Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang. Adapun beberapa penjelasan tentang Inventarisasi Serapan Karbon dan Inventarisasi Gas Rumah Kaca .

2.2.1 Inventarisasi Serapan Karbon

Inventarisasi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah pencatatan atau pengumpulan data tentang kegiatan, hasil yang dicapai dan lain-lain (tentang kegiatan, hasil yang dicapai, pendapat umum, persurat kabaran, kebudayaan, dan sebagainya).

Dalam inventarisasi serapan karbon disini lebih menitik beratkan kemampuan alami tumbuhan untuk menyerap CO₂ melalui proses fotosintesis yang menyebabkan dengan adanya RTH memiliki peran paling penting dalam menyerap CO₂ pada jumlah besar.

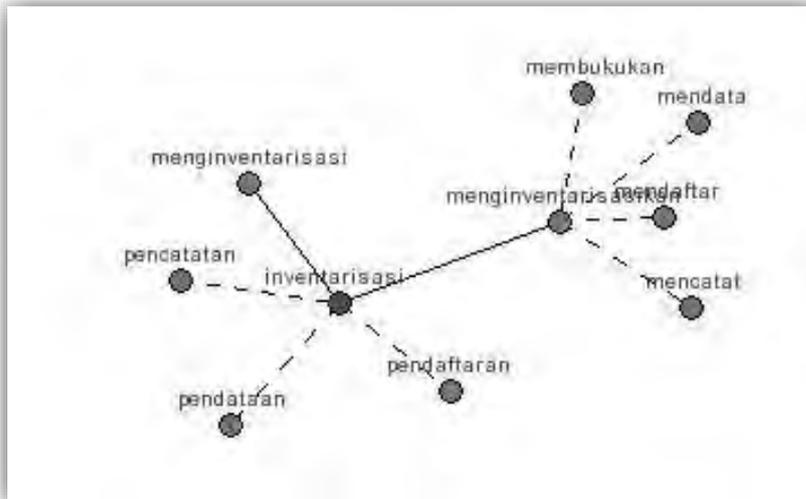
REDD+ adalah upaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dari deforestasi, degradasi hutan dan lahan gambut yang dilaksanakan dalam lahan berhutan dan lahan bergambut pada kawasan hutan dan non kawasan hutan, serta pemeliharaan dan peningkatan cadangan karbon disertai dengan manfaat tambahan berupa keanekaragaman hayati, peningkatan kesejahteraan masyarakat adat/lokal dan peningkatan kelestarian produksi jasa ekosistem lain.

REDD+ adalah mitigasi perubahan iklim karbon hutan untuk mengurangi sumber emisi gas rumah kaca tidak hanya melalui peningkatan penyerapan karbon, tetapi juga melalui pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi, meningkatkan stok karbon, konservasi dan pengelolaan hutan berkelanjutan.

Strategi Nasional REDD telah memutuskan empat upaya untuk mengimplementasikan program REDD di Indonesia, yaitu dengan mengurangi laju deforestasi, mengurangi laju degradasi hutan dan lahan, meningkatkan konservasi hutan dan meningkatkan cadangan karbon melalui pengelolaan hutan berkelanjutan dan pengembangan penanaman baru (Anonim, 2012 dalam Ekawati, dkk. 2012).

Apabila perubahan tidak bersifat permanen, maka yang terjadi adalah degradasi. Berdasarkan Permenhut yang sama, degradasi hutan adalah penurunan

kuantitas tutupan hutan dan stok karbon selama periode tertentu yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Dalam jangka panjang, pengaruh langsung manusia menyebabkan perubahan yang tetap pada hutan, hilangnya karbon hutan atau nilai lainnya, tetapi tidak mengurangi penutupan kanopi di bawah ambang batas yang ditetapkan, kondisi itu mengacu pada definisi hutan terdegradasi. Berikut adalah gambaran tentang arti dari inventarisasi secara global :



Gambar 2.2 Arti Inventarisasi

2.2.2 Inventarasi Gas Rumah Kaca (GRK)

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*). Emisi GRK adalah lepasnya GRK ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Serapan GRK adalah diserapnya GRK dari atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Simpanan karbon (*carbon stock*) adalah besaran karbon yang terakumulasi dalam tampungan karbon (*carbon pools*) di darat dan laut dalam jangka waktu tertentu.

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional bertujuan untuk menyediakan:

- a. Informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota.
- b. Informasi pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

Inventarisasi GRK dilakukan dengan cara :

- a. Pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon, serta penetapan faktor emisi dan faktor serapan GRK.
- b. Penghitungan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon.

2.3 Permukiman

Menurut Undang-Undang No. 1 tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, pengertian permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan. Sedangkan perumahan yaitu kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni.

Berdasarkan pengertian tersebut disebutkan bahwa terdapat kumpulan rumah yang didefinisikan sebagai bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, sarana pembinaan keluarga, cerminan harkat dan martabat penghuninya, serta aset bagi pemiliknya.

Berdasarkan Surat Keputusan Bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Pekerjaan Umum, dan Menteri Negara Perumahan Rakyat No. 648-384 tahun 1992, kriteria-kriteria rumah yaitu:

- Rumah sederhana yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antara 54 m²-200m² dan biaya pembangunan m² tidak melebihi dari harga satuan per m² tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas pemerintah kelas C yang berlaku.
- Rumah menengah yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antara 200 m²-600 m² dan/atau biaya pembangunan per m² antara harga satuan per m² tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas pemerintah kelas C sampai kelas A yang berlaku.
- Rumah mewah yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antar 600 m² -2000 m² dan/atau biaya pembangunan per m² di atas harga satuan per m² tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas kelas A yang berlaku.

Di Surabaya jenis-jenis permukiman sangat variatif, dari jenis permukiman formal dalam bentuk *real estate*, rumah susun, hingga jenis perumahan informal dalam bentuk perumahan perkampungan dan rumah-rumah kumuh (Asririzky, 2010).

2.4 Ruang Terbuka Hijau

2.4.1 Pengertian Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau adalah bagian Kota yang tidak didirikan bangunan atau sedikit mungkin unsur bangunan, terdiri dari unsur alam (antara lain vegetasi dan air) dan unsur binaan antara lain taman kota, jalur hijau, pohon-pohon pelindung tepi jalan, hutan kota, kebun bibit, pot-pot kota, pemakaman, pertanian kota yang berfungsi meningkatkan kualitas lingkungan (Anonim, 2003).

Ruang terbuka hijau di wilayah perkotaan merupakan bagian dari penataan ruang kota yang berfungsi sebagai kawasan hijau pertamanan kota, kawasan hijau hutan kota, kawasan hijau rekreasi kota, kawasan hijau kegiatan olahraga kawasan hijau dan kawasan hijau pekarangan. Ruang terbuka hijau adalah ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas, baik dalam bentuk area/kawasan maupun dalam bentuk area memanjang/jalur. Pemanfatan ruang terbuka hijau lebih bersifat pengisian hijau tanaman atau tumbuh-tumbuhan secara alamiah ataupun budidaya tanaman seperti lahan pertanian, pertamanan, perkebunan dan sebagainya (Anonim, 1988).

Ruang terbuka hijau yang ideal adalah 30 % dari luas wilayah (UU No.26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang). Hampir di semua kota besar di Indonesia, ruang terbuka hijau saat ini baru mencapai 10% dari luas kota. Padahal ruang terbuka hijau diperlukan untuk kesehatan, arena bermain, olah raga dan komunikasi publik. Pembinaan ruang terbuka hijau harus mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada.

2.4.2 Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008 menjelaskan bahwa RTH memiliki fungsi sebagai berikut:

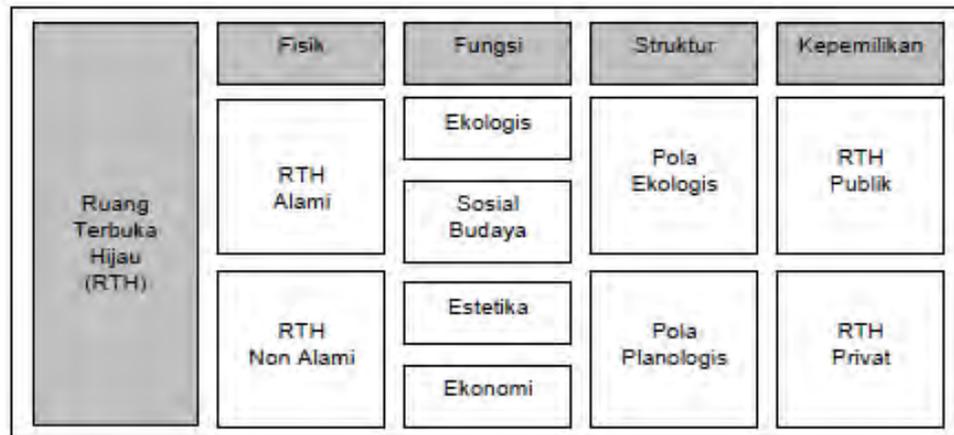
- a. Fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologis, yakni
 - Memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota)
 - Pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar
 - Sebagai peneduh
 - Produsen oksigen
 - Penyerap air hujan
 - Penyedia habitat satwa
 - Penyerap polutan media udara, air, dan tanah
 - Penahan angin
- b. Fungsi tambahan (ekstrinsik), yakni
 - Fungsi sosial dan budaya
 - Menggambarkan ekspresi budaya lokal
 - Merupakan media komunikasi warga kota
 - Tempat rekreasi
 - Wadah dan objek pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam
 - Fungsi ekonomi
 - Sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur mayur

- Bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain
- Fungsi estetika
 - Meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lansekap kota secara keseluruhan
 - Menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota
 - Pembentuk faktor keindahan arsitektural
 - Menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun

Keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) diperlukan guna meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan secara ekologis, estetis, dan sosial. Secara ekologis, ruang terbuka hijau berfungsi sebagai pengatur iklim mikro kota yang menyejukkan. Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsur-unsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, angin dan curah hujan. Ruang terbuka hijau memberikan pasokan oksigen bagi makhluk hidup dan menyerap karbon serta sumber polutan lainnya. Secara ekologis ruang terbuka hijau mampu menciptakan habitat berbagai satwa, misalnya burung. Secara estetis, ruang terbuka hijau menciptakan kenyamanan, harmonisasi, kesehatan, dan kebersihan lingkungan. Secara sosial, ruang terbuka hijau mampu menciptakan lingkungan rekreasi dan sarana pendidikan alam. Ruang terbuka hijau yang dikelola sebagai tempat pariwisata dapat membawa dampak ekonomis seperti meningkatkan pendapatan masyarakat (Putra, 2012).

2.4.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan pembagian jenis-jenis RTH yang ada sesuai dengan tipologi RTH sebagaimana gambar berikut (Anonim, 2008):

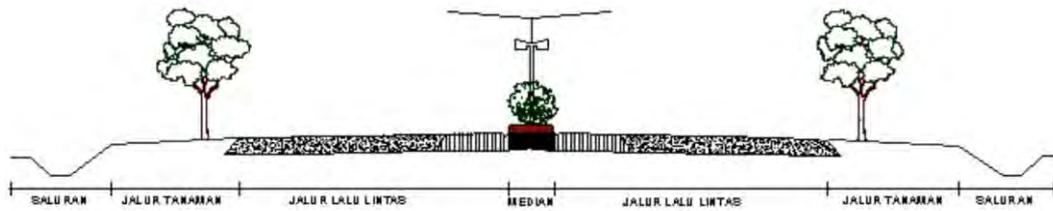


Gambar 2.3 Tipologi RTH (Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan)

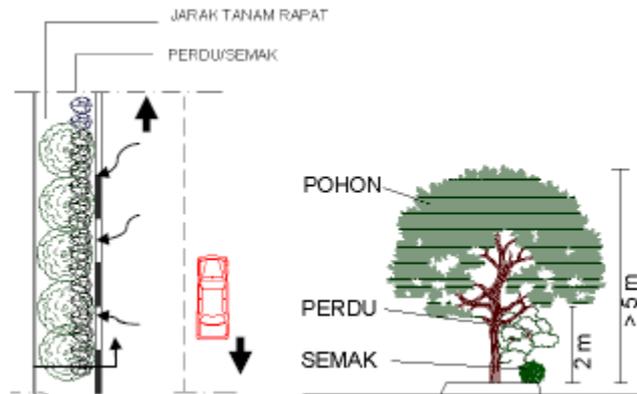
Secara fisik RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman-taman nasional serta RTH non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsi RTH dapat berfungsi ekologis, sosial budaya, estetika, dan ekonomi. Secara struktur ruang, RTH dapat mengikuti pola ekologis (mengelompok, memanjang, tersebar), maupun pola planologis yang mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan.

Untuk jalur hijau jalan, RTH dapat disediakan dengan penempatan tanaman antara 20–30% dari ruang milik jalan (rumija) sesuai dengan klas jalan. Untuk menentukan pemilihan jenis tanaman, perlu memperhatikan 2 (dua) hal, yaitu fungsi tanaman dan persyaratan penempatannya. Disarankan agar dipilih jenis tanaman khas daerah setempat, yang disukai oleh burung-burung, serta tingkat evapotranspirasi rendah.

Berikut gambar contoh pola RTH jalur hijau menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 .



Gambar 2.4 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan



Gambar 2.5 Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara

Dari segi kepemilikan, RTH dibedakan ke dalam RTH publik dan RTH privat. Pembagian jenis-jenis RTH publik dan RTH privat adalah sebagaimana tabel berikut.

Tabel 2.4 Pembagian Jenis-Jenis RTH Publik dan RTH Privat

No.	Jenis	RTH Publik	RTH Privat
1.	RTH Pekarangan		
	a. Pekarangan rumah tangga		V
	b. Halaman perkantoran, pertokoan, dan tempat usaha		V
	c. Taman atap bangunan		V
2.	RTH Taman dan Hutan Kota		
	a. Taman RT	V	V
	b. Taman RW	V	V
	c. Taman Kelurahan	V	V
	d. Taman Kecamatan	V	V
	e. Taman Kota	V	
	f. Hutan Kota	V	
	g. Sabuk Hijau (green belt)	V	
3.	RTH Jalur Hijau Jalan		
	a. Pulau jalan dan median jalan	V	V

Lanjutan Tabel 2.4

	b. Jalur pejalan kaki	V	V
	c. Ruang dibawah jalan layang	V	
4.	RTH Fungsi Tertentu		
	a. RTH sempadan rel kereta api	V	
	b. Jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi	V	
	c. RTH sempadan sungai	V	
	d. RTH sempadan pantai	V	
	e. RTH pengamanan sumber air baku/ mata air	V	
	f. Pemakaman	V	

Sumber: Anonim, 2008

Baik RTH publik maupun privat memiliki beberapa fungsi utama seperti fungsi ekologis serta fungsi tambahan, yaitu sosial budaya, ekonomi, estetika/arsitektural. Khusus untuk RTH dengan fungsi sosial seperti tempat istirahat, sarana olahraga dan atau area bermain, maka RTH ini harus memiliki aksesibilitas yang baik untuk semua orang, termasuk aksesibilitas bagi penyandang cacat. Tanel 2.4 menjelaskan bahwa pembagian jenis-jenis RTH Publik dan RTH privat.

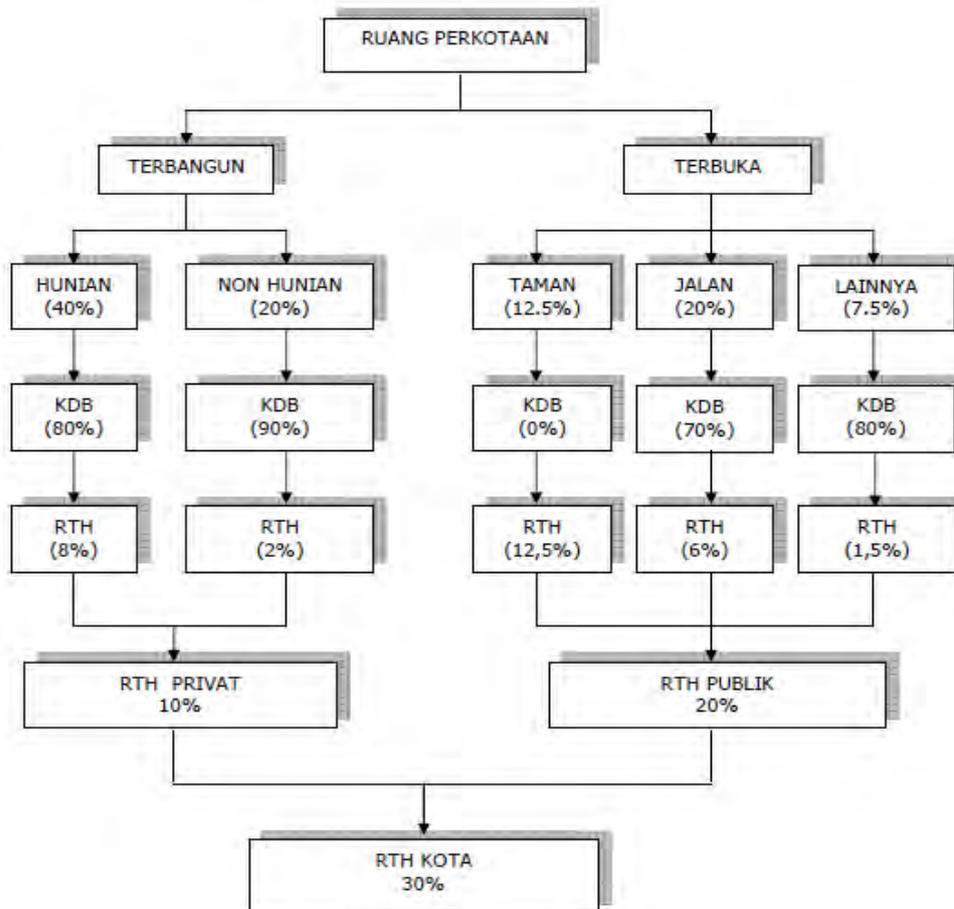
2.4.4 Proporsi Ruang Terbuka Hijau

Pembinaan ruang terbuka hijau haruslah mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada. Perlunya penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau menurut Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang ditetapkan bahwa proporsi luasannya paling sedikit 30% dari luas wilayah kota, yang diisi oleh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% ruang terbuka hijau publik dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat. Ketetapan RTH privat 10% bertujuan untuk menyelaraskan RTH secara keseluruhan/merata karena keberadaan RTH publik tidak merata (Grose, 2009).

Proporsi 30% merupakan ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan keseimbangan mikroklimat, maupun sistem ekologis lain yang dapat meningkatkan ketersediaan

udara bersih yang diperlukan masyarakat, serta sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota. RTH publik seluas minimal 20% dimaksudkan agar proporsi RTH minimal dapat lebih dijamin pencapaiannya sehingga memungkinkan pemanfaatannya secara luas oleh masyarakat.

Bagan proporsi RTH kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan

Komposisi untuk RTH publik sebesar 20% ini jika dibandingkan dengan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) meliputi 12.5% taman, 6% jalan, dan 1.5% lain-lain seperti pemakaman, lapangan olahraga, dan lahan pertanian perkotaan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan). Yang dimaksud dengan KDB adalah angka persentase perbandingan antara luas

seluruh lantai dasar bangunan gedung dan luas lahan/tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai sesuai rencana tata ruang dan rencana tata bangunan dan lingkungan. Bagan proporsi RTH kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 2.6.

2.4.5 Bentuk dan Jenis Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Menurut Undang-Undang Penataan Ruang No.26 Tahun 2007, bentuk ruang ruang terbuka hijau yaitu :

- a. Ruang terbuka hijau publik yaitu ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah yang digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara umum. Ruang Terbuka Hijau publik terdiri dari taman rekreasi, taman/lapangan olahraga, taman kota, taman pemakaman umum (TPA), jalur hijau (sempadan jalan, sungai, rel kereta api dan SUTET) dan hutan kota (hutan kota konservas, wisata, industri).
- b. Ruang terbuka hijau privat yaitu ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh perseorangan, swasta, kelompok lembaga/instansi tertentu. RTH privat terdiri dari halaman rumah, halaman kantor, halaman sekolah, halaman tempat ibadah, halaman rumah sakit, kelompok halaman hotel, kawasan industri, stasiun, bandara, dan lahan.

Jenis RTH berdasarkan pada Peraturan Menteri Dalam Negeri No.1 Tahun 2007 pasal 6 mengenai Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan (RTHKP) antara lain yaitu :

- a. Taman
- b. Taman wisata alam
- c. Taman rekreasi
- d. Taman lingkungan perumahan dan pemukiman
- e. Taman lingkungan perkantoran dan gedung komersial
- f. Taman hutan raya
- g. Hutan kota
- h. Hutan lindung
- i. Bentang alam, misalnya : gunung, bukit, lereng dan lembah
- j. Cagar alam

- k. Kebun raya
- l. Kebun binatang
- m. Pemakaman umum
- n. Lapangan olahraga
- o. Lapangan upacara
- p. Parkir terbuka
- q. Lahan pertanian perkotaan
- r. Jalur dibawah tegangan tinggi (SUTT dan SUTET)
- s. Sempadan sungai, pantai, bangunan, situ dan rawa
- t. Jalur pengaman jalan, median jalan, rel kereta api, pipa gas, dan pedestrian
- u. Kawasan dan jalur hijau
- v. Daerah penyangga (*buffer zone*) lapangan udara
- w. Taman atap (*roof garden*).

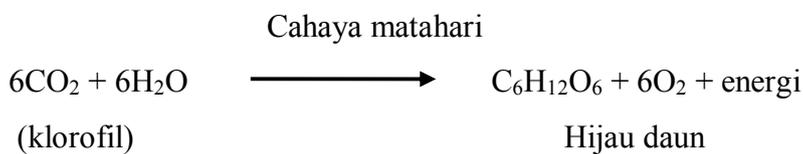
2.4.6 Penyerapan Karbondioksida (CO₂) oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH)

RTH merupakan penyerap gas karbondioksida yang cukup penting. RTH yang ada di perkotaan umumnya sangat bermanfaat bagi penyerap karbondioksida (CO₂) di udara. Bahkan ada beberapa tanaman yang memiliki kemampuan besar dalam menyerap CO₂. Jenis tanaman yang baik sebagai penyerap gas karbondioksida (CO₂) dan penghasil oksigen adalah damar (*Agathis alba*), daun kupukupu (*Bauhinia purpurea*), lamtoro gung (*Leucaena leucocephala*), akasia (*Acacia auriculiformis*), dan beringin (*Ficus benjamina*). Penyerapan karbon dioksida oleh RTH dengan jumlah 10.000 pohon berumur 16-20 tahun mampu mengurangi karbon dioksida sebanyak 800 ton per tahun (Simpson *and* McPherson, 1999 dalam Rizkatania, 2012).

Fotosintesis adalah proses dimana organisme hidup mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk molekul organik. CO₂ adalah salah satu bahan yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Sebagaimana diketahui, tumbuhan melakukan fotosintesis untuk membentuk zat makanan atau energi yang dibutuhkan tanaman tersebut. Dalam fotosintesis tersebut tumbuhan menyerap karbondioksida (CO₂) dan air yang kemudian di rubah menjadi glukosa dan oksigen dengan bantuan

sinar matahari. Kesemua proses ini berlangsung di klorofil. Kemampuan tanaman sebagai penyerap karbondioksida akan berbeda-beda. Banyak faktor yang mempengaruhi daya serap karbondioksida (Hartman and Kestr. 1986 dalam Rizkatania, 2012).

Fotosintesis sangat penting bagi kehidupan. Selain menghasilkan zat makanan pada tumbuhan, proses ini juga menghasilkan oksigen yang dibutuhkan bagi pernafasan manusia. Proses fotosintesis terjadi pada daun tumbuhan. Proses fotosintesis ini tidak berlangsung pada semua sel tetapi hanya pada sel yang mengandung pigmen fotosintetik. Dalam persamaan kimia, reaksi fotosintesis dapat digambarkan sebagai berikut:



Tumbuhan memerlukan cahaya sebagai sumber energi untuk melakukan fotosintesis. Cahaya tersebut merupakan bagian spektrum energi radiasi yang terdapat di bumi dan berasal dari matahari. Tetapan matahari adalah $200 \text{ kal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ (1395 W.m^{-2}). Ini merupakan jumlah energi yang diterima oleh suatu permukaan datar yang tegak lurus dengan sinar matahari dan tepat di sebelah luar atmosfer bumi. Tingkat radiasi matahari itu makin menurun setelah melewati bumi karena adanya penyerapan dan pemencaran. Radiasi matahari pada permukaan bumi, apabila permukaan tersebut tegak lurus terhadap sinar matahari, berkurang dari 2,0 menjadi antara 1,4 dan 1,7 $\text{kal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pada hari yang cerah. Selama siang hari ada sejumlah tertentu sinaran gelombang pendek yang tiba pada permukaan bumi. Jumlah itu bergantung pada garis lintang, musim, waktu sehari-harinya, dan derajat keberawanan (Rizkatania, 2012).

2.5 Efek Rumah Kaca

Cuaca di bumi sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari. Radiasi matahari yang mencapai bumi mencapai 342 Wm^{-2} . Sekitar 30% dari radiasi tersebut direfleksikan kembali ke angkasa luar karena adanya awan dan permukaan bumi. Permukaan bumi akan menyerap radiasi matahari sebesar 168 Wm^{-2} , sedangkan

atmosfer menyerap 67 Wm^{-2} . Atmosfer mempunyai beberapa lapis gas, termasuk gas rumah kaca dan awan, yang akan mengemisikan kembali sebagian radiasi infra merah yang diterima ke permukaan bumi. Dengan adanya lapisan ini maka panas yang ada di permukaan bumi akan bertahan dan proses ini dinamakan efek rumah kaca (Sugiyono, 2006).

Benny, 2007 menguraikan bahwa lapisan atmosfer terdiri dari, berturut-turut: troposfir, stratosfir, mesosfir dan termosfer: Lapisan terbawah (troposfir) adalah yang yang terpenting dalam kasus ERK. Sekitar 35% dari radiasi matahari tidak sampai ke permukaan bumi. Hampir seluruh radiasi yang bergelombang pendek (sinar alpha, beta dan ultraviolet) diserap oleh tiga lapisan teratas. Yang lainnya dihamburkan dan dipantulkan kembali ke ruang angkasa oleh molekul gas, awan dan partikel. Sisanya yang 65% masuk ke dalam troposfir. Di dalam troposfir ini, 14 % diserap oleh uap air, debu, dan gas-gas tertentu sehingga hanya sekitar 51% yang sampai ke permukaan bumi. Dari 51% ini, 37% merupakan radiasi langsung dan 14% radiasi difus yang telah mengalami penghamburan dalam lapisan troposfir oleh molekul gas dan partikel debu. Radiasi yang diterima bumi, sebagian diserap sebagian dipantulkan. Radiasi yang diserap dipancarkan kembali dalam bentuk sinar inframerah (Razak, 2010).

Sinar inframerah yang dipantulkan bumi kemudian diserap oleh molekul gas yang antara lain berupa uap air atau H_2O , CO_2 , metan (CH_4), dan ozon (O_3). Sinar panas inframerah ini terperangkap dalam lapisan troposfir dan oleh karenanya suhu udara di troposfir dan permukaan bumi menjadi naik. Terjadilah Efek Rumah Kaca. Gas yang menyerap sinar inframerah disebut Gas Rumah Kaca.



Gambar 2.7 Efek Rumah Kaca

Seandainya tidak ada ERK, suhu rata-rata bumi akan sekitar minus 18°C terlalu dingin untuk kehidupan manusia. Dengan adanya ERK, suhu rata-rata bumi 33°C lebih tinggi, yaitu 15°C. Jadi, ERK membuat suhu bumi sesuai untuk kehidupan manusia.

Namun, ketika pancaran kembali sinar inframerah terperangkap oleh CO₂ dan gas lainnya, maka sinar inframerah akan kembali memantul ke bumi dan suhu bumi menjadi naik. Dibandingkan tahun 50-an misalnya, kini suhu bumi telah naik sekitar 0,20 C lebih.

Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO₂ ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak (BBM), batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk mengabsorbsinya.

Energi yang masuk ke bumi mengalami : 25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer 25% diserap awan 45% diadsorpsi permukaan bumi 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi.

Energi yang diadsorpsi dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO₂ dan gas lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan, dengan adanya efek rumah kaca perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi tidak terlalu jauh berbeda (Razak, 2010)

2.6 Emisi Karbondioksida CO₂ dan Perhitungannya

2.6.1 Emisi Karbondioksida (CO₂)

Emisi karbondioksida adalah pemancaran atau pelepasan gas karbondioksida CO₂ ke udara. Sumber-sumber emisi CO₂ ini sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan menjadi 4 macam sebagai berikut:

1. *Mobile Transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan pengepungan/evaporasi gasoline.
2. *Stationary Combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industry, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energy oleh industry

3. *Industrial Processes* (proses industry) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
4. *Solid Waste Disposal* (pembuangan sampah) antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.

Emisi CO₂ dapat pula dikategorikan menjadi :

1. Emisi Langsung

Emisi ini merupakan emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya emisi CO₂ dari kendaraan bermotor.

2. Emisi Tidak Langsung

Emisi ini merupakan hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya konsumsi energy listrik di rumah tangga (Aqualdo, dkk. 2012).

2.6.2 Perhitungan Emisi

Untuk dapat menentukan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂, maka harus dilakukan penentuan estimasi total emisi CO₂ dari tiga sektor yakni sektor transportasi, industri dan pemukiman

1. **Emisi CO₂ Sektor Transportasi**

Untuk mendapatkan jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang maka dilakukan pengkonversian jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp) dengan rumus pada Persaman 2.1.

$$n = m \times FK \quad (2.1)$$

di mana,

n = Jumlah kendaraan (smp/jam)

m = Jumlah kendaraan setelah konversi
(kendaraan/jam)

FK = Faktor Konversi (smp/kendaraan)

Menurut Indonesia Highway Capacity Manual Part 1 Urban Road No. 09/T/BNKT/1993 pemakaian praktis nilai smp tiap jenis kendaraan digunakan nilai standar seperti yang ditampilkan pada .

Tabel 2.5 Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil penumpang)

No	Jenis Kendaraan	Smp
1.	Kendaraan Ringan	1,00
2.	Kendaraan Berat	1,20
3.	Sepeda Motor	0,25

(Sumber: Indonesian Highway Capacity Manual dalam Adiantari, 2010)

Perhitungan emisi akan dihitung dengan rumus pada Persamaan 2.2.

$$Q = n \times FE \times K \quad (2.2)$$

di mana:

- Q = Jumlah emisi (g /jam.km)
- n = Jumlah kendaraan (smp/jam)
- FE = Faktor emisi (g/liter)
- K = Konsumsi bahan bakar (liter/100 km)

2. Emisi CO₂ Sektor Permukiman (Emisi CO₂ Primer)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya emisi CO₂ primer dari sektor permukiman dapat dilihat pada Persamaan 2.3

$$\text{Emisi CO}_2 = EF \times \text{konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \quad (2.3)$$

Di mana :

- Konsumsi bahan bakar = bahan bakar yang dikonsumsi (Kg/bulan)
- EF = faktor emisi CO₂ bahan bakar (g CO₂/MJ)
- NCV = Net Calorific Volume (*energy content*) per unit massa atau volume bahan bakar (MJ/Kg)

3. Emisi CO₂ Sektor Industri (Emisi CO₂ Primer)

Berikut ini adalah rumus yang digunakan IPCC 2006 untuk menghitung emisi CO₂ primer kegiatan industri yang dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum FC \times CEF \times \text{NCV} \quad (2.4)$$

di mana :

- $\sum FC$ = jumlah bahan baker fosil yang digunakan (massa/volume)
- NCV = nilai Net Calorific Volume (*energi content*)

per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/kiloton fuel)

CEF = Carbon Emission Factor (ton CO₂/TJ)

Karena perhitungan emisi CO₂ primer untuk menggunakan nilai NCV dan CEF, maka berikut ini nilai NCV dan CEF untuk bahan bakar solar yang ditampilkan pada Tabel 2.8

Tabel 2.6 Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri

Bahan Bakar	NCV (TJ/Kilo Ton Fuel)	CEF (ton CO ₂ /TJ)
Solar	43	74,1

Sumber: IPCC, 2006

4. Estimasi Emisi dari Sektor Persampahan

Sampah yang di timbun di TPA berdasarkan IPCC 2006:

$$\text{Emisi CH}_4 = \left(MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{2} - R \right) \times (1 - OX) \quad (2.5)$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Emisi methane} \times \left(\frac{1-F}{F} + OX \right) \times 44/16 \quad (2.6)$$

Keterangan:

MSW_T = timbulan sampah kota (Gg/yr)

MSW_F = fraksi timbulan sampah kota yang ditimbun di TPA

MCF = Faktor koreksi metan (fraksi)

DOC = Degradasi organik karbon (fraksi) (Kg C/Kg sampah)

DOC_F = Fraksi dari DOC

F = Fraksi dari CH₄ di TPA (0,5 berdasarkan IPCC)

R = Recovery CH₄ (Gg/yr)

OX = Faktor oksidasi (0,1 berdasarkan IPCC)

44 = MR dari CO₂ (kg/kg-mol)

16 =MR dari CH₄ (kg/kg-mol)

Keterangan lebih lanjut mengenai DOC, DOCF, F, R, dan OX berdasarkan IPCC (2006) adalah sebagai berikut :

a. DOC

DOC adalah karakteristik yang menentukan besarnya gas CH₄ yang dapat terbentuk pada proses degradasi komponen organik/karbon yang

ada pada limbah. Pada sampah padat kota, DOC sampah bulk diperkirakan berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah. DOC ini dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan dry matter content (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah (persamaan 2.7).

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i) \quad (2.7)$$

dimana:

DOC = Fraksi degradable organic carbon pada sampah bulk, Ggram C/Gram sampah

DOC_i = Fraksi degradable organic carbon pada komponen sampah i (basis berat basah)

W_i = Fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)

I = Komponen sampah (misal sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dan lain-lain)

Tabel 2.7 Nilai DOC_i

No	Jenis Sampah	Nilai DOC _i
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,20
3	Sampah kertas	0,40
4	Sampah kayu dan jerami	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,24
7	Karet dan kulit	0,39
8	Lumpur	0,05
9	Kaca, plastik, logam	0
10	Lain-lain	0

Sumber : IPCC, 2006

b. *Fraction of Degradable Organic Dissimilated* (DOC_F)

DOC_F merupakan perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA. DOC_F juga merupakan penggambaran kenyataan bahwa beberapa karbon organik tidak terdegradasi atau terdegradasi sangat lambat, dalam kondisi anaerobik di TPA. Nilai standar yang direkomendasikan untuk DOC_F adalah 0,5 dengan asumsi bahwa lingkungan TPA dalam kondisi anaerobic. Nilai DOC_F tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dll.

c. Fraksi CH₄ pada gas Landfill yang dihasilkan (F)

Emisi gas CH₄ yang dihasilkan oleh sebagian besar sampah di landfill sekitar 50%. Bahan-bahan seperti minyak dan lemak dapat menghasilkan gas CH₄ lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi CH₄ adalah 0,5.

d. *Methane Correction Factors* (MCF)

Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) bergantung pada pengelolaan yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) tersaji pada Tabel 2.16.

Tabel 2.8 Klasifikasi TPA dan *Methane Correction Factors* (MCF)

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik ¹	1,0
Terkelola-semi-anaerobik ²	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampai >5m) dan/air tanah yang dangkal ³	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampai <5m) ⁴	0,4
TPA tidak memiliki katagori ⁵	0,6

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

1. TPA terkelola-anaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol setidaknya meliputi salah satu dari berikut : (i) tercover, (ii) pemadatan, atau (iii) perataan sampah
2. TPA terkelola-semianaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara untuk setiap lapisan sampah : (i) bahan penutup yang permeable, (ii) system drainase lindi, atau (iii) pengaturan umur kolam, (iv) system ventilasi gas
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal : semua TPA yang ditemukan adanya criteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman lebih besar atau sama dengan 5 m dan atau air tanah dangkal
4. TPA tidak terkelola-dangkal : semua TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5m
5. TPA tidak memiliki katagori : hanya jika Negara tidak dapat mengkatagorikan TPA ke dalam 4 katagori TPA yang disebutkan sebelumnya,

e. *Oxidation Factor* (OX)

Nilai dari *Oxidation Factor* (OX) menunjukkan sejumlah CH₄ dari TPA yang teroksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi tanah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi daripada TPA yang tidak dikelola. Nilai dari *Oxidation Factor* (OX) tersaji pada Tabel 2.11.

Tabel 2.9 *Oxidation Factor* (OX)

Tipe TPA	Nilai Standar Oxidation Faktor (OX)
TPA dikelola, tidak dikelola, dan tidak terkatagori ¹	1,0
TPA dikelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH ₄ ²	0,5

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

¹ Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi

² contohnya tanah, kompos

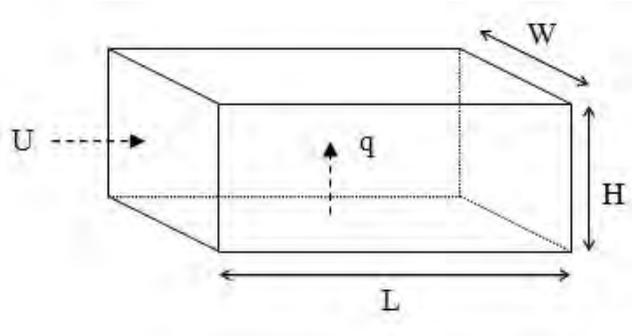
Setelah selesai melakukan perhitungan ulang terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri selanjutnya dilakukan perhitungan emisi CO₂ total tiap kecamatan yang merupakan hasil penjumlahan seluruh hasil perhitungan nilai emisi CO₂ dari kegiatan permukiman, industri, dan transportasi per kecamatan.

2.7 Metode Box Model

Salah satu model pendugaan konsentrasi adalah model kotak (box model) yang biasanya digunakan untuk pendugaan kualitas udara (Pentury, 2003).

Model box dipakai untuk memprakirakan (menduga) konsentrasi polutan rata-rata di udara pada daerah yang mempunyai beberapa sumber pencemar dalam skala kecil dan tersebar secara merata. Model ini memiliki beberapa kelemahan yang selanjutnya diharapkan ada usaha untuk memperbaiki model ini dalam membantu pemantauan kualitas udara (Pentury, 2003).

Box model digunakan untuk menghitung tingkat emisi pada suatu area dan tinggi pencemaran tertentu dengan memasukkan kontribusi emisi dari daerah yang ditinjau. Visualisasi model box disajikan pada gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.8 Visualisasi Box Model

Gambar 2.8 merupakan visualisasi persebaran emisi pencemar berdasarkan prinsip *box model*. Di mana emisi pencemar yang dihasilkan oleh kontributor (q) menyebar dalam suatu batasan ruang berupa *box* dengan volume tertentu. Batas area adalah permukaan tanah sebagai batas bawah dan batas atas merupakan lapisan inversi (batas *mixing height*). *Box model* digambarkan dengan persamaan (2.8).

- a. Perhitungan konsentrasi pencemar $C(t)$

$$C(t) = \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \quad (2.8)$$

Dimana:

$C(t)$ = Konsentrasi pencemar (mg/m^3)

q = Rata-rata emisi pencemar per meter persegi ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{detik}$)

L = Panjang kotak (m)

H = Tinggi pencampuran udara (m)

U = Rata-rata kecepatan angin (meter/detik)

t = Waktu tempuh (detik)

- b. Perhitungan volume box

Volume box (m^3) =

$$\text{Luas Wilayah studi (m}^2\text{) x Tinggi lapisan inversi (m)} \quad (2.9)$$

- c. Perhitungan massa CO_2

$$\text{Massa CO}_2 \text{ (mg) = } C(t) \text{ (mg/m}^3\text{) x Volume box (m}^3\text{)} \quad (2.10)$$

- d. Perhitungan Emisi CO_2

$$Emisi CO_2 (mg/detik) = \frac{Massa CO_2}{t(detik)} \quad (2.11)$$

(Hermana , 2003 dalam Setiawan 2013).

Didalam penyebarannya, emisi pencemar juga dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin (U).

Menurut Mukono, 1999 dalam Pentury (2003), Pendugaan kualitas udara dengan *box model* ini menggunakan beberapa asumsi, yaitu:

- Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap). Pengertian konstan dalam hal ini adalah apabila polutan udara pada keadaan P (massa per satuan waktu) memasuki suatu volume udara ambien yang bergerak pada suatu arah dengan kecepatan (U) yang konstan.
- Udara yang bergerak di atmosfer dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian (H). Udara yang bergerak juga dibatasi oleh arah tegak lurus terhadap kecepatan angin.

2.8 Peran Tumbuhan Sebagai Penyerap Gas CO₂

Tanaman sebagai komponen pengisi ruang terbuka hijau memiliki banyak manfaat. Menurut Simond (1983), beberapa dari manfaat tersebut diantaranya yaitu :

- a. Sebagai produsen utama dalam siklus rantai makanan yang terjadi di alam
- b. Sebagai penyimpan cadangan air tanah, mengurangi aliran air permukaan dan mencegah terjadinya erosi tanah.
- c. Mampu memberikan kesejukan bagi lingkungan di sekitarnya.
- d. Mampu menjaga iklim mikro yaitu dalam meminimalisir tingginya suhu dan kelembapan udara terutama di wilayah perkotaan.
- e. Mampu menjaga kesuburan tanah dan memperbaiki struktur hara di dalam tanah.

Tumbuhan yang ada di dalam dan di sekitar kota dapat diarahkan untuk mengatasi efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah gejala lebih hangatnya suhu udara khususnya di pusat kota. Hutan dan taman kota dapat menyerap gas CO₂. Hutan Kota dapat menciptakan iklim mikro yang sejuk dan nyaman. Oleh sebab itu, efek rumah kaca dapat diatasi dengan baik oleh hutan kota yang luas. Tumbuhan dapat menyerap gas CO₂ melalui proses fotosintesa dengan rumus:



Kemampuan tanaman dalam menyerap gas CO₂ bermacam-macam. Menurut Prasetyo *et al*, (2002) hutan yang mempunyai berbagai macam tipe vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ yang berbeda. Daya serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10. Cadangan Karbon Dan Daya Serap Gas CO₂ Berbagai Tipe Penutupan Vegetasi

No	Tipe Penutupan	Daya Serap gas CO ₂ (kg/ha/jam)	Daya serap CO ₂ (ton/ha/tahun)
1.	Pohon	129,92	569,07
2.	Semak Belukar	12,56	55,00
3.	Padang Rumput	2,76	12,00
4.	Sawah	2,74	12,00

Sumber : Prasetyo *et al*. (2002) *dalam* Tinambunan (2006)

Menurut Gordinho *et al* (2003), tanaman mahoni yang berumur 11 tahun dengan kepadatan 940 pohon/ha mempunyai daya serap sebesar 25,40 ton CO₂/ha/tahun, sedangkan tanaman mangium dengan umur yang sama namun kepadatannya 912 pohon/ha mempunyai daya serap 23,64 ton CO₂ /ha/tahun. Kemudian Hairiah *et al* (2001) *dalam* (Dahlan, 2007) menyatakan bahwa tanaman sengon dapat menyerap 33,03 ton CO₂/ha/tahun, sedangkan perkebunan kopi mampu menyerap 8,07 ton CO₂/ha/tahun.

Penelitian Endes N. Dahlan memberikan hasil bahwa trembesi (*Samanea saman*) terbukti menyerap paling banyak karbondioksida. Dalam setahun, trembesi mampu menyerap 28.488,39 kg karbondioksida. Selain pohon trembesi, didapat juga berbagai jenis tanaman yang mempunyai kemampuan tinggi sebagai tanaman penyerap CO₂. Pohon-pohon itu diantaranya adalah cassia, kenanga, pingku, beringin, krey payung, matoa, mahoni, dan berbagai jenis tanaman lainnya. Daftar tanaman yang mempunyai daya serap karbondioksida yang tinggi berdasarkan hasil riset Endes N. Dahlan yang dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Hutan yang mempunyai berbagai macam tipe penutupan vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ yang berbeda. Tipe penutupan vegetasi tersebut berupa pohon, semak belukar, padang rumput, sawah. Daya serap berbagai macam tipe kemampuan pohon menyerap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2.11. Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg/pohon/tahun)
1	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28448,39
2	Cassia	<i>Cassia sp</i>	5295,47
3	Kenanga	<i>Canangium odoratum</i>	756,59
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	756,59
5	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
6	Krey payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
7	Matoa	<i>Pornetia pinnata</i>	329,76
8	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenantha pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
12	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	126,51
13	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
14	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
17	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
18	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i>	36,19
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20	Bunga merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
21	Sempur	<i>Dilena retusa</i>	24,24
22	Khaya	<i>Khaya anotheca</i>	21,90
23	Merbau pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
24	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	15,19
25	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
26	Asam kranji	<i>Pithecelobium dulce</i>	8,48
27	Sapu tangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	8,26
28	Dadap merah	<i>Erythra cristagalli</i>	4,55
29	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	2,19
30	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
31	Kempas	<i>Coompasia excelsa</i>	0,20

Sumber : Dahlan, 2007

Keterangan Tabel 2.13 :

- 1-2 : Sangat tinggi
- 3-5 : Tinggi
- 6-10 : Agak tinggi
- 11-16 : Sedang
- 17-24 : Rendah
- 24-31 : Sangat rendah

Tabel 2.11 menunjukkan kemampuan daya serap CO₂ dari berbagai jenis pohon berdasarkan hasil riset Dahlan (2007) yang digunakan dalam penelitian ini, tidak hanya berdasarkan tabel 2.11 adapun berdasarkan Pentury (2003) dalam menghitung kemampuan serapan CO₂ berdasarkan jenis pohon yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.12 Kemampuan Penyerapan Beberapa Jenis Pohon dan Perdu

No	Jenis Tanaman	Serapan CO ₂ /daun (ppm)	Serapan CO ₂ /tajuk (ppm)	Serapan CO ₂ /tajuk (mg/m ³)
1	Angsana/Sono (<i>Pterocarpus indica</i>)	0,648428	4,2601692	4260,1692
2	Tanjung (<i>Mimusops elengi</i>)	0,288396	1,8947626	1894,7626
3	Bungur	0,210706	1,3843413	1384,3413
4	Mahoni	0,213087	1,3999830	1399,9830
5	Johar	0,060160	0,3952264	395,2264
6	Beringin	0,092060	0,6048314	604,8314
7	Asam	0,127679	0,8388489	838,8489
8	Sawo kecil	0,529727	3,4803058	3480,3058
9	Mangga	0,636577	4,1823080	4182,3080
10	Tabebuaya	0,213720	1,4041710	1404,1710
11	Kupu	0,191323	1,2569897	1256,9897
12	Glodokan	0,319648	2,1000861	2100,0861
13	Akasia	0,196486	1,2909155	1290,9155

Sumber: Pentury, 2003

Laju serapan CO₂ dapat dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi dan jenis tumbuhan. Menurut Pentury (2003), laju serapan CO₂ berdasarkan luas tutupan vegetasi per satuan luas (S) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12)

$$S = 0,2278 e^{(0,0048 \cdot I)} \quad (2.12)$$

Dimana:

- S = Laju serapan CO₂
- I = Intensitas cahaya (kal/cm²/hari)
- e = Bilangan pokok logaritma natural
- 0,0048 = Koefisien intensitas cahaya
- 0,2278 = Konstanta perjumlahan

Intensitas cahaya yang digunakan harus sesuai dengan kondisi iklim Kota Malang. Karena Kota Malang beriklim tropis maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang terdapat dalam Tabel 2.12.

Sedangkan untuk pengukuran luasan tajuk dilakukan dengan cara mengukur diameter tajuk menggunakan meteran. Tiap tajuk tanaman diukur dua kali secara tegak lurus kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Nilai luas tajuk didapat dengan formula Mangold (1997) dalam Pratiwi (2012) pada persamaan (2.13).

$$LT = \pi \left(\frac{r1+r2}{2} \right)^2 \times \text{Kerapatan Tajuk} \quad (2.13)$$

Dimana:

LT = Luasan Tajuk (m²)

π = 3,14 (konstanta)

r = Diameter tanaman (m)

Kerapatan Tajuk = Persentase Kerapatan (1-100%)

Tabel 2.13 Intensitas Cahaya

Garis Lintang (derajat)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	Tahun
	kal / cm ² /hari												
U	90	0	0	55	518	903	1077	944	605	136	0	0	3540
	80	0	3	143	518	875	1060	930	600	219	17	0	3660
	60	86	234	424	687	866	983	892	714	494	258	113	4850
	40	358	538	663	847	930	1001	941	843	719	528	397	6750
	20	631	795	821	914	912	947	912	887	856	740	666	8070
Katuliwiwa	844	963	878	876	803	803	792	820	891	866	873	829	8540
S	20	970	1020	832	737	608	580	588	680	820	892	986	8070
	40	998	963	686	515	358	308	333	453	648	817	994	6750
	60	947	802	459	240	95	50	77	187	403	648	920	4850
	80	981	649	181	9	0	0	0	0	113	459	917	3660
	90	995	656	92	0	0	0	0	0	30	447	932	3540

Sumber : Wilson, 1993 *dalam* Adiastari, 2010

2.9 Sistem Informasi Geografis

2.9.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System/GIS*) yang selanjutnya akan disebut SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989).

Sistem Informasi Geografis atau SIG atau yang lebih dikenal dengan SIG mulai dikenal pada awal 1980-an. Sejalan dengan berkembangnya perangkat komputer, baik perangkat lunak maupun perangkat keras, SIG berkembang mulai sangat pesat pada era 1990-an dan saat ini semakin berkembang.

Secara umum pengertian SIG sebagai berikut yaitu ” Suatu komponen yang terdiri dari **perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia** yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis ”.

Dalam pembahasan selanjutnya, SIG akan selalu diasosiasikan dengan sistem yang berbasis komputer, walaupun pada dasarnya SIG dapat dikerjakan secara manual, SIG yang berbasis komputer akan sangat membantu ketika data geografis merupakan data yang besar (dalam jumlah dan ukuran) dan terdiri dari banyak tema yang saling berkaitan.

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan *data spasial* yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

Berikut ini adalah beberapa karakteristik dari Sistem Informasi Geografis diantaranya antara lain :

1. SIG merupakan suatu sistem hasil pengembangan software dan hardware untuk tujuan pemetaan.

2. Melibatkan ahli geografi, informatika, dan komputer serta aplikasi terkait.
3. Terdapat beberapa masalah dalam pengembangan SIG, meliputi : cakupan, kualitas, dan standar data, struktur, model dan visualisasi data, koordinasi kelembagaan dan etika, pendidikan, expert system dan decision support system serta penerapannya.
4. Perbedaan SIG dengan sistem informasi lainnya adalah data dengan letak geografis dan terdiri dari data tekstual maupun grafik.
5. Tidak hanya sekedar mengubah peta konvensional (tradisional) ke bentuk peta digital untuk kemudian disajikan (dicetak/diperbanyak) kembali.
6. Mampu melakukan pengumpulan, penyimpanan, transformasi, menampilkan, memanipulasi, memadukan dan menganalisis data spasial dari fenomena geografis suatu wilayah.
7. Mampu melakukan penyimpanan data dasar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu masalah. Contoh : menyelesaikan masalah perubahan jumlah penduduk memerlukan informasi dasar seperti angka kelahiran dan angka kematian.

2.9.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sebagai sebuah sistem informasi, Geographic information System memiliki berbagai kemampuan dan kelebihan yang dapat membantu para manajer perusahaan dalam membuat keputusan kegiatan usahanya. Kemampuan dan kelebihan SIG antara lain :

a. Memetakan Letak

Kemampuan ini memungkinkan seseorang untuk mencari dimana letak suatu daerah, benda, atau lainnya di permukaan bumi. Kemampuan ini dapat digunakan untuk mencari lokasi rumah, mencari rute jalan, mencari tempat-tempat penting dan lainnya yang ada di peta.

b. Memetakan Kuantitas

Pemetaan kuantitas merupakan pemetaan yang memudahkan pengamatan terhadap data statistik atau suatu yang berhubungan dengan jumlah, seperti dimana yang paling banyak atau dimana yang paling sedikit. Dengan melihat pemetaan kuantitas dapat dicari tempat-tempat yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan dan digunakan untuk pengambilan

keputusan atau juga untuk mencari hubungan dari masing-masing tempat tersebut.

c. Memetakan Kerapatan

Pemetaan kerapatan sangat bermanfaat untuk data-data yang berjumlah besar seperti sensus atau data statistik daerah. Misalnya, untuk melihat lokasi pelanggan dengan jumlah pemakaian listrik terbanyak atau yang pemakaian listriknya lebih sedikit. Pada akhirnya data ini dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam menghadapi permasalahan-permasalahan yang terjadi akibat ketidakseimbangan kerapatan.

d. Memetakan Perubahan

Dengan memasukkan variabel waktu, SIG dapat dibuat untuk peta historika. Historia ini dapat digunakan untuk memprediksi keadaan yang akan datang dan dapat juga digunakan untuk mengevaluasi kebijakan perusahaan.

e. Memetakan apa yang ada di dalam dan di luar suatu area

SIG digunakan untuk mengawasi apa yang terjadi dan keputusan apa yang akan diambil dengan memetakan apa yang ada pada suatu area dan apa yang ada di luar area. Sebagai contohnya, sebuah gardu listrik dengan kapasitas tertentu dapat melayani pelanggan dalam jarak tertentu dari lokasi gardu listrik tersebut. Dengan pemetaan ini, dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk perencanaan ke depan, misalnya untuk memasang tambahan gardu listrik baru di area yang tidak terjangkau gardu listrik yang ada.

Selain berbagai kelebihan dan kemampuan diatas, Sistem Informasi Geografis juga masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah seringnya terdapat peta yang kadaluarsa karena tidak diperbaharui dan terkadang terdapat penggunaan skala yang tidak sesuai (C Vidya, 2009).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan di beberapa wilayah, di Kota Surabaya dan Malang. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi kasus: Kecamatan Kenjeran) oleh Pratiwi S.R (2012). Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung dilapangan dengan mengambil beberapa sampel yang terdiri dari tipe rumah mewah, menengah dan sederhana. Besarnya emisi CO₂ yang bersumber dari konsumsi energi berupa bahan bakar (LPG dan minyak tanah) dan dari *septictank* dihitung dengan pendekatan nilai faktor emisi dalam IPCC (*Intergovermental Panel on Climate Change*) dan dengan metode *box model*. Berdasarkan hasil penelitian, kemampuan serapan CO₂ RTH privat eksisting di Kecamatan Kenjeran untuk tipe rumah sederhana adalah 0,0001408 gr/detik, rumah menengah 0,0009187 gr/detik dan rumah mewah 0,0005520 gr/detik. RTH privat eksisting tersebut mencukupi dalam menyerap emisi CO₂ dari seluruh tipe rumah.
2. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Selatan, (Studi kasus:di Kecamatan Wonocolo, Surabaya Selatan oleh Putri A.A (2012). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis total emisi karbon rumah tangga tersebut dan apakah RTH privat eksisting sudah cukup mampu menyerapnya. Selain itu, dianalisis juga kecukupan RTH privat sebagai penghasil oksigen serta mengusulkan bagaimana rancangannya yang ideal. Metodologi yang dilakukan yaitu menganalisis perhitungan jumlah emisi CO₂ primer rumah tangga yang dihasilkan di Kecamatan Wonocolo dari sumber energi bahan bakar dan septictank menggunakan metode IPCC (*Intergovermental Panel on Climate Change*), serta menghitung tingkat emisi pada suatu area dan tinggi pencemaran tertentu dengan memasukkan kontribusi emisi dari daerah yang ditinjau menggunakan visualisasi Boxmodel. Hasilnya, kecukupan RTH privat menyerap emisi CO₂ berdasarkan luasan, hanya 29% (untuk rumah sederhana) dengan total laju serapan sebesar 43,5 grCO₂/detik dan total emisi karbon sebesar 150,67 grCO₂/detik. Untuk rumah menengah, kemampuan penyerapan RTH privat eksisting hanya 76% dengan total laju serapan sebesar 64 grCO₂/detik dan total emisi karbon sebesar 83,7 grCO₂/detik. Untuk tipe rumah mewah, sudah cukup kemampuan penyerapannya

mendekati 100%. Dan, apabila ditinjau dari kemampuan RTH privat eksisting memproduksi O₂ untuk tipe rumah sederhana dan menengah masih kurang, hanya sekitar 40%. Untuk tipe rumah mewah sudah cukup, karena lahan dan jenis tanaman yang cukup. Rancangan RTH privat ideal per tipe rumah, yaitu 57,4 m² untuk rumah sederhana, 42 m² untuk rumah menengah dan 165,4 m² untuk rumah mewah.

3. Efektivitas Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kota Malang Proyeksi Tahun 2016 oleh Ning Alfiyah. Penelitian ini dilakukan sebagai kebutuhan ruang terbuka hijau Kota Malang proyeksi tahun 2016 ditinjau dari jumlah penduduk, luas wilayah, kebutuhan oksigen dan kebutuhan air. Secara kuantitatif hasil evaluasi menunjukkan bahwa kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan jumlah penduduk antara peneliti dan Pemerintah Kota Malang adalah berbeda signifikan secara statistik. Hal ini ditunjukkan melalui uji t. Dalam uji t, nilai t hitung -7,231 dan t-tabel -2,228 dengan probabilitas signifikan 0,000. Perhitungan ini menunjukkan bahwa kebutuhan ruang terbuka hijau antara peneliti dan Pemerintah Kota Malang berbeda signifikan sebesar 7,231. Sedangkan hasil pengolahan data menunjukkan nilai t-hitung > t-tabel dan probabilitas < 0,05, maka dapat disimpulkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti lebih valid. Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan luas wilayah. Secara kuantitatif hasil evaluasi menunjukkan ruang terbuka hijau berdasarkan luas wilayah antara peneliti dan Pemerintah Kota Malang adalah berbeda signifikan secara statistik. Hal ini ditunjukkan melalui uji t. Dalam uji t, nilai t hitung adalah -63,793 dan t-tabel adalah -2,571 dengan probabilitas signifikan 0,000. Perhitungan ini menunjukkan bahwa kebutuhan probabilitas signifikan 0,000. Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan kebutuhan oksigen. Pemerintah Kota Malang tidak melakukan perhitungan berdasarkan kebutuhan oksigen. Secara kualitatif hasil evaluasi yang dilakukan peneliti juga lebih valid, karena menggunakan varian kriteria yang lebih lengkap, yaitu dengan merujuk pada kriteria jenis vegetasi, pohon, oksigen, jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor, karbondioksida serta jumlah dan kebutuhan oksigen industri. Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan kebutuhan air. Pemerintah kota

Malang tidak melakukan perhitungan berdasarkan kebutuhan air. Secara kualitatif hasil evaluasi yang dilakukan peneliti juga lebih valid.

4. Kompensasi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Dengan RTH Pada Ruas Jalan Borobudur Gerbang Konsep Jejak Ekologis oleh Rusdiana S. D.N (2011). Total jejak ekologis transportasi pada ruas jalan Borobudur adalah 2.1995,042 hektar. Hal ini dapat dilihat berdasarkan hasil perhitungan ekologis fisik dan jejak ekologis energi berikut ini :
 - Jejak ekologis fisik : jejak ekologis fisik ini diperoleh dari luas jalan lokasi penelitian yaitu dengan mengalikan panjang dan lebar jalan. Berdasarkan hasil perhitungan jejak ekologis fisik diketahui bahwa jejak ekologis fisik terbesar terdapat pada segmen 1 yaitu sebesar 0,59 ha. Sedangkan jejak ekologis terkecil terdapat pada segmen 2 yaitu sebesar 0,359 ha. Besar kecilnya jejak ekologis fisik kendaraan ini bergantung pada panjang jalan yang ditempuh kendaraan tersebut.
5. Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO₂ Dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen Di Kota Probolinggo oleh Agus Setiawan tahun 2013. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui jumlah emisi CO₂, tingkat kecukupan RTH dan kebutuhan luas RTH yang perlu disediakan di Kota Probolinggo. Hasil dari penelitian ini maksudkan dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi, masukan dan pertimbangan terhadap rencana penataan tata ruang wilayah Kota Probolinggo. Hasil analisa menunjukkan bahwa RTH eksisting di Kota Probolinggo ditinjau dari segi penyerapan emisi CO₂ masih kurang cukup dengan prosentase hanya sebesar 19,17%. Sedangkan berdasarkan pemenuhan kebutuhan oksigen sudah dirasa cukup meskipun prosentasenya hanya 1,77%. Kebutuhan luas RTH di Kota Probolinggo berdasarkan penyerapan emisi CO₂ diperkirakan akan terpenuhi pada tahun 2020 dan berdasarkan pemenuhan kebutuhan oksigen setiap tahunnya justru terus mengalami kekurangan luas RTH.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini adalah untuk menganalisis inventarisasi Ruang Terbuka Hijau (RTH) serta menganalisis kemampuan Ruang Terbuka Hijau dalam menyerap emisi karbondioksida (CO_2) di wilayah kota Malang dan memetakan kemampuan penyerapan CO_2 oleh RTH tersebut.

Adapun beberapa tahap analisis yang dilakukan yaitu studi literatur yang terkait dengan penelitian, pengumpulan data, dan analisis dari data yang dikumpulkan. Data yang dikumpulkan antara lain meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan survey yang diikuti dengan kuisioner. Kuisioner ini bertujuan memperoleh gambaran dan jumlah RTH sebagai serapan di pemukiman. Kegiatan survey yang akan dilakukan yaitu survey data luas area RTH publik dan privat, jenis jumlah dan kerapatan pohon pelindung. Data primer tersebut diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Sedangkan untuk data sekunder merupakan hasil studi penelitian terdahulu terkait dengan metode perhitungan kebutuhan RTH pada kawasan perkotaan. Selain itu dibutuhkan juga data sekunder berupa jumlah RTH eksisting yang ada, peta tata guna lahan, peta administrasi dan peta jalan Kota Malang, data jumlah KK, luas area penelitian, arah dan kecepatan angin serta tinggi inversi Kota Malang, jumlah dan persebaran taman, jalur hijau, pemakaman, dan RTH privat, data emisi karbon di Kota Malang, dan data kemampuan serapan CO_2 tanaman

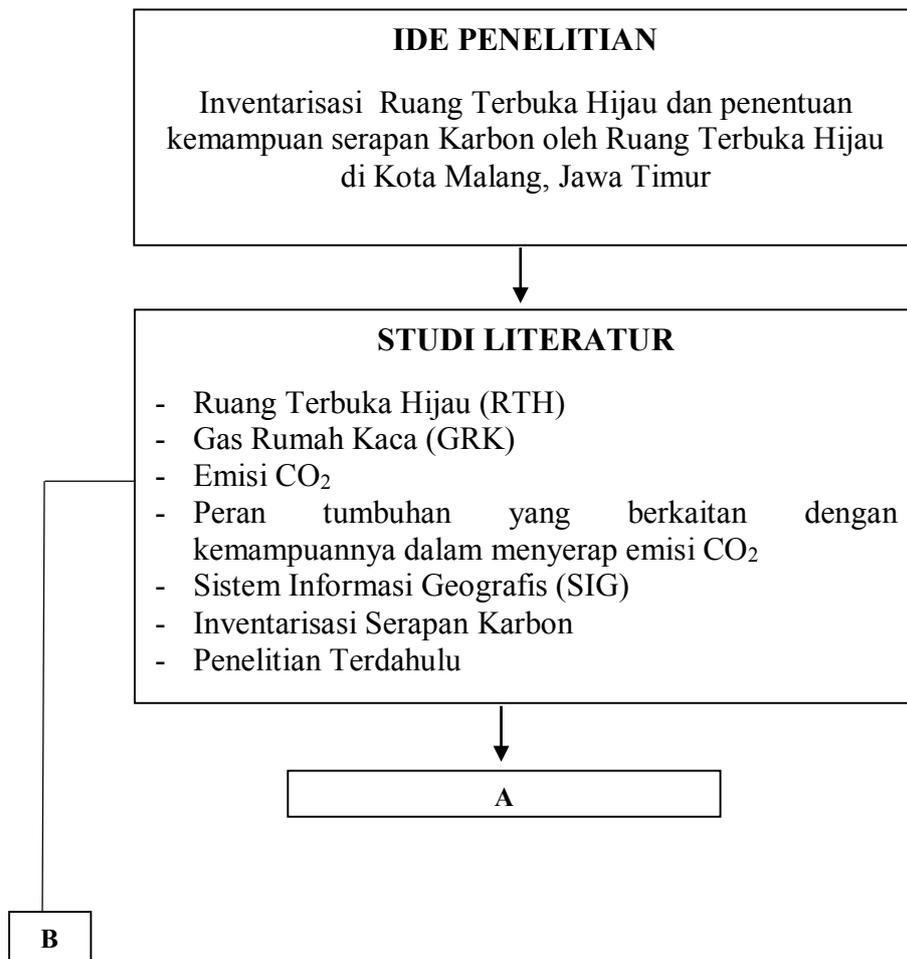
Setelah data diperoleh, data dianalisis menggunakan metode perhitungan matematis yaitu dengan menggunakan persamaan dari beberapa literatur. Kemudian diperoleh hasil analisis kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO_2 dan dilanjutkan melakukan pemetaan kemampuan serapan RTH di Kota Malang menggunakan Quantum GIS.

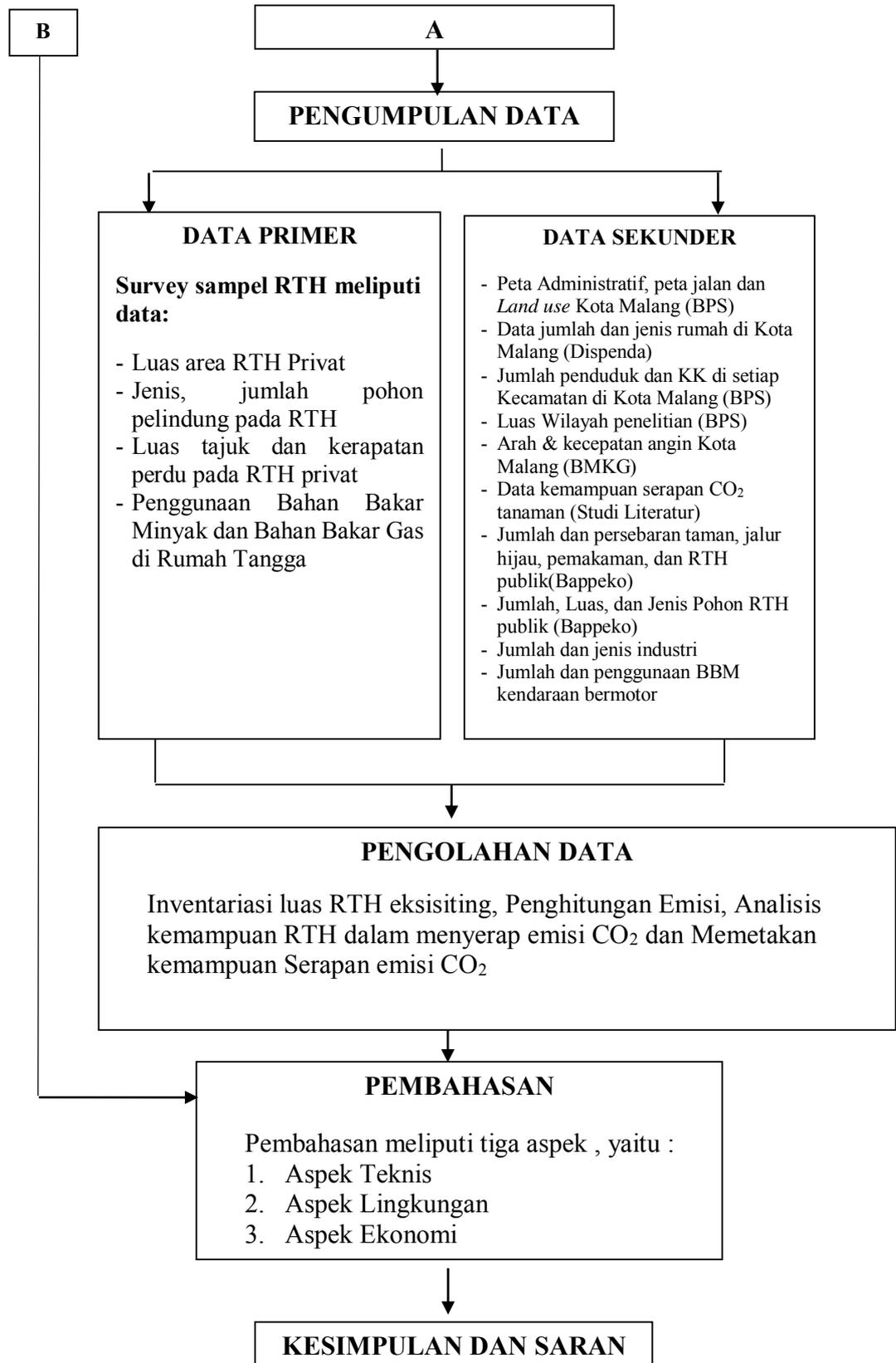
3.2 Kerangka Penelitian

Penyusunan kerangka penelitian dimaksudkan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian ini. Kerangka penelitian ini disusun dengan tujuan:

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan-tahapan penelitian secara sistematis agar pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi sistematis.
2. Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian, dari awal penelitian sampai penulisan laporan tesis
3. Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
4. Memperkecil dan menghindari terjadinya kesalahan-kesalahan selama melakukan penelitian.

Secara ringkas kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Isi dari tahapan penelitian adalah tentang bagaimana susunan langkah – langkah yang akan dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, persiapan peralatan dan bahan, penelitian pendahuluan, pelaksanaan penelitian, analisis parameter, analisa data dan pembahasan dan kesimpulan.

3.3.1 Ide Penelitian

Penyerapan karbon oleh ruang terbuka hijau dipengaruhi oleh jumlah, jenis serta karakteristik pohon serta luas ruang terbuka hijau tersebut. Berdasarkan jumlah karbon total yang dihasilkan Kota Malang dan jenis tumbuhan yang ada di Ruang Terbuka Hijau tersebut. Serta melihat luasan Ruang Terbuka Hijau yang dikelola Pemerintah Kota Malang, maka dapat dianalisis kemampuan penyerapan karbon dari pohon-pohon yang digunakan. Sehingga untuk mencapai suatu kesetimbangan dapat dianalisis kebutuhan jumlah dan jenis pohon yang diperlukan dan luas Ruang Terbuka Hijanya.

3.3.2 Studi Literatur

Studi pustaka dilakukan dari awal penelitian sampai akhir penelitian. Tahapan ini berfungsi untuk menunjang jalannya penelitian, guna memperoleh dasar teori yang jelas dan kuat untuk penelitian dan juga dalam pelaksanaan analisis dan pembahasan sehingga pada akhirnya diperoleh suatu kesimpulan dari hasil penelitian ini. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, jurnal penelitian, internet, penelitian pendahuluan. Beberapa bidang cakupan yang digunakan untuk studi literatur mencakup: ruang terbuka hijau (RTH), Gas Rumah Kaca (GRK), emisi CO₂, peranan tumbuhan yang berkaitan dengan kemampuannya dalam menyerap emisi CO₂, inventarisasi serapan karbon, Sistem Informasi Geografis (SIG), serta penelitian terdahulu.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan beberapa variabel yang diperlukan sebagai dasar pada tahap analisa dan pembahasan. Jenis data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder.

3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder

Data primer didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan. Pengambilan data primer ini dimaksudkan untuk menyesuaikan antara data sekunder yang telah diperoleh dengan keadaan sebenarnya tentang luas persebaran RTH privat maupun publik di Kota Malang dan data mengenai jenis serta jumlah tanaman yang ada di dalam RTH.

Data primer yang dibutuhkan meliputi :

- Luas pada masing-masing Ruang Terbuka Hijau privat dan publik
- Luas tutupan vegetasi pada RTH publik
- Luas tutupan perdu, jenis dan jumlah pohon pada RTH privat

Data tersebut digunakan sebagai dasar analisis dimana tanaman yang menjadi objek utama yang berperan dalam menyerap CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ manusia.

- ✓ Jenis pohon dapat ditentukan dengan metode pengamatan secara langsung kemudian dihitung jumlah berdasarkan jenisnya masing-masing. Pengamatan jenis pohon ini dilakukan pada RTH privat.
- ✓ Pengukuran luasan tajuk
Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur diameter tajuk. Sehingga tiap tajuk diukur dua kali secara tegak lurus kemudian dihitung rata-ratanya.
Nilai luas tajuk didapat dengan formula Mangold (1997) dalam Pratiwi (2012) pada persamaan (2.13).

Data sekunder didapatkan dari dinas atau instansi terkait yaitu Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, BMKG Kota Malang, Bappeda, serta instansi terkait lainnya. Data sekunder yang diperlukan antara lain:

- a. Data Ruang Terbuka Hijau Eksisting
Data ini meliputi data Ruang Terbuka Hijau publik yang ada di Kota Malang yaitu dimana jumlah, lokasi dan luas Ruang Terbuka Hijau Publik yang didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.
- b. Peta Administratif dan Land use (RTRW) kota Malang
Peta-peta tersebut digunakan antara lain, sebagai acuan dalam mengamati wilayah studi selama penelitian berlangsung yaitu sebagai arahan dalam

proses perijinan pengamatan langsung di lapangan hingga penarikan kesimpulan serta saran. Data ini didapatkan dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.

- c. Luas Wilayah Penelitian, Jumlah Kecamatan, dan Jumlah Rumah Penduduk
Data-data tersebut didapatkan dari Badan Pusat Statistik dan Dinas Pendapatan Daerah.
- d. Arah dan Kecepatan Angin Kota Malang
Arah dan kecepatan angin diperlukan dalam perhitungan *box model*. Dimana arah dan kecepatan angin menjadi salah satu faktor penentu dalam penyebaran emisi CO₂ dalam *box model* tersebut serta dalam perhitungan laju serapan CO₂. Data ini didapatkan dari BMKG dan Badan Pusat Statistik.
- e. Data Kemampuan Serapan CO₂ Tanaman
Data ini akan membantu dalam menentukan kemampuan serapan RTH terhadap emisi CO₂. Data ini berasal dari penelitian terdahulu.

3.3.3.2 Metode Sampling

Pada saat melakukan survey dilakukan perhitungan untuk menentukan jumlah dan lokasi sampling Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang. Cara pengambilan sampel yaitu dengan memilih ruang terbuka dari setiap lapisan secara acak. Untuk perhitungan penentuan sampel, digunakan rumus statistik *Stratified Random Sampling* menurut Krejcie dan Morgan (1970) dalam Pratiwi (2012) pada persamaan (3.1).

Pengambilan statistik menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (1970) karena berdasarkan literatur dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa untuk sampel perumahan menggunakan rumus statistik ini. Pengambilan sample dengan cara ini merupakan rumus umum yang dapat mewakili dalam pengambilan sampel. Dengan pengambilan sampel ini akan mempermudah dalam pengambilan secara acak. Selain itu juga karena ini bekerja secara team karena dilakukan berdasarkan kesepakatan bersama untuk menggunakan rumus ini untuk mempermudah memperkirakan seberapa besar standard error dalam pengambilan sampel di lapangan. Sehingga pengambilan sampel yang berjumlah 67 memakai selang kepercayaan hingga 95%.

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \quad (3.1)$$

Dimana:

- n = Jumlah total sampel wilayah studi
 N = Jumlah populasi dalam wilayah studi
 X² = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (jika selang kepercayaan 95 % maka X = 1,6; jika 99 % maka X = 2,58)
 P = Proporsi populasi (0,5 – 0,99)
 d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Pengambilan sampel dalam satu kecamatan digunakan perhitungan berikut.

$$ni = n \left(\frac{Ni}{N} \right) \quad (3.2)$$

Di mana:

- Ni = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi
 N = Jumlah total populasi wilayah studi
 n = Jumlah total sampel wilayah studi
 ni = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Untuk RTH yang tidak disurvei penentuan kemampuan daya serap CO₂-nya berdasarkan rata-rata kemampuan daya serap CO₂ per m² dari RTH yang telah disurvei namun sesuai dengan jenis RTHnya.

3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder

Pengolahan data primer dan sekunder dalam penelitian ini mencakup beberapa hal, yaitu:

a. Inventarisasi Keberadaan RTH Eksisting

Inventarisasi dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Instansi Pemerintahan yang ada.

b. Analisis Emisi CO₂

Analisis emisi CO₂ dilakukan dengan menggunakan data dari hasil penelitian terdahulu. Hasil perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan tersebut menjadi input data dalam penelitian ini. Perhitungan penentuan tingkat emisi karbon dengan menggunakan metode *box model*.

c. Analisis Daya Serap CO₂ oleh RTH Eksisting

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan kemampuan RTH privat dan publik eksisting dalam menyerap emisi tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan dua variabel yang saling dikombinasikan untuk mendapatkan data dan hasil perhitungan yang tepat. Adapun kedua variabel tersebut yaitu :

1. Perhitungan Kemampuan RTH eksisting Dalam Menyerap Emisi CO₂ Berdasarkan Jumlah dan Jenis Pohon

Perhitungan daya serap RTH eksisting berdasarkan pada data hasil pengumpulan sampel terhadap luasan dari berbagai jenis pohon pada RTH eksisting. Jumlah dan jenis pohon dalam RTH eksisting didapatkan dari pengumpulan hasil penelitian, kemudian sampel dianalisis kemampuan masing-masing dalam menyerap CO₂ sesuai dengan Tabel 2.10. Apabila jenis pohon yang terdapat pada RTH eksisting tidak tercantum dalam table 2.11 tersebut, maka metode perhitungan daya serap RTH eksisting dilakukan dengan berdasarkan pada luasan diameter tajuk pohon pelindung sebagaimana yang tercantum pada Tabel 2.10.

2. Perhitungan Kemampuan RTH eksisting Dalam Menyerap Emisi CO₂ Berdasarkan Luasan Tutupan Vegetasi

Menurut Putri (2012) untuk perhitungan serapan emisi CO₂ oleh RTH, terdapat beberapa langkah perhitungan seperti berikut:

- a. Pertama, dihitung laju serapan CO₂ per satuan luas dengan menggunakan Persamaan 2.12. Intensitas cahaya untuk daerah yang dilewati garis khatulistiwa selama satu tahun adalah 8540 kal/cm²/hari. Tabel Intensitas Cahaya dapat dilihat pada Tabel 2.12. Intensitas cahaya yang digunakan harus

sesuai dengan kondisi iklim Kota Malang. Karena beriklim tropis maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang terdapat dalam Tabel 2.12.

- b. Setelah didapat laju serapan CO₂ maka dapat diketahui kemampuan serapan ruang terbuka hijau dengan mengalikan laju serapan CO₂ dengan luas lokasi sampling yang telah diketahui.
- c. Cara kedua, kemampuan serapan dapat dihitung dengan mengalikan luas tutupan vegetasi atau tanaman sesuai Tabel 2.11 dan 2.12.

Perhitungan ini didasari oleh data luasan RTH publik eksisting yang diperoleh dari data sekunder. Untuk mendapatkan kemampuan serapan per luasan area atau per jenis RTH adalah dengan mengalikan luas tajuk yang diperoleh menggunakan Persamaan (2.13) dengan persen kerapatan dan laju serapan, seperti pada Persamaan 3.4.

$$\text{Daya Serap Area} = LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \quad (3.3)$$

Daya Serap Area = Kemampuan Jenis Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Emisi CO₂

LT = Luasan Tajuk masing-masing jenis pohon (m²)/
luas area RTH

Kerapatan = Kerapatan Tajuk masing-masing jenis pohon (%)
(minimal 20%, maksimal 100%)

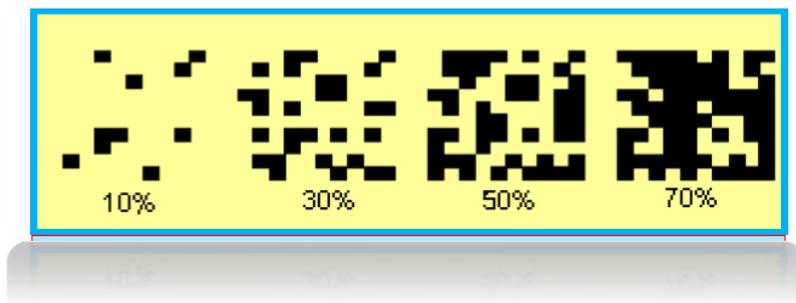
S = Laju serapan CO₂ (gram/detik)

Nilai laju serapan (S) diperoleh dari Persamaan (2.12) maupun dari Tabel (2.13)

Kerapatan tajuk merupakan parameter penting yang dapat diketahui dari data citra satelit untuk penentuan tingkat kekritisian. Kerapatan tajuk yaitu memiliki bobot nilai 35 dengan cara skoring sebagai berikut (Rahmi J., 2009) :

- a. Skor 3 : Kerapatan tajuk lebat (70-100 % atau $0,43 \leq NDVI \leq 1,00$)
- b. Skor 2 : Kerapatan tajuk sedang (50-69 % atau $0,33 \leq NDVI \leq 0,42$)
- c. Skor 1 : Kerapatan tajuk jarang ($< 50\%$ atau $-1,0 \leq NDVI \leq 0,32$)

Penentuan kerapatan tajuk pada tegakan harus konsisten untuk keseluruhan wilayah penaksiran, yaitu mewakili tipe kawasan lindung dan kerapatan tajuk yang berbeda. Profil persentase tajuk dapat didekati pada Gambar 3.2 .



Sumber: Anonim.2012

Gambar 3.2 Profil presentase Kerapatan Tajuk

Setelah didapatkan hasil kemampuan serapan yang dihitung dengan masing-masing luasan, maka dapat dilihat apakah emisi karbon dari kegiatan terserap sempurna oleh RTH di area tersebut. Perhitungan luasan RTH berdasarkan pada masing-masing RTH eksisting yang diperoleh berdasarkan hasil survey.

Perhitungan tersebut berlaku untuk RTH privat yang didasarkan perhitungan luas RTH privat eksisting pada masing-masing rumah penduduk di Kota Malang dengan pengambilan sampel secara acak.

d. Pemetaan Persebaran RTH Berdasarkan Kemampuan Serapan Terhadap CO₂

Setelah dilakukan perhitungan kemampuan RTH dalam menyerap emisi tersebut, kemudian dilakukan pemetaan lokasi RTH eksisting berdasarkan kemampuan serapan terhadap CO₂. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS. Dengan demikian dapat diketahui lokasi-lokasi yang membutuhkan penambahan RTH.

3.4 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka dilakukan pembahasan berdasarkan hasil analisa yang didapatkan. Pembahasan juga dilakukan berdasarkan pada teori yang ada. Analisis data dimaksudkan untuk mengolah data yang di dapat selama

penelitian untuk ditampilkan dalam bentuk yang mudah dipelajari dan dipahami. Analisis dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui kecukupan dari Ruang Terbuka Hijau yang berada di wilayah Kota Malang. Dalam pembahasan dilakukan analisis mencakup tiga aspek , yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek ekonomi.

Sedangkan untuk pembahasan aspek berikut penjelasannya :

1. Aspek Teknis

Dalam aspek teknis disini akan diketahui kemampuan serapan total emisi CO₂ oleh RTH dengan beban polusi CO₂ di Kota Malang. Jika kemampuan sudah diketahui maka akan dilakukan perbandingan keduanya yang bertujuan untuk mengetahui apakah kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH dapat mencukupi mereduksi beban polusi CO₂. Dalam aspek teknis ini akan dibahas seberapa besar kemampuan serapan RTH yang tersedia di Kota Malang. Sehingga penyebaran kemampuan serapan karbon di Kota Malang dapat dipetakan menggunakan SIG dan analisa langkah yang harus dilakukan pemerintah dalam pengembangan wilayah tanpa harus mengurangi RTH yang telah ada.

2. Aspek Lingkungan

Dalam aspek lingkungan ini pembahasan yang dilakukan yaitu menentukan dampak yang ditimbulkan akibat kurangnya Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang dalam menyerap emisi CO₂ yang terjadi. Sehingga dapat diketahui langkah yang dilakukan untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan tersebut.

3. Aspek Ekonomi

Pembahasan aspek ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui nilai ekonomi dari skenario yang telah direncanakan. Dengan adanya skenario maka akan lebih memungkinkan untuk dapat diterapkan di Kota Malang. Penetapan harga dalam perhitungan aspek ekonomi ini berdasarkan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya Tahun 2012. Dengan menggunakan standar ini diasumsikan kondisi perekonomian dan harga jual barang mendekati dengan standar Kota Surabaya.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dan saran didasarkan pada perumusan dan tujuan dari penelitian ini yang telah dirumuskan di tahap awal tadi. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan masukan untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya. Selain saran diberikan rekomendasi mengenai langkah-langkah ataupun upaya yang dapat dilakukan dalam melestarikan maupun meningkatkan keberadaan RTH privat permukiman khususnya di wilayah studi.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Apek Teknis

Aspek teknis yaitu dimana dalam pembahasan disini lebih menitik beratkan seberapa besar kemampuan penyerapan masing-masing dari RTH publik maupun dari RTH privat di Kota Malang dalam menyerap emisi yang berasal dari emisi industri, transportasi, permukiman dan persampahan. Penyebaran kemampuan serapan oleh RTH dengan pemetaan tapak karbon menggunakan Quantum SIG. Hasil tersebut dapat diketahui penyerbaran kemampuan serapan karbon oleh RTH di suatu wilayah termasuk tingkatan kemampuan serapan. Dengan adanya hasil pemetaan tersebut dapat dianalisis bahwa kemampuan serapan di masing-masing kecamatan di Kota Malang dapat dilihat persebarannya. Dengan begini persebaran emisi yang ada di Kota Malang dapat diketahui secara jelas. Berikut akan dibahas secara mendetail penyerapan masing-masing Ruang Terbuka Hijau dan besar emisi yang dihasilkan, sehingga dapat dihubungkan keduanya untuk dibuat sebuah *Box Model* untuk mempermudah dalam menggambarkan penyebaran di Kota Malang.

4.1.1 Potensi Penyerapan Masing-masing Ruang Terbuka Hijau

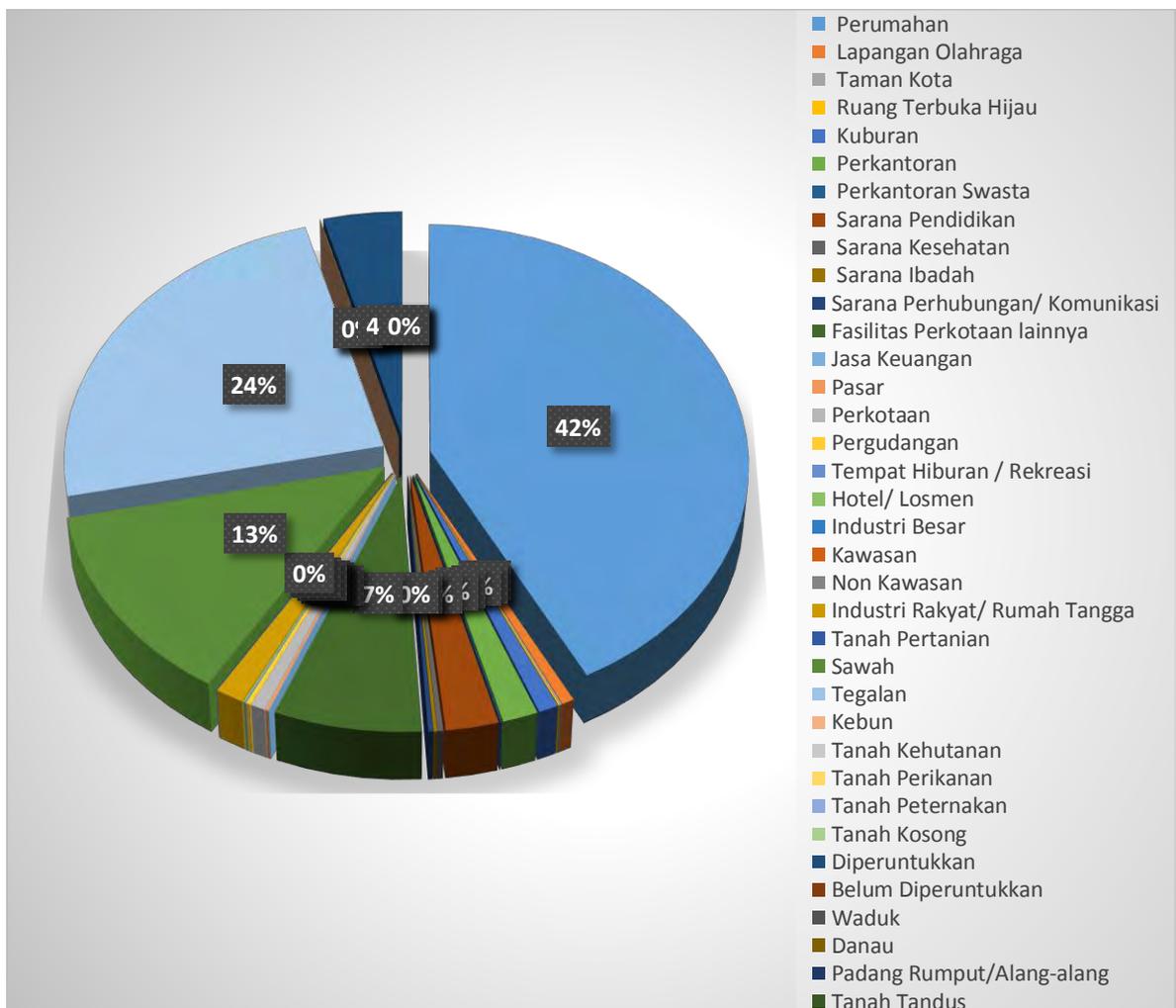
Dalam sub bab potensi penyerapan masing-masing ruang terbuka hijau ini, akan diuraikan penyerapan masing-masing ruang terbuka hijau privat maupun ruang terbuka hijau publik.

4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Privat

Menurut Undang-Undang Penataan Ruang no. 26 tahun 2007 ruang terbuka hijau privat yaitu ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh perseorangan, swasta, kelompok lembaga/instansi tertentu. RTH privat terdiri dari halaman rumah, halaman kantor, halaman sekolah, halaman tempat ibadah, halaman rumah sakit, kelompok halaman hotel, kawasan industri, stasiun, bandara, dan lahan.

Ruang lingkup pada penelitian ini lebih mengkhususkan pada halaman rumah di Kota Malang. Dikarenakan berdasarkan data Status Lingkungan Hidup tahun 2013 penggunaan lahan untuk perumahan mencapai 42,361 % dari luas total Kota Malang (Tabel 2.3). Berdasarkan data tersebut dapat digambarkan presentase dari

berbagai pemanfaatan di Kota Malang. Berikut adalah gambar grafik pemanfaatan lahan di Kota Malang .



Gambar 4.1 Grafik Pemanfaatan Lahan

Berdasarkan grafik diatas bahwa lahan yang banyak dimanfaatkan sebagai perumahan sebesar 42 % sedangkan untuk Ruang Terbuka Hijau mencapai 0,065% dari total keseluruhan luas wilayah di Kota Malang. Sedangkan sawah mencapai 13% dari yang dimanfaatkan di Kota Malang. Dengan adanya data pemanfaatan lahan, lebih mempermudah seberapa luas ruang terbuka hijau yang diperlukan di Kota Malang. Tetapi terkadang berdasar kondisi eksisting lahan perumahan, perkantoran, pertokoan, pergudangan lebih banyak dibandingkan dengan RTH. Pada dasarnya RTH harus mencukupi 30% dari luas total wilayah keseluruhan, karena manfaat RTH ini lebih bermanfaat untuk mengurangi emisi yang terjadi pada saat ini. Oleh karena itu dilakukan perhitungan untuk dapat diketahui seberapa

besar daya serap RTH privat maupun RTH publik dalam mereduksi emisi yang terjadi.

Sehingga untuk perhitungan dalam menentukan jumlah sampel RTH privat yang disurvei dengan menggunakan perhitungan statistik. Penentuan jumlah dan sebaran dari sampel dilakukan dengan metode *stratified random* sampling yang berdasarkan pada klasifikasi rumah. Di Kota Malang pengklasifikasian rumah berdasarkan luasannya yang dibagi menjadi yaitu sederhana, menengah dan mewah yang luasan masing-masing rumah mengacu pada Menteri Negara Perumahan Rakyat no. 648-384 tahun 1992.

Untuk mengetahui serapan seberapa besar RTH privat, maka data yang dibutuhkan yaitu jumlah rumah yang berada di Kota Malang yang terdiri dari 5 Kecamatan yaitu Kecamatan Kedungkandang, Kecamatan Klojen, Kecamatan Blimbing, Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Sukun.

Berdasarkan jumlah rumah tangga maka untuk menghitung pengambilan sampel yaitu sebagai berikut :

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)}$$

$$n = \frac{1,64^2 \times 256.647 \times 0,5 (1 - 0,5)}{(256.647 - 1)0,05^2 + 1,6^2 \times 0,5 (1 - 0,5)}$$

$$n = 67$$

Dalam perhitungan pengambilan sampel , didapatkan bahwa 67 sampel. Untuk pengambilan sampel setiap kecamatan , berikut ini perhitungannya :

Tabel 4.1 Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	%	Jumlah Sampel
1	Kedungkandang	57.625	22	15
2	Sukun	58.161	23	15
3	Klojen	34.159	13	9
4	Blimbing	57.535	22	15
5	Lowokwaru	49.167	19	15
Jumlah		256.647		67

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.1 telah didapatkan bahwa pengambilan total keseluruhan ada 67 sampel. Sedangkan untuk mendapatkan jumlah responden dalam setiap jenis rumah sederhana, menengah, dan mewah yang ada di Kota Malang, berikut adalah contoh perhitungannya :

Total Rumah Tinggal = 152.988

Jumlah Rumah Sederhana = 112.519

(Sumber : Dispenda, 2014)

Maka berdasarkan data total rumah tinggal dan jumlah sederhana didapatkan perhitungan sebagai berikut :

Rumah Sederhana : $\frac{112.519}{152.988} \times 100\% = 73,55\%$

Jumlah Sampel : $67 \times 73\%$

: 49

Jumlah sampel untuk rumah sederhana sebesar 49 rumah. Untuk rumah menengah dan mewah disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan Jumlah Sampel pada Setiap Tipe Rumah

No.	Tipe Rumah	Jumlah Rumah	%	Jumlah Sampel
1.	Rumah Sederhana	112.519	73,55	49
2.	Rumah Menengah	34.460	22,52	15
3.	Rumah Mewah	6.009	3,93	3
Total		152.988	100	67

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan jumlah sampel pada setiap tipe rumah. Rumah sederhana sebanyak 49 sampel rumah menengah 15 sampel rumah dan rumah mewah 3 sampel rumah. Pengambilan sampel secara acak berdasarkan klasifikasi rumah dengan luasan yang sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.648-384 tahun 1992.

Untuk Jumlah Rumah pada setiap Kecamatan berdasarkan Malang Dalam Angka, 2014. Berikut adalah contoh perhitungan :

Diasumsikan bahwa satu rumah terdiri satu keluarga.

Jumlah Penduduk Kedungkandang = 57.625

Total Seluruh Rumah = 256.647

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Total Rumah Sederhana} &= \% \text{ Dispenda 2014} \times \text{Total Seluruh Rumah} \\ &= 74,43 \% \times 256.647 \\ &= 188.764 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Total Rumah

No.	Jenis Rumah	Jumlah berdasarkan Malang Dalam Angka
1.	Rumah Sederhana	188.764
2.	Rumah Menengah	57.797
3.	Rumah Mewah	10.086
Total		256.647

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa jumlah rumah sederhana 188.764 , rumah menengah 57.797 dan rumah Mewah 10.086.

Perhitungan selanjutnya yaitu Jumlah Tipe Rumah pada masing-masing Kecamatan.

Contoh Perhitungan

$$\begin{aligned} \% \text{ Kecamatan} &= 74,43 \% \\ \text{Jumlah Penduduk Kedungkandang} &= 57.625 \\ \text{Maka Rumah Sederhana} &= 74,43 \% \times 57.625 = 42.892 \text{ rumah} \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Jumlah Rumah per Setiap Kecamatan dan Tipe Rumah

No.	Kecamatan	Tipe Rumah		
		Mewah	Menengah	Sederhana
1.	Kedungkandang	42.892	12.005	2728
2.	Klojen	23.412	8.052	2.695
3.	Blimbing	16.964	31.821	8.750
4.	Lowokwaru	5.320	31.509	12.338
5.	Sukun	44.487	11.739	1.935
Total		28.446	95.127	133.075

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Pada penelitian ini ditinjau berapa luasan RTH privat permukiman. Data berupa luasan RTH eksisting merupakan data primer diperoleh dari hasil survey di

lapangan. Untuk masing-masing jenis tipe rumah kecil, menengah, dan mewah. Luasan RTH privat eksisting digunakan untuk menghitung kemampuan RTH privat dalam menyerap emisi CO₂ dari kegiatan permukiman. Selain itu, dihitung juga tinggi pohon di RTH privat eksisting untuk menghitung kemampuan penyerapan emisi CO₂ berdasarkan jenis pohon. Berikut perhitungan luas RTH privat pada tiap tipe rumah. Kemudian akan dianalisa terhadap kemampuan RTH privat eksisting menyerap emisi CO₂.

Dalam perhitungan ini, diperlukan luas tajuk pohon yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Luas tajuk} = \pi \cdot r^2 \text{ atau } 0.25 \pi D^2 \dots\dots\dots (4.1)$$

Digunakan perhitungan luasan lingkaran untuk menghitung tajuk. Diameter tajuk tanaman diukur dengan meteran ukur sebanyak dua kali dan dirata-rata. Jari-jari lingkaran merupakan setengah dari diameter.

Contoh perhitungan untuk rumah sederhana:

- Jenis pohon = mangga
- Diameter 1 = 2,18 m
- Diameter 2 = 1,12 m
- Luas tajuk = $0,25 \times 3,14 \times ((2,18 + 1,12)/2)^2$
 $= 2,137 \text{ m}^2$

Berdasarkan perhitungan, maka diperoleh luas tajuk yaitu 2,137 m². Fakta pada saat survey lapangan, beberapa pohon mempunyai kerapatan daun yang tidak terlalu rimbun (mencapai 100%). Kerapatan tersebut akan dikalikan dengan luas yang nantinya akan dijumlah sebagai luas tutupan lahan. Kerapatan untuk pohon mangga rumah sederhana pada perhitungan diatas adalah 50%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Luas tajuk pohon mangga} &= 50\% \times 2.137 \\ &= 1.069 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1. Perhitungan Luasan RTH Privat Tiap Responden

Rata-rata luas RTH privat per tipe rumah didapat dari jumlah luasan RTH privat dibagi dengan jumlah sampel (responden). Berikut ditampilkan rata-rata luas RTH privat eksisting di Kota Malang berdasarkan tipe rumah pada Tabel 4.1

Tabel 4.5 Rata-rata Luas RTH Privat Eksisting di Kota Malang

No	Tipe rumah	Jumlah responden	Total luas RTH privat (m ²)	Rata-rata luas RTH privat (m ²)
1	Sederhana	49	212,579	4,338
2	Menengah	15	157,345	10,490
3	Mewah	3	636,825	318,412

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa luasan RTH privat eksisting terluas yaitu untuk tipe rumah mewah sebesar 636,825.m² atau setara dengan persentase 63%. Kemudian, rumah menengah memiliki luasan RTH privat sebesar 157,345 atau 21% dan yang terakhir yaitu tipe rumah sederhana dengan rata-rata luasan RTH privat eksisting sebesar 212,579 atau 16% saja. Luas tanah rumah mewah jauh lebih besar dibanding rumah tipe menengah dan sederhana, ditinjau saat dilakukan survey langsung. Rumah mewah memiliki lahan yang cukup untuk dijadikan taman atau RTH privat dibanding kedua tipe rumah lainnya.

2. Perhitungan Total Luas RTH Privat Permukiman di Setiap Tipe Rumah

Perhitungan ini menggunakan data jumlah rumah berdasarkan tipe di kawasan permukiman di Kota Malang. Kemudian, dikalikan dengan nilai rata-rata luasan RTH privat eksisting per tipe rumah. Berikut contoh perhitungan luas RTH privat pada setiap tipe rumah :

$$\text{Jumlah Rumah Sederhana} = 133075$$

$$\text{Rata-Rata RTH rumah sederhana} = 4,338 \text{ m}^2$$

$$\text{Jadi total keseluruhan RTH privat} = 133075 \times 4,338 \text{ m}^2 = 577324,650 \text{ m}^2$$

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa luasan RTH privat rata-rata eksisting terluas yaitu untuk tipe rumah mewah sebesar 318,412.m² atau setara dengan persentase 96%. Kemudian, rumah menengah memiliki luasan RTH privat rata-rata sebesar 10,940 atau 3% dan yang terakhir yaitu tipe rumah sederhana dengan rata-rata luasan RTH privat rata-rata eksisting sebesar 4,388 atau 1% saja. Luas tanah rumah mewah jauh lebih besar dibanding rumah tipe menengah dan sederhana, ditinjau saat dilakukan survey langsung. Rumah mewah lebih banyak jenis perdu dan pohon karena halaman untuk menanam lebih luas dibandingkan rumah sederhana yang

cenderung tidak memiliki halaman untuk menanam tanaman. Untuk lebih jelas hasil perhitungan total luas RTH privat maka dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Pada Tabel 4.6 berikut akan ditampilkan total luas RTH privat permukiman berdasarkan tipe rumah:

Tabel 4.6 Total Luasan RTH Privat Eksisting di Kota Malang Per Tipe Rumah

No	Tipe rumah	Jumlah rumah	Rata-rata luas RTH privat (m ²)	Total luas RTH privat (ha)
1	Sederhana	133.075	4,338	577.324,650
2	Menengah	95.127	10,490	1.496.773,3
3	Mewah	28.446	318,412	9.057.561,26

Sumber : Hasil perhitungan

3. Perhitungan Daya Serap CO₂ oleh RTH Privat Menurut Luasan

Hasil perhitungan kemampuan serapan RTH privat berdasarkan luasannya ini akan digunakan sebagai pengali dalam perhitungan kemampuan RTH privat eksisting per tipe rumah dalam menyerap emisi CO₂. Untuk menghitungnya diperlukan juga data intensitas cahaya di wilayah studi penelitian. Berdasarkan persamaan (2.12) maka laju serapan CO₂ oleh tumbuhan dihitung sebagai berikut:

Contoh perhitungan laju serapan pada bulan januari:

$$I = 844 \text{ kal/cm}^2/\text{hari (Tabel 2.12)} = 409.34 \text{ watt/m}^2$$

$$S = 0.2278 \times e^{(0.0048 \times 409.34)}$$

$$= 1.6251 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{menit}$$

$$= 2.71 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik}$$

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Laju Serapan CO₂ oleh RTH

No.	Bulan	Intensitas Cahaya (watt/m ²)	S (μg/cm ² /mnt)	S (g/cm ² /detik)
1	Januari	409,34	1,62	0,0000000271
2	Februari	467,01	2,14	0,0000000357
3	Maret	425,79	1,76	0,0000000293
4	April	424,82	1,75	0,0000000292
5	Mei	389,42	1,48	0,0000000246
6	Juni	389,42	1,48	0,0000000246
7	Juli	384,08	1,44	0,0000000240
8	Agustus	397,66	1,54	0,0000000256

Lanjutan Tabel 4.7

No.	Bulan	Intensitas Cahaya (watt/m ²)	S (µg/cm ² /mnt)	S (g/cm ² /detik)
9	September	432,09	1,81	0,0000000302
10	Oktober	419,97	1,71	0,0000000285
11	Nopember	423,36	1,74	0,0000000290
12	Desember	402,03	1,57	0,0000000262
Rata-rata		413,75	1,67	2,7834 x 10 ⁻⁸

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas, didapatkan rata-rata serapan CO₂ oleh RTH privat yaitu sebesar 2,783 x 10⁻⁸ g/cm²/detik. Kemudian, akan dikalikan dalam perhitungan laju serapan CO₂ oleh RTH privat eksisting tiap responden.

4. Perhitungan daya serap CO₂ oleh RTH privat eksisting tiap tipe Rumah

Pada saat dilakukan survey lapangan, didapatkan data luasan RTH privat eksisting. Untuk menghitung kemampuan penyerapannya, maka dilakukan perhitungan seperti contoh dibawah ini (untuk tipe rumah sederhana):

- Luas tutupan lahan = 4,338 m² = 4,338 x 10⁴ cm²
- Laju serapan CO₂ = 2,783 x 10⁻⁸ gr/detik
- Kemampuan penyerapan CO₂ = 4,338 x 10⁴ cm² x 2,783.10⁻⁸
= 1,006 x 10⁻⁴ gr/detik

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada rumah sederhana RTH privat eksistingnya mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 1,006 x 10⁻⁴ gr/detik.

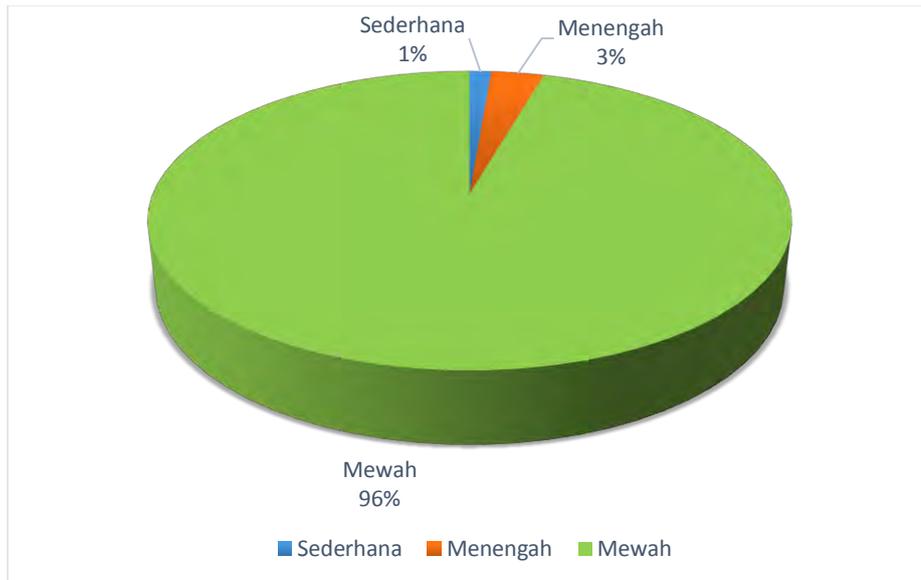
Pada perhitungan ini, jumlah rumah di Kota Malang dikalikan dengan rata-rata laju serapan CO₂ per tipe rumah. Pada Tabel 4.10 berikut ditampilkan perhitungan total laju serapan CO₂ oleh RTH privat eksisting di Kota Malang :

Tabel 4.8 Total Laju Serapan CO₂ oleh RTH Privat

No	Tipe Rumah	Jumlah rumah	Luas tutupan lahan rata-rata (m ²)	Luas tutupan lahan rata-rata (cm ²)	Laju serap rata-rata emisi CO ₂ (gr/detik)
1	Sederhana	133.075	4,338	43383,404	0,0001006
2	Menengah	95.127	10,490	104896,496	0,0002433
3	Mewah	28.446	318,412	3184124,748	0,0073856

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.8, laju serapan rata-rata emisi CO₂ RTH privat pada rumah mewah menempati posisi paling atas sebesar 0,0073856 gr CO₂/detik, lalu rumah menengah dengan total laju serapan sebesar 0,0002433 gr CO₂/detik dan terakhir yaitu rumah sederhana, dengan nilai laju serapan sebesar 0,0001006 gr CO₂/detik. Pada Gambar 4.2 dibawah ini, akan ditampilkan nilai total laju serapan CO₂ dalam persentase.



Gambar 4.2 Persentase Laju Serapan CO₂ RTH Privat Permukiman Per Tipe Rumah

Persentase laju serapan CO₂ RTH privat permukiman setiap tipe rumah menunjukkan bahwa untuk rumah mewah sebesar 96% , rumah menengah 3%, dan rumah sederhana 1%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan laju serapan pada masing-masing menunjukkan bahwa semakin luas lahan yang dimiliki maka akan semakin besar laju serapan yang dapat diserap. Tidak hanya faktor luas tetapi kerapatan dari masing-masing RTH juga mempengaruhi dalam penyerapan emisi yang ada.

5. Perhitungan Daya Serap RTH Privat Berdasarkan Jenis Pohon

Setelah melakukan survey lapangan, jenis pohon yang ada di wilayah studi untuk semua tipe rumah didominasi oleh pohon yang menghasilkan buah, seperti pohon mangga dan sawo. Berikut ditampilkan jumlah dan jenis pohon yang ada di

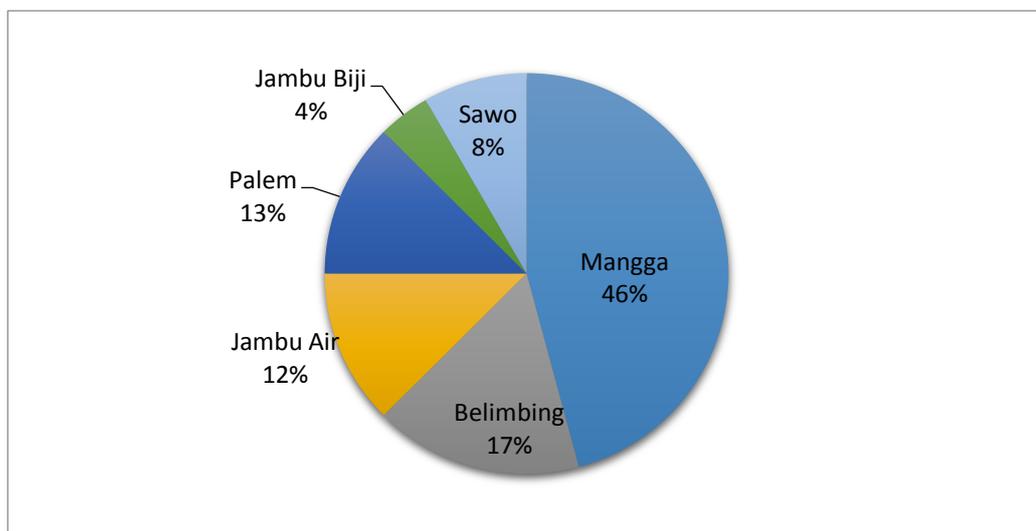
tiap tipe rumah berdasarkan jumlah responden pada Tabel 4.9 hingga Tabel 4.11 dan persentase ditunjukkan dalam Gambar 4.3 hingga Gambar 4.5

Tabel 4.9 Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Sederhana Berdasarkan Jumlah Responden

No	Jenis pohon	Jumlah rumah
1	Mangga	11
2	Belimbing	4
3	Jambu Air	3
4	Palem	3
5	Jambu Biji	1
6	Sawo	2
Total		24

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumah Sederhana memiliki jumlah pohon 24 yang berasal dari 49 responden. Karena rumah sederhana tidak memiliki halaman yang luas untuk menanam tanaman. Pohon mangga dominan dimiliki pada rumah sederhana. Berdasarkan literatur menjelaskan bahwa daya serap pohon mangga sangat tinggi.



Gambar 4.3 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Sederhana

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase pohon mangga pada tipe rumah sederhana menunjukkan 46 %, untuk pohon belimbing 17 %, pohon jambu air 12 %, pohon palem 13 %, pohon jambu biji sebesar 4 % dan pohon sawo sebesar

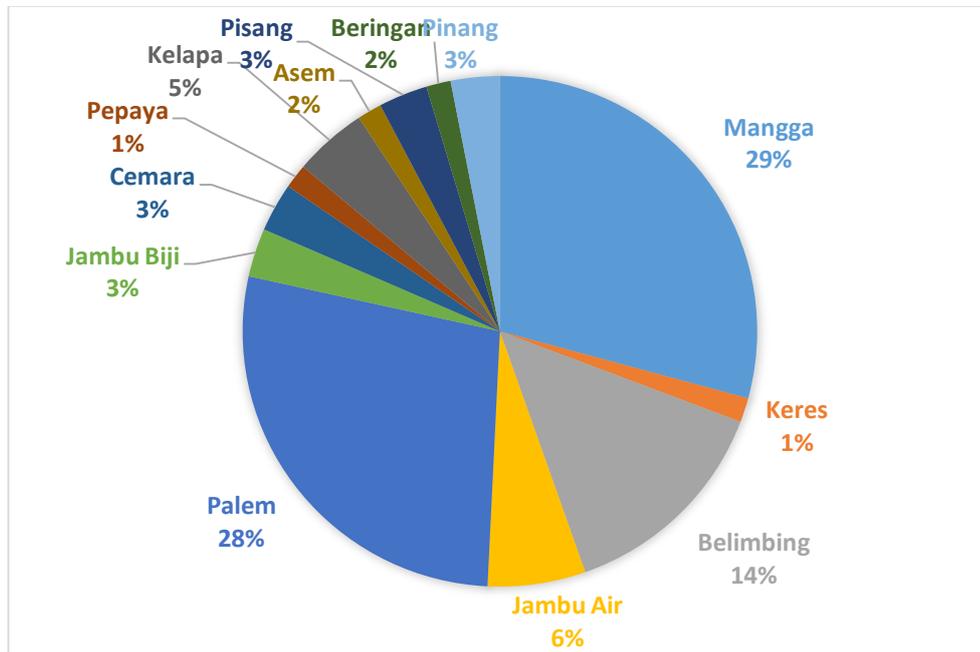
8 %. Sehingga dapat dilihat bahwa pohon mangga paling banyak dan berdasarkan literatur bahwa pohon mangga memiliki daya serap yang besar yaitu 7,8524967 mg/m³.

Tabel 4.10 Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Menengah

No	Jenis Pohon	Jumlah
1	Mangga	19
2	Keres	1
3	Belimbing	9
4	Jambu Air	4
5.	Palem	18
6	Jambu Biji	2
7	Cemara	2
8	Pepaya	1
9	Kelapa	3
10	Asem	1
11	Pisang	2
12	Beringin	1
13	Pinang	2
Total		65

Sumber : Survey lapangan

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase pohon mangga pada tipe rumah menengah mendominasi sebesar 29 %, untuk pohon keres 1 %, pohon belimbing 14%, pohon jambu air 6 %, pohon palem 28 %, pohon jambu biji sebesar 3 %, pohon cemara sebesar 3 %, pepaya 1 %, pohon kelapa 5%,pisang 3%, asem 2%, beringin 2% dan pohon pinang 3%. Sehingga dapat dilihat bahwa pohon mangga paling banyak dan berdasarkan literatur bahwa pohon mangga memiliki daya serap yang besar yaitu 7,8524967 mg/m³. Dengan pohon mangga yang berjumlah 19 pohon maka daya serap mencapai 46%. Daya serap untuk pohon mangga tinggi dibandingkan beberapa pohon eksisting. Pohon-pohon tersebut akan berpengaruh terhadap dalam mereduksi zat pencemar yang terjadi dari aktivitas manusia. Menurut Read (2001) dalam Kurdi (2008), penghijauan dunia dan tanah telah mampu menyerap sekitar 40% dari total CO₂ dari aktivitas manusia.



Gambar 4.4 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Menengah

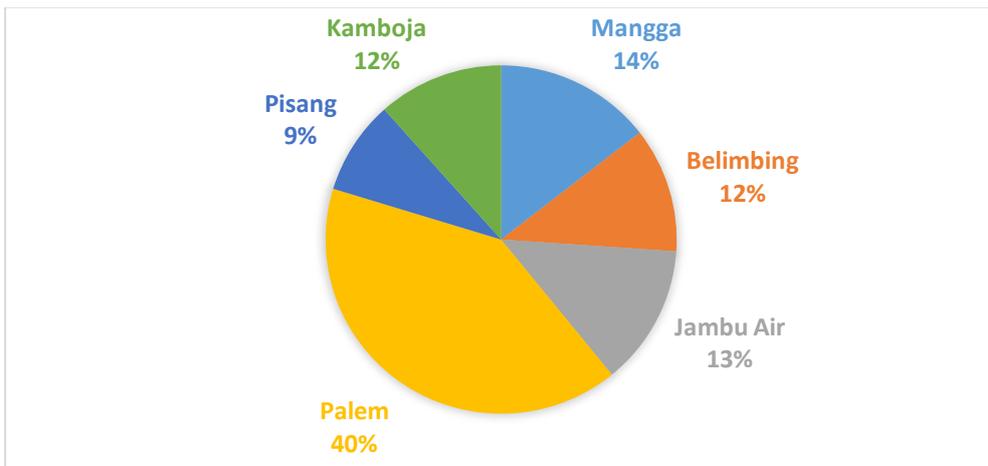
Rumah mewah memiliki jenis pohon yang tidak begitu variatif tetapi kerimbunan pohon rata-rata mencapai 90% , karena halaman rumah mewah lebih luas dibandingkan dengan rumah sederhana dan menengah. Berikut adalah Tabel 4.11 dan Gambar 4.5 yang menunjukkan persentase dari jenis pohon yang ada di RTH privat rumah mewah .

Tabel 4.11 Jumlah dan Jenis Pohon yang Ada di Tipe Rumah Mewah

No	Jenis Pohon	Jumlah
1	Mangga	10
2	Belimbing	8
3	Jambu Air	9
4	Palem	28
5	Pisang	6
6	Kamboja	8
Total		69

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil identifikasi, menunjukkan bahwa pada tabel diatas bahwa pohon mangga dan pohon palem merupakan jenis pohon yang mendominasi di RTH privat



Gambar 4.5 Persentase Jenis Pohon Responden Tipe Rumah Mewah

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa persentase pohon mangga pada tipe rumah menengah mendominasi sebesar 25 %, belimbing 10%, jambu air 11%, pohon palem 36 %, pisang 8%, untuk pohon kamboja 10 %. Sehingga dapat dilihat bahwa pohon mangga paling banyak dan berdasarkan literatur bahwa pohon mangga memiliki daya serap yang besar yaitu $7,8524967 \text{ mg/m}^3$.

Berdasarkan data diatas pohon mangga dan palem merupakan jenis pohon yang mendominasi pada setiap tipe rumah. Dalam perhitungan kemampuan penyerapan berdasarkan jenis pohon di sini lebih ke studi literatur penelitian terdahulu . Sehingga jenis Jenis pohon yang penyerapannya terdapat dalam literatur adalah pohon beringin, sawo, dan mangga. Tetapi jika dilihat dari keberadaan ketiga jenis pohon tersebut, pohon mangga memiliki persentase tertinggi di seluruh tipe rumah sedangkan, pohon beringin dan sawo masing-masing hanya 8 % dan 2 % tidak seluruh tipe rumah memilikinya. Untuk itu dalam perhitungan selanjutnya hanya pohon mangga lah yang dianalisis kemampuan penyerapannya.

Pohon yang dominan pada setiap tipe rumah yang merata di seluruh rumah penduduk yaitu pohon mangga pada rumah sederhana 46%, rumah menengah 25%, dan pada rumah mewah 29%. Sehingga dapat disimpulkan 1/3 jumlah total seluruh pohon , sisanya berbagai macam jenis pohon. Berikut Tabel 4.14 jumlah pohon pada tiap tipe rumah.

Tabel 4.12 Jumlah Pohon Mangga Tiap Tipe Rumah

Tipe Rumah	Jumlah Pohon
Sederhana	11
Menengah	19
Mewah	10
Total	40

Sumber: Hasil Perhitungan

6. Kemampuan Penyerapan Pohon

Dalam menghitung kemampuan penyerapan mangga tersebut, perlu diketahui tinggi tajuk pohon, luasan tajuk, sehingga dapat diketahui volume dari pohon tersebut yang nantinya akan dikalikan dengan kemampuan serapan dari pohon mangga itu sendiri.

Contoh perhitungan Tipe rumah sederhana:

- Jumlah pohon = 11 (Tabel 4.11)
 - Tinggi (H) tajuk rata-rata = 5,14 m
 - LT rata-rata = 7,104 m²
 - Jumlah rumah sederhana di Kota Malang = 133.075
- Volume tajuk pohon = H x LT
= 5,14 m x 7,104 m²
= 36,51 m³

Tabel 4.13 Rata-rata Tinggi, Luas, dan Volume Tajuk Pohon

Tipe Rumah	H tajuk rata-rata (m)	Luas tajuk rata-rata (m ²)	Volume tajuk pohon (m ³)
Sederhana	5,14	7,104	36,51
Menengah	1,35	2,199	2,199
Mewah	1,68	3,368	3,368

Sumber: Hasil Perhitungan

- Kemampuan penyerapan (mg)
 - = Kemampuan serapan x Volume tajuk x Jumlah rumah
 - = 4182,308 mg/m³ x 36,51 m³ x 133.075
 - = 20.320.028.861 mg.
- Kemampuan penyerapan rata-rata (mg/detik)
 - = $\frac{20.320.028.861 \text{ mg}}{T}$
 - = $\frac{20.320.028.861 \text{ mg}}{1744 \text{ detik}}$
 - = 11.651.393 mg/detik
 - = 11.651,393 gr/detik

Tabel 4.14 menyajikan hasil perhitungan kemampuan penyerapan pohon mangga di tiap tipe rumah yang dibandingkan dengan total emisi CO₂ primer.

Berdasarkan perhitungan diatas maka kemampuan penyerapan pada masing-masing rumah dengan menggunakan pohon mangga yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.14 Kemampuan Penyerapan Mangga dengan Emisi CO₂

Tipe Rumah	Kemampuan penyerapan (gr/detik)
Sederhana	742,945586
Menengah	457,620161
Mewah	438,615027

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.14, terlihat jelas bahwa pohon mangga mampu menyerap emisi CO₂ primer akibat dari aktivitas permukiman dengan sangat baik.

4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Publik

RTH di perkotaan terdiri atas RTH privat dan RTH publik. RTH publik adalah RTH yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Identifikasi jenis-jenis RTH yang telah tersedia dalam sebuah kawasan menjadi pertimbangan dalam menentukan jenis RTH yang akan dibangun. Hal ini dimaksudkan agar penyebaran RTH kota/kawasan perkotaan dapat lebih variatif dan komplementer. Sebagai contoh, jika dalam sebuah kawasan telah banyak dibangun RTH yang cenderung kepada fungsi sosial seperti taman komunitas, dapat dipertimbangkan untuk membangun RTH yang cenderung kepada fungsi ekologis seperti hutan kota.(Permen PU No.5/PRT/M/2008).

Ruang terbuka hijau kota merupakan bagian dari penataan ruang perkotaan yang berfungsi sebagai kawasan lindung. Kawasan hijau kota terdiri atas pertamanan kota, kawasan hijau hutan kota, kawasan hijau rekreasi kota, kawasan hijau kegiatan olahraga dan kawasan hijau pekarangan. Ruang terbuka hijau diklasifikasi berdasarkan status kawasan, bukan berdasarkan bentuk dan struktur vegetasinya (Fandeli, 2004).

Sedangkan untuk Ruang Terbuka Hijau publik , disini data yang ada sangat terbatas . Ruang Terbuka Hijau Publik yang dibahas disini yaitu Taman Kota, Hutan Kota, Pemakaman , Koridor Jalur Hijau dan Persawahan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, proporsi RTH publik di kawasan perkotaan sebesar 20% terdiri dari 12,5% taman kota, 6% jalur hijau dan 1.5% lainnya. Berdasarkan proporsi RTH tersebut, maka dalam penelitian ini hanya taman kota dan jalur hijau yang dipantau karena merupakan jenis RTH yang paling berpengaruh dalam menyerap CO₂ yang berasal dari kegiatan manusia.

RTH perkotaan yang termasuk publik ini yang dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yaitu sebagai berikut :

1. Perhitungan Daya Serap CO₂ oleh RTH Taman Kota Menurut Luasan

Taman Kota berfungsi sebagai *buffering zone* atau zona penyangga lingkungan terhadap berbagai tekanan yang diterima, terutama dalam menetralkan pencemaran udara dan meningkatkan suhu udara akibat kegiatan transportasi yang meningkat. Pada tahun 2013, luas taman kota di Kota Malang sebesar 148.222 m² . Besarnya penggunaan lahan untuk Taman Kota ini mengalami perubahan dari tahun ke tahun menjadi lebih luas. Karena pada tahun 2012 luas taman kota sebesar 132.399,21 m² atau sekitar 0,12 % dari total penggunaan lahan yang ada. Kecilnya persentase taman kota sebagai zona penyangga terhadap tekanan lingkungan ini masih didukung dengan fasilitas penghijauan yang ada di setiap fasilitas perkotaan seperti perumahan, sekolah, rumah sakit dan fasilitas lainnya. Disamping itu jalur hijau pada median serta pinggir jalan juga bisa memberikan kontribusi dalam menetralkan kualitas lingkungan udara.

Kota Malang memiliki dua jenis taman kota yang dibedakan berdasarkan pengelolaannya. Yaitu taman kota yang dikelola oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan sebanyak 39 taman dengan total luas 123.931 m² dan dikelola oleh masyarakat sebanyak 25 taman dengan total luas 24.291,01 m².

Distribusi kota di Kota Malang terkonsentrasi pada Kecamatan Klojen (63,93%). Kondisi ini cukup memadai untuk menetralkan kualitas lingkungan pada Kecamatan Klojen yang merupakan kawasan padat di Kota Malang. Sedangkan

keempat kecamatan lainnya mempunyai taman kota yang relatif terbatas karena mempunyai ruang terbuka hijau (RTH) yang memadai.

Perhitungan daya serap CO₂ oleh RTH eksisting dilakukan berdasarkan daya serap CO₂ menurut luas tutupan vegetasi pada RTH eksisting yang meliputi tipe tutupan vegetasi berupa pohon (luas diameter tajuk), semak belukar dan padang rumput dan daya serap CO₂ menurut jumlah dan jenis pohon pelindung. Data diperoleh dari dinas yang terkait meliputi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang. Ruang Terbuka Hijau yang menjadi objek disesuaikan dengan data yang dimiliki oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang. Ruang Terbuka Hijau Publik yaitu meliputi Jalur Hijau, Taman, Pemakaman, dan Hutan Kota. Berikut adalah contoh Perhitungannya :

RTH Taman Alun-Alun Merdeka di Kecamatan Klojen, Kelurahan Kiduldalem berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Luas Taman Alun-Alun Merdeka = 23.970 m² (Lampiran A Tabel 1)

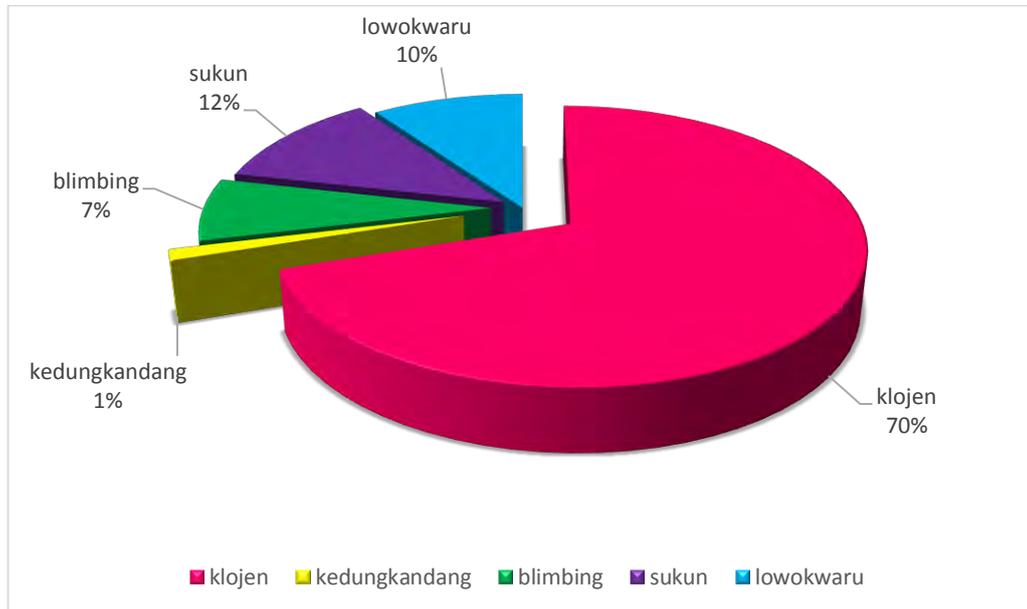
Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 23.970 \text{ m}^2 \\ &= 2.397.000.000.000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \text{ (Tabel 4.7)} \\ &= 2.397 \times 10^9 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 66.718 \text{ g/ detik} \\ &= 5.764.464 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH dapat diketahui kemampuan daya serap pada taman yang ada di Kota Malang. Dengan hanya menggunakan luasan pada masing-masing taman. Untuk hasil perhitungan selengkapnya daya Serap RTH Taman dapat dilihat pada Lampiran C. Dalam perhitungan untuk taman kota memiliki rata-rata daya serap yaitu 35.832.341 kg/hari sehingga dengan begitu dapat membantu untuk menyerap karbon yang ada. Sedangkan untuk Hutan Kota yang ada di Kota Malang total daya serap yaitu 3.763,85615 kg/hari. Hasil perhitungan untuk jalur hijau total daya serap tidak begitu berpengaruh karena hanya 0,4889 kg/hari .

Berikut adalah presentase total daya serap taman kota pada setiap kecamatan yang digambarkan dalam grafik.



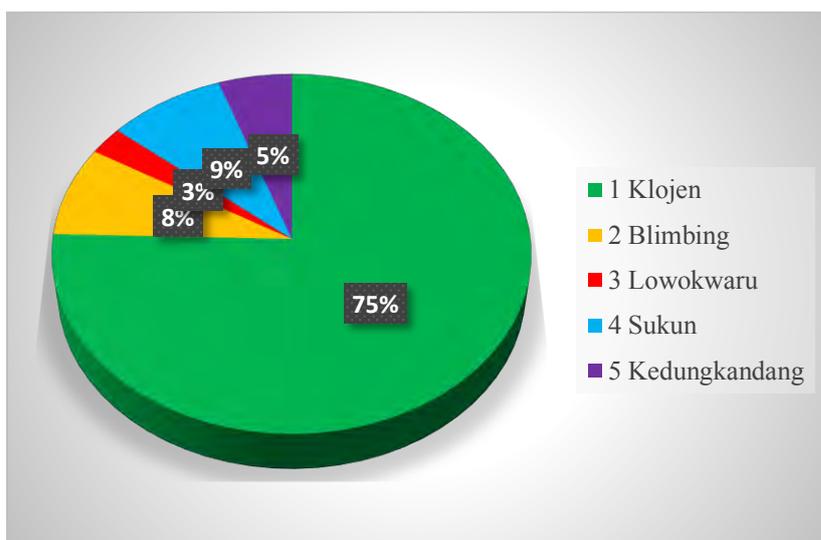
Gambar 4.6 Total Daya Serap Taman Kota pada setiap kecamatan

Pada gambar grafik menunjukkan bahwa daya serap untuk taman kota pada Kecamatan Klojen sangatlah besar yaitu 70% jika dibandingkan dengan Kecamatan Kedungkandang hanya 1%. Berdasarkan eksisiting bahwa taman kota banyak terdapat di Kecamatan Klojen dibandingkan dengan 4 kecamatan yang lain. Setiap kecamatan memiliki daya serap yang berbeda-beda. Daya serap ini ditinjau dari seberapa besar kerapatan dari masing-masing taman.

Upaya penanaman vegetasi untuk menghijaukan kota dilakukan dalam bentuk pengelolaan taman-taman kota, taman-taman lingkungan, jalur hijau dan sebagainya. Peranan tumbuhan hijau sangat diperlukan untuk menjaring CO₂ dan melepas O₂ kembali ke udara. Setiap tahun tumbuh-tumbuhan di bumi ini mempersenyawakan sekitar 150.000 juta ton CO₂ dan 25.000 juta ton hidrogen dengan membebaskan 400.000 juta ton O₂ ke atmosfer, serta menghasilkan 450.000 juta ton zat-zat organik. Setiap jam, 1 hektar daun-daun hijau menyerap 8 kg CO₂ yang ekuivalen dengan CO₂ yang dihembuskan oleh napas manusia sekira 200 orang dalam waktu yang sama. Setiap pohon yang ditanam mempunyai kapasitas mendinginkan udara sama dengan rata-rata 5 pendingin udara (AC), yang

dioperasikan 20 jam terus menerus setiap harinya. Setiap 1 ha pepohonan mampu menetralkan CO₂ yang dikeluarkan 20 kendaraan (Maimun, 2007).

RTH Taman lebih banyak memiliki fungsi sosial dan estetika, dan ekologi. RTH taman ini dapat bersifat aktif, maupun pasif, RTH taman yang bersifat aktif ini dapat berskala kota maupun dapat berskala lingkungan. Contoh taman kota yang sudah ada dan berskala kota antara lain taman wisata rakyat berada di belakang balai kota, taman Senaputa, pasar burung dan tanaman hias, dan lain-lain, sedangkan taman yang berskala lingkungan yang sudah ada antara lain: taman-taman yang berada di lingkungan pemukiman atau perumahan yang sering dipakai untuk kegiatan sosial maupun olah raga, misalkan RTH taman di perumahan Blimbing Indah, dan lain-lain (Guridno, 2013). Berikut adalah prosentase Taman pada setiap Kecamatan



Gambar 4.7 Diagram Presentase Banyaknya Taman Pada Setiap Kecamatan

Gambar diagram diatas menunjukkan bahwa Kecamatan Klojen lebih banyak memiliki taman yaitu sebesar 75%. Sedangkan untuk Blimbing sebesar 8%, Lowokwaru 3%, Sukun 9% , dan Kedungkandang 5%. Berdasarkan gambar persentase terlihat bahwa Klojen merupakan daerah yang luas dan memiliki Ruang Terbuka Hijau yang mampu menyerap emisi CO₂.

2. Perhitungan Daya Serap CO₂ RTH Hutan Kota Menurut Luasan

Hutan Kota adalah suatu hamparan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan. Tujuan penyelenggaraan Hutan

Kota adalah untuk kelestarian, keserasian dan keseimbangan ekosistem perkotaan yang meliputi unsur lingkungan, sosial dan budaya. Secara umum berdasarkan Peraturan Pemerintah No.63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota, memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Memperbaiki dan menjaga iklim mikro dan nilai estetika
- b. Meresapkan air
- c. Menciptakan keseimbangan dan keserasian lingkungan fisik kota
- d. Mendukung pelestarian keanekaragaman hayati Indonesia

Keberadaan Hutan Kota di suatu wilayah perkotaan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah yang lokasi dan luas Hutan Kota disahkan oleh Walikota atau Bupati setempat. Wilayah Hutan Kota merupakan bagian dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) wilayah perkotaan (SLHD, 2012).

Berikut adalah contoh perhitungan daya serap RTH Hutan Kota :

RTH Hutan Kota Malabar di Kecamatan Klojen, Kelurahan Oro-oro Dowo berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 1.682 \text{ m}^2 \text{ (Lampiran A Tabel 2)} \\ &= 168.200.000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap RTH Hutan} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \text{ (Tabel 4.7)} \\ &= 1,68 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 17,23 \text{ g CO}_2/\text{detik} \\ &= 4.68169562000 \text{ g CO}_2/\text{detik} \\ &= 404.50 \text{ kg CO}_2/\text{hari} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Hutan Kota di Kota Malang

No.	Nama Hutan Kota	Luas (Ha)	Luas (cm ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	HK. Malabar	1,682	168.200.000	2,783 x 10 ⁻⁸	4,68169562000	404,50
2	HK. Velodrom	1,25	125.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	3,47926250000	300,61
3	HK. Pandanwangi	0,14	14.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	0,38967740000	33,67
4	HK. Jakarta	1,19	119.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	3,31225790000	286,18

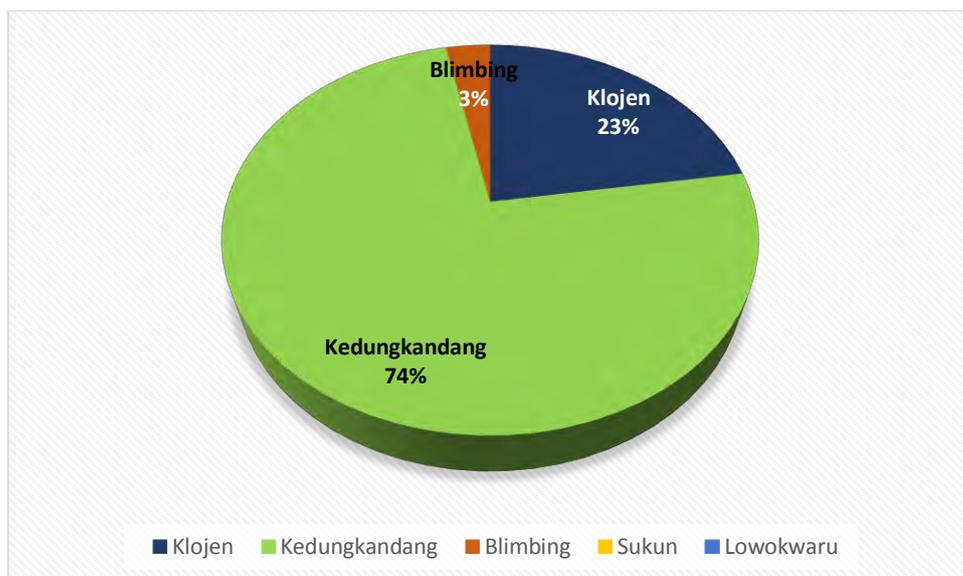
Lanjutan Tabel 4.15

5	HK. Buper Hamid Rusdi	1,8	180.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	5,01013800000	432,88
6	HK. Kediri	0,548	54.800.000	$2,783 \times 10^{-8}$	1,52530868000	131,79
7	HK. Indragiri	0,25	25.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,69585250000	60,12
8	HK. Eks Pasar Madyopuro	0,12	12.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,33400920000	28,86
9	HK. Sulfat Agung	0,03	3000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,08350230000	7,21
10	HK. Lemdikcab Pramuka	0,1	10.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,27834100000	24,05
11	HK. TPS Sulfat	0,07	7.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,19483870000	16,83
12	HK. Taman Slamet	0,471	47.100.000	$2,783 \times 10^{-8}$	1,31098611000	113,27
13	HK. Buring	8	800.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	22,26728000000	1923,89
Total		15,651			43,56314991000	3.763,856

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa total daya serap pada seluruh hutan yang ada di Kota Malang 3.763,856 kg/hari. Dengan adanya hutan tersebut dapat membantu dalam penyerapan CO₂ yang terjadi di Kota Malang.

Dengan hasil perhitungan tersebut dapat dilihat daya serap pada setiap hutan yang ada di setiap Kecamatan. Untuk data area Hutan di setiap Kecamatan dapat dilihat pada Lampiran A . Berikut adalah gambar grafik prosentase besar Hutan pada setiap kecamatan :



Gambar 4.8 Diagram prosentase Hutan di setiap Kecamatan

Gambar diagram diatas menunjukkan bahwa Hutan Kota banyak terletak di Kecamatan Kedungkandang sebesar 74 % sedangkan yang paling sedikit memiliki hutan kota yaitu kecamatan blimbing sedangkan kecamatan sukun tidak memiliki hutan kota. Hal tersebut menandakan bahwa kecamatan sukun luas wilayah pemukiman lebih banyak dibandingkan hutan kota.

3. Pertanian

RTH Pertanian di Kecamatan Kedungkandang berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Luas Tanah Pertanian = 2596,138m² (Tabel 2.3)

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2596,138 \text{ m}^2 \\ &= 25.961.380 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Daya Serap RTH Pertanian = LT x % Kerapatan x S (Tabel 4.7)

$$\begin{aligned} &= 25.961.380 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 72.261.165 \text{ g/ detik} \\ &= 62.433.646.306 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Perhitungan tanah pertanian

Tanah Pertanian	Luas (ha)	Luas (m ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
Kedungkandang	2596,138	25.961.380	2,783 x 10 ⁻⁸	72.261.165	62.433.646.306
Sukun	614,295	6.142.950	2,783 x 10 ⁻⁸	17.098.348	14.772.973.069
Blimbing	293,814	2.938.140	2,783 x 10 ⁻⁸	8.178.048	7065.833.694
Lowokwaru	575,597	5.755.970	2,783 x 10 ⁻⁸	16.021.224	13.842.337.931
Klojen	0	0	0	0	0
Jumlah	4079,844	40.798.440		113.558.785,9	98.114.791.001

Sumber : Hasil Perhitungan

Keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) diperlukan guna meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan secara ekologis, estetis, dan sosial. Secara ekologis, ruang terbuka hijau berfungsi sebagai pengatur iklim mikro kota yang menyejukkan. Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang

mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsur-unsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, angin dan curah hujan. Ruang terbuka hijau memberikan pasokan oksigen bagi makhluk hidup dan menyerap karbon serta sumber polutan lainnya. Secara ekologis ruang terbuka hijau mampu menciptakan habitat berbagai satwa, misalnya burung. Secara estetis, ruang terbuka hijau menciptakan kenyamanan, harmonisasi, kesehatan, dan kebersihan lingkungan. Secara sosial, ruang terbuka hijau mampu menciptakan lingkungan rekreasi dan sarana pendidikan alam. Ruang terbuka hijau yang dikelola sebagai tempat pariwisata dapat membawa dampak ekonomis seperti meningkatkan pendapatan masyarakat (Putra, 2012).

4. Jalur Hijau

Jalur Hijau pada umumnya terletak di jalan-jalan utama di perkotaan. Disepanjang jalan terdapat beberapa jenis vegetasi dan mayoritas sebagai pohon peneduh disekitar jalan serta sebagai penghasil oksigen.

Kelompok RTH jalur jalan ini memiliki fungsi sebagai pengaman, pelindung, fungsi ekologi dan memiliki fungsi estetika kota. RTH jalur jalan ini terdiri dari antara lain: jalur utama (arteri) Kota, jalur jalan lingkar, jalur jalan penghubung utara-selatan, jalur jalan penghubung timur-barat, jalur jalan khusus yang memiliki nilai-nilai historis misalnya jalur jalan kawasan perumahan kolonial, jalur-jalur jalan identitas kota yaitu jalur jalan Ijen dan jalur-jalur jalan sesuai dengan fungsinya yaitu jalur jalan arteri sekunder, jalur jalan kolektor sekunder dan jalur-jalur jalan lokal sekunder (Guridno, 2013).

Berikut adalah contoh perhitungan Jalur Hijau dengan menggunakan luasan :

RTH Jalur Hijau jalan Tlogo Mas

Luas Jalan Tlogo Mas = 24.515.896 m² (Lampiran A Tabel 3)

Perhitungan :

Luas = 24.515.896 m²
= 168.200.000 cm²

Total Daya Serap = 68.237,79 cm² x 2,783x10⁻⁸ g/cm²/detik
= 68.237,79 g/ detik

Total Daya Serap = 5.895.745,063 kg/hari

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Jalur Hijau

No	Jalur Hijau	Luas (m ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	Jl. Tlogo Mas (Malang)	24515,896	2,783 x 10 ⁻⁸	68.237,79	5.895.745,063
2	Jl. Mayjend Haryono	11389,86	2,783 x 10 ⁻⁸	31.702,65	2.739.108,979
3	Jl. Sukarno-Hatta	106601,352	2,783 x 10 ⁻⁸	296.715,269	25.636.199,256
4	Jl. Borobudur	19488,528	2,783 x 10 ⁻⁸	54.244,56	4.686.730,305
5	Jl. A. Yani	30338,33	2,783 x 10 ⁻⁸	84.444,01	7.295.962,559
6	Jl. Kol Sugiono	10956,16	2,783 x 10 ⁻⁸	30.495,49	2.634.809,930
	Jumlah	203290,126		3.395.038,62	48888556,09

Sumber : Hasil Perhitungan

5. Pemakaman

Pemakaman merupakan salah merupakan ruang terbuka hijau publik . Karena pemakaman merupakan hamparan tanah yang luas terdapat beberapa pohon dan perdu sehingga dapat dikatan bahwa pemakaman tersebut ruang terbuka hijau yang berada di Kota Malang. Berikut adalah tabel pemakaman yang tersebar di Kota Malang :

RTH Makam Sukun/Nasrani di Kecamatan Klojen, Kelurahan Oro-oro Dowo berdasarkan Luas Tutupan Vegetasi

Contoh Perhitungan :

$$\text{Luas} = 120.000 \text{ m}^2 \text{ (Lampiran A Tabel 5)}$$

$$\text{Daya Serap RTH Pemakaman} = LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \text{ (Tabel 4.7)}$$

$$= 12 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik}$$

$$= 33,401 \text{ g CO}_2 / \text{detik}$$

$$= 2.886 \text{ kg CO}_2/\text{hari}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan tersebut diatas, maka daya serap CO₂ di Kota Malang untuk masing-masing jenis RTH adalah sebagai berikut :

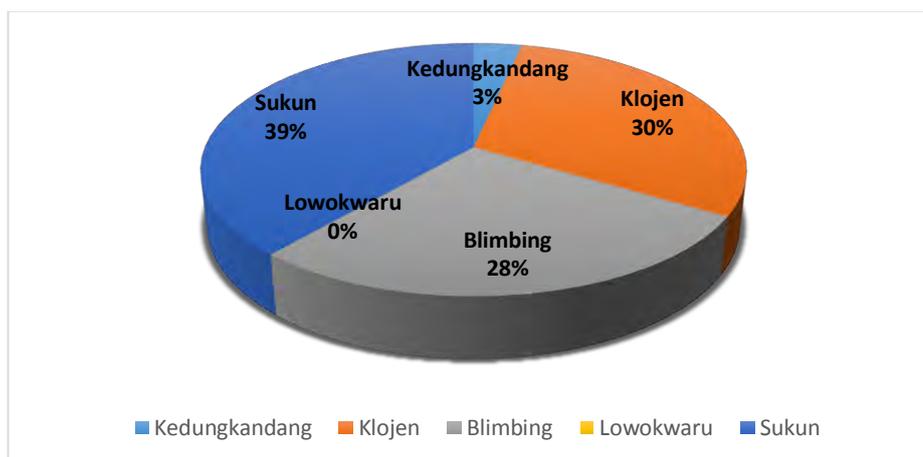
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Pemakaman Kota di Kota Malang

No.	Pemakaman Umum	Luas (m ²)	Kerapatan	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	Makam Sukun/Nasrani	120.000	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	33,401	2.886
2	Makam Sukerejo	110.674	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	30,805	2.662
3	Makam Kasin	77.452	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	21,558	1.863
4	Makam Samaan	57.829	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	16,096	1.391
5	Makam Mergan	41.465	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	11,541	997
6	Makam Sukun Gang VII	16.660	100%	$2,783 \times 10^{-8}$	4,637	401
7	Makam Ngujil	16.843	80%	$2,783 \times 10^{-8}$	4,688	405
8	Makam Mergosono	15.570	80%	$2,783 \times 10^{-8}$	4,334	374
9	Makam Gading	3.903	80%	$2,783 \times 10^{-8}$	1,086	94
Jumlah					11.071,91	

Sumber : Hasil Perhitungan

Pemakaman merupakan ruang terbuka hijau , berdasarkan perhitungan daya serap menunjukkan bahwa total daya serap yaitu sebesar 11.071,91kg/hari. Dengan adanya pemakaman ini diharapkan dapat mengurangi emisi yang terjadi di Kota Malang.

Melihat kondisi RTH di Indonesia yang semakin kritis, alternatif yang tepat untuk penanggulangan kondisi tersebut adalah dengan memanfaatkan RTH pemakaman. Pemakaman belum dimanfaatkan keindahan maupun fungsinya sebagai RTH secara efektif untuk menciptakan iklim udara kota yang sejuk dan nyaman. Ruang terbuka pemakaman saat ini hanya berbentuk lahan kosong atau ruang terbuka dengan beberapa jenis tata hijau tanaman (Wulandari,2014). Hasil perhitungan pada tabel 4.20 dapat diketahui total daya serap pada masing-masing kecamatan, untuk lebih jelas dapat dilihat gambar 4.7 yang menunjukkan presentase daya serap pemakaman pada setiap kecamatan di Kota Malang.



Gambar 4.9 Diagram persentase total pemakaman pada setiap Kecamatan
 Gambar 4.9 diatas menunjukkan bahwa persentase pemakaman yang paling luas memiliki pemakaman yaitu Kecamatan Sukun sebesar 39% sedangkan Kecamatan Lowokwaru tidak memiliki pemakaman berdsarkan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.

Berdasarkan hasil perhitungan dari seluruh Ruang Terbuka Hijau Publik yang ada di Kota Malang, maka total daya serap yang dihasilkan yaitu sebesar 98.306.621.429 kg/jam. RTH di Kecamatan Kedungkandang merupakan yang paling besar dapat menyerap yaitu sebesar 62.437.845.907 kg/jam, dikarenakan luas penyediaan RTH di Kecamatan Kedungkandang paling luas dari RTH di Kecamatan Lowokwaru, Blimbing, Kedungkandang dan Klojen. Berikut Tabel 4.22 Daya serap RTH eksisting di Kota Malang.

Tabel 4.19 Daya Serap RTH Eksisting di Kota Malang

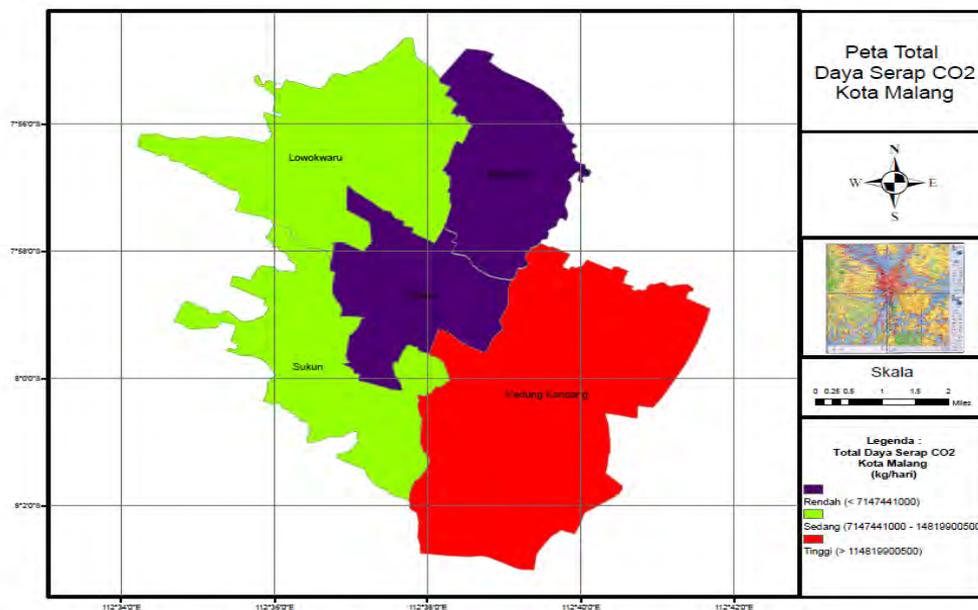
No	Kecamatan	Daya Serap CO ₂ (kg/hari)					Total
		Taman Kota	Hutan Kota	Jalur Hijau	Pertanian	Pemakaman	
1.	Kedungkandang	452.836	2.388		62.433.646.306	374	62.437.845.907
2.	Klojen	24.762.092	738,8			0	582.347.212
3.	Blimbing	2.053.659	524,3	48.888.556	7.065.833.694	3.067	7.147.442.567
4.	Lowokwaru	825.590	0		13.842.337.931	0	13.843.163.522
5.	Sukun	4.124.851	113,3		14.772.973.069	4.284	14.819.934.713
	Jumlah	32.219.030	3763,9	48.888.556	98114791000	11.072	98.306.621.429

Sumber : Hasil Perhitungan

Daya serap pada masing-masing kecamatan di Kota Malang ini memiliki karakteristik dan kemampuan yang berbeda-beda dalam menyerap emisi CO₂ yang

dihasilkan. Berdasarkan data yang ada menyatakan bahwa kerapatan pada masing-masing RTH publik tersebut juga berpengaruh dalam penyerapan emisi yang terjadi di setiap kecamatan. Dalam tabel 3 menunjukkan untuk RTH pertanian lebih tinggi daya serapnya, hal ini menandakan bahwa pertanian berperan dalam mengurangi emisi yang terjadi.

Berdasarkan perhitungan diatas maka daya serap RTH eksisting pada setiap Kecamatan digambarkan pada gambar 4.10 .



Gambar 4.10 Peta Total Daya Serap CO₂ Kota Malang

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa Kecamatan Kedungkandang yang dapat menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan sedangkan untuk Kecamatan Klojen dan Blimbing total daya serap hanya rendah dibandingkan Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Sukun.

Berdasarkan perhitungan diatas maka daya serap RTH eksisting pada setiap Kecamatan digambarkan pada Gambar 4.10. Gambar yang berwarna hijau menunjukkan bahwa daya serap untuk RTH publik dalam skala sedang yaitu Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Sukun. Untuk warna biru tua menunjukkan bahwa skala daya serap untuk Kecamatan Blimbing dan Klojen rendah, sedangkan untuk warna merah menunjukkan bahwa Kecamatan Kedungkandang dapat menyerap emisi dalam skala tinggi karena RTH publik lebih luas dibandingkan dengan beberapa kecamatan yang lain. Pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa

Kecamatan Kedungkandang yang dapat menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan sedangkan untuk Kecamatan Klojen dan Blimbing total daya serap rendah. Rendahnya kedua kecamatan dalam menyerap emisi yang terjadi dikarenakan persebaran untuk RTH publik tidak secara merata dalam kedua kecamatan serta luasan untuk RTH publik tidak luas dibandingkan dengan Kecamatan Kedungkandang. Dalam perhitungan diatas dapat dilihat bahwa persentase penyerapan emisi CO₂ RTH eksisting menunjukkan bahwa RTH di tiap kecamatan masih perlu dioptimalkan dan dimaksimalkan, sehingga daya serap RTH terhadap emisi CO₂ yang ada dapat ditingkatkan.

4.1.2 Sumber Emisi dan Hasilnya

4.1.2.1 Sumber Emisi yang berasal dari sektor permukiman

Emisi CO₂ primer yang berasal dari kegiatan permukiman yaitu bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga yakni LPG. Sumber data yang digunakan berasal dari hasil survey ke lapangan 67 responden di lima kecamatan, Berikut contoh perhitungan konsumsi LPG pada masing-masing rumah di Kota Malang .

Rumah Sederhana (49 rumah)

- Konsumsi LPG = 3kg
- Rata-rata konsumsi per hari = 0,37 kg/hari
- Rata-rata konsumsi LPG per bulan = 0,37 x 30 hari = 11 kg/bulan/rumah
- Konsumsi LPG per bulan = 11 x 49 rumah = 539 kg/bulan
- Emisi CO₂ Primer = EF x konsumsi bahan bakar x NCV
 = 63.1 g CO₂/MJ x 48 Kg/bulan x 47.3 MJ/Kg
 = 143,262.2 g CO₂/bulan
 = 143.26 Kg CO₂/bulan

Untuk dapat mengetahui berapa besar emisi yang dihasilkan dalam sektor permukiman, maka disini dilakukan perhitungan emisi total pada setiap jenis permukiman yang ada di Kota Malang pada Tabel 4.20. Rata-rata konsumsi bahan bakar untuk rumah sederhana sebesar 11 kg/bulan, rumah menengah 17 kg/bulan, dan rumah mewah 20 kg/bulan. Rumah mewah lebih banyak menggunakan bahan bakar LPG karena tidak hanya untuk memasak saja tetapi digunakan sebagai bahan bakar pemanas air. Kota Malang merupakan kota yang berhawa sejuk sehingga

banyak sekali masyarakat diperumahan mewah menggunakan bahan bakar LPG sebagai pemanas.

Tabel 4.20 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Tipe Rumah

Tipe Rumah	Jumlah Sampel	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan) LPG	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)
Sederhana	49	539	11
Menengah	15	249	17
Mewah	3	60	20

Sumber: Hasil survey

Untuk dapat mengetahui berapa besar emisi yang dihasilkan dalam sektor permukiman, maka disini dilakukan perhitungan emisi total pada setiap jenis permukiman yang ada di Kota Malang :

Tabel 4.21 Perhitungan Total Emisi Permukiman

No.	Tipe Rumah	Jumlah Penduduk Kota Malang	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1.	Sederhana	28.446	18.077
2.	Menengah	95.127	50.779
3.	Mewah	256.647	124.937
	Jumlah		124.937

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa rata-rata emisi CO₂ primer per tahun untuk setiap rumah pada tiap kecamatan. Data jumlah KK per kecamatan dari Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2013. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut.

Hasil perhitungan total emisi CO₂ primer per kecamatan selengkapnya tersaji dalam Tabel 4.25.

Hasil perhitungan pada Tabel 4.18 menunjukkan bahwa emisi CO₂ primer yang dihasilkan di Tipe Rumah Mewah 124.937 ton CO₂/tahun lebih besar daripada rumah menengah dan rumah sederhana.. Hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar rumah mewah lebih banyak daripada di rumah sederhana. Hal tersebut dapat terjadi akibat perbedaan tipe rumah sampel sehingga perilaku masyarakat dalam menggunakan bahan bakar pun berbeda. Rumah mewah lebih banyak

mengonsumsi bahan bakar LPG untuk memasak dan pemanas air, sehingga pola konsumsi LPG rumah mewah lebih banyak.

Pada tahap selanjutnya yaitu perhitungan total emisi di Kota Malang pada setiap Kecamatan .

Tabel 4.22 Perhitungan Total Emisi Per Kecamatan

No.	Kecamatan	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Emisi (kg CO ₂ /tahun)
1.	Kedungkandang	26.218,01	2.992,923516
2.	Klojen	15.877,3	1.812,477169
3.	Blimbing	29.695,73	3.389,923516
4.	Lowokwaru	26.902,04	3.071,009132
5.	Sukun	26.244,14	2.995,906393
	Jumlah	124.937,21	14.262,24

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2.2 Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan

Sampah adalah salah satu sektor dari aktivitas manusia yang berkontribusi dalam pemanasan global. Sampah yang tertimbun akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas-gas yang menyebar di udara. Gas yang paling banyak dihasilkan dari proses degradasi sampah organik yaitu gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) (Hapsari,dkk.2013).

Sektor persampahan merupakan salah satu kegiatan manusia yang menyebabkan pemanasan global. Proses dekomposisi sampah organik pada timbunan sampah menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa biogas yang terdiri atas gas methana dan gas karbon dioksida. Pengolahan sampah di TPS untuk produk daur ulang dan kompos berpotensi mereduksi jejak karbon secara langsung dari penurunan volume sampah yang dibuang ke TPA dan secara tidak langsung dari pemulihan material sampah (Hapsari, dkk. -)

Sumber Emisi yang berasal dari sektor persampahan juga menghasilkan emisi yang dapat mencemari lingkungan disekitar. Berat timbulan sampah Kota Malang berdasarkan Badan Pusat Statistik Tahun 2013 sebesar 600 ton/hari. Berat timbulan sampah yang terangkut ke TPA sebesar 420,17 ton/hari. Sehingga untuk menghitung emisi persampahan akan diketahui seberapa total emisi pada masing-masing Kecamatan. Berikut adalah langkah perhitungannya :

- Berat Timbunan (kg/tahun) Kota Malang
 = 600 ton/hari x 365 hari
 = 219.000 ton/tahun
 = 219 x 10⁶ kg/tahun = 219 Gg/tahun
- Berat Timbunan Sampah Terangkut ke TPA
 = 420,17 ton/hari x 365 hari
 = 153362,05 ton/tahun
 = 153,36 x 10⁶ kg/tahun = 155,36 Gg/tahun
- Timbunan terangkut ke TPA (kg/jiwa.hari)
 = 155,85 x 10⁶ kg/tahun / 606.487 jiwa (penduduk yang terlayani)
 = 257 kg/jiwa.tahun = 0,7 kg/jiwa.hari
- Perhitungan emisi CH₄

$$MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} - R \times (1 - OX)$$

$$MSW_T = 219 \text{ Gg/tahun}$$

$$MSW_F = 70\%$$

$$MCF = 0,4 \text{ (berdasarkan IPCC Guidelines 2006, dikarenakan TPA Supit Urang termasuk ke dalam sistem open dumping)}$$

$$DOC = \sum i (DOC_i \times W_i)$$

dimana:

Nilai DOC_i dapat dilihat pada tabel 2.7 dan W_i merupakan fraksi komponen sampah jenis i (basis berat sampah) yang tersaji pada Tabel 4.23, sehingga dapat diketahui nilai DOC yang tersaji pada Tabel 4.24.

Tabel 4.23 Fraksi Komponen Sampah Jenis i (W_i)

No.	Komposisi Sampah (kg)	Komposisi Sampah (%)
1	Organik	77,4
2	Kertas	4,1
3	Plastik	14
4	Logam/Kaleng	0,3
5	Karet	0,0
6	Tekstil/Kain	2
7	Kaca	0,3
8	Lainnya	1,9

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 4.24 Nilai DOC

No.	Komposisi Sampah	W_i [A]	DOC_i [B]	DOC [AxB]
1	Organik	0,774	0,15	0,1161
2	Kertas	0,041	0,4	0,0164
3	Plastik	0,14	0,0	0
4	Logam/Kaleng	0,003	0,0	0
5	Karet	0,0	0,39	0
6	Tekstil/Kain	0,02	0,24	0,0048
7	Kaca	0,003	0,0	0
8	Lainnya	0,019	0,0	0
Total				0,137

Sumber: Hasil Perhitungan

DOC_F = Fraksi DOC (0,5 berdasarkan IPCC Guideliness 2006)

F = 0,5 (berdasarkan IPCC Guideliness 2006)

R = 0 (berdasarkan IPCC Guideliness 2006, dikarenakan pada TPA Supit Urang belum memiliki alat pengukur gas metan)

OX = 0 (berdasarkan IPCC Guideliness 2006)

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= (219 \times 0,70 \times 0,4 \times 0,137 \times 0,5 \times 0,5 \times \frac{16}{12} - 0) \times (1 - 0) \\ &= 2,80 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun} \\ &= 2.801 \text{ ton CH}_4/\text{tahun} \end{aligned}$$

Konversi emisi CH_4

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times 25 \\ &= 2.801 \text{ ton/tahun} \times 25 \\ &= 70.035 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa emisi CH_4 sebesar 70.035 ton CO_2 -eq/tahun TPA Supit Urang Kota Malang. Untuk langkah selanjutnya yaitu nilai emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan, yaitu sebagai berikut perhitungannya :

$$FES = E / Nt$$

dimana:

FES = faktor emisi spesifik (ton CO_2 -eq/orang.tahun)

E = emisi yang dihasilkan di TPA (ton CO_2 -eq/tahun)

Nt = jumlah penduduk terlayani (orang)

$$\begin{aligned} FES &= 70.035 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun} / 588.800 \text{ orang} \\ &= 0,12 \text{ ton CO}_2\text{-eq/orang.tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka emisi ton CO₂ pada setiap Kecamatan yaitu disajikan dalam Tabel 4.25

Tabel 4.25 Total Emisi CO₂ dari Sektor Persampahan di Kota Malang

No	Kecamatan	Emisi/Kecamatan (Ton CO ₂ /orang.hari)
1	Kedungkandang	0
2	Sukun	70035,34
3	Klojen	0
4	Blimbing	0
5	Lowokwaru	0
Total		70035,34

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2.3 Sumber Emisi yang bersal dari sektor transportasi

Sumber emisi tidak hanya berasal dari sektor permukiman dan persampahan tetapi sektor transportasi juga menghasilkan emisi. Emisi transportasi lebih banyak karena saat ini jumlah transportasi semakin meningkat.

Perhitungan emisi karbon sektor transportasi menggunakan data konsumsi bahan bakar. Berikut merupakan perhitungan emisi bahan bakar gasolin dan solar di Kota Malang.

- Perhitungan emisi karbon bahan bakar gasolin
 - Konsumsi gasolin = 161.232.000 liter/tahun
 - NCV gasoline = 0,000033 TJ/Liter
 - Faktor emisi gasolin = 69300 kg CO₂/TJ
 - Emisi Karbon Gasolin = Konsumsi BBM gasolin x NCV x FE gasoline
 - = 161.232.000 liter/tahun x 0,000033 TJ/liter x 693000 kg CO₂/TJ
 - = 368.721.460,8 kg CO₂/tahun
 - = 368.721,46 ton CO₂/tahun
- Perhitungan emisi karbon bahan bakar solar
 - Konsumsi solar = 35.592.000 liter/tahun
 - NCV solar = 0,000036 TJ/Liter
 - Faktor emisi solar = 74100 kg CO₂/TJ

$$\begin{aligned}
\text{Emisi Karbon solar} &= \text{Konsumsi BBM gasolin} \times \text{NCV} \times \text{FE gasolin} \\
&= 35.592.000 \text{ liter/tahun} \times 0,000036 \text{ TJ/liter} \times 74100 \\
&\quad \text{kg CO}_2/\text{TJ} \\
&= 94945219,2 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\
&= 94.945,22 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan emisi karbon di atas didapatkan emisi karbon gasolin sebesar 368721,46 ton CO₂/tahun dan emisi karbon solar 94945,22 ton CO₂/tahun. Dari hasil perhitungan emisi karbon gasolin dan karbon solar, maka dilakukan tahap selanjutnya perhitungan konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP).

Tabel 4.26 Jenis dan Jumlah Kendaraan di Setiap Kecamatan di Kota Malang

Kecamatan	Mobil Pribadi	Angkutan Umum	Bus Besar	Bus Kecil	Truk Besar	Truk Kecil	Sepeda Motor
Kedungkandang	17.037	849	49	78	1.063	2.921	78.310
Sukun	11.357	576	33	52	719	1.940	52.256
Klojen	5.663	268	16	26	334	941	26.003
Blimbing	8.518	429	24	39	542	1.465	39.205
Lowokwaru	14.211	708	41	65	886	2.436	65.258

Sumber : SLHD Kota Malang

Berdasarkan data diatas maka dilakukan konversi jumlah kendaraan ke dalam satuan Mobil penumpang. Berikut adalah hasil konversi :

Tabel 4.27 Hasil Konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	Satuan Mobil Penumpang (SMP)
Mobil Pribadi Gasolin	47.322	47.322
Mobil Pribadi Solar	9.464	9.464
Angkutan Umum Gasolin	2.570	2.570
Angkutan Umum Solar	260	260
Bus Besar Solar	163	195,6
Bus Kecil Solar	260	260
Truk Besar Solar	3.544	4.252,8
Truk Kecil Gasolin	116	116
Truk Kecil Solar	9.587	9.587
Sepeda Motor	261.032	65.258
Total	334.318	139285,4

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan konversi perhitungan untuk setiap jenis kendaraan , maka selanjutnya menghitung Emisi Karbon yang dihasilkan . Berikut contoh perhitungannya :

1. Emisi karbon gasolin = 368.721,46 ton CO₂/tahun
 Total SMP kendaraan dengan bahan bakar gasolin
 = SMP mobil pribadi gasolin + SMP angkutan umum gasolin + SMP truk kecil gasolin + SMP sepeda motor
 = 47.322 SMP + 2.570 SMP + 116 SMP + 65.258 SMP
 =115.266 SMP
2. Emisi karbon solar = 94.945,22 ton CO₂/tahun
 Total SMP kendaraan dengan bahan bakar solar
 = SMP mobil pribadi solar + SMP angkutan umum solar + SMP bus besar solar + SMP bus kecil solar + SMP truk besar solar + SMP truk kecil solar
 = 9.464 SMP + 260 SMP + 195,6 SMP + 260 SMP + 4.252,8 SMP + 9.587 SMP
 = 24.019,4 SMP

Untuk mengetahui emisi karbon dari sektor transportasi di setiap kecamatan Kota Malang dibutuhkan data jenis dan jumlah kendaraan di setiap kecamatan yang telah dikonversi kedalam Satuan Mobil Penumpang. Berikut adalah hasil perhitungan emisi :

Tabel 4.28 Emisi Karbon Sektor Transportasi di Setiap Kecamatan di Kota Malang

Kecamatan	SMP (Satuan Mobil Penumpang)							Total SMP	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)
	Mobil Pribadi	Angkutan Umum	Bus Besar	Bus Kecil	Truk Besar	Truk Kecil	Sepeda Motor		
Kedungkandang	17037	849	58,8	78	1275,6	2921	19577,5	41796,9	139183,677
Sukun	11357	576	39,6	52	862,8	1940	13064	27891,4	92878,362
Klojen	5663	268	19,2	26	400,8	941	6500,75	13818,75	46016,4375
Blimbing	8518	429	28,8	39	650,4	1465	9801,25	20931,45	69701,7285
Lowokwaru	14211	708	49,2	65	1063,2	2436	16314,5	34846,9	116040,177
Total Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)									463820,38

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka total Emisi Karbon untuk setiap Kecamatan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.29 Total Emisi Karbon Transportasi pada Setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Total emisi karbon ton CO ₂ /tahun	Total emisi karbon kg/jam
1	Kedungkandang	139.183,677	15.888,55
2	Sukun	92.878,362	10.602,55
3	Klojen	46.016,4375	5.253,02
4	Blimbing	69.701,7285	7.956,82
5	Lowokwaru	116.040,177	13.246,6
	Jumlah	463.820,382	52.947,53

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.29 total emisi karbon pada setiap Kecamatan berbeda-beda, pada Kecamatan Kedungkandang emisi karbon yang berasal dari transportasi sangatlah tinggi dibandingkan dengan kecamatan yang lainnya. Maka total emisi karbon dari sektor transportasi adalah 463.666,68 ton CO₂/tahun.

4.1.2.4 Sumber Emisi yang berasal dari sektor industri

Sumber Emisi yang berasal dari sektor industri ini terdiri dari berbagai macam jenis industri yang terdiri dari 22 sub sektor. Industri di Kota Malang terdapat berbagai macam sektor, sehingga bahan bakar yang digunakan juga bermacam-macam. Berikut adalah data yang dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang.

Tabel 4.30 Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
1.	Industri Makanan dan Minuman	199
2.	Industri Pengolahan Tembakau	62
3.	Industri Tekstil	113
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	21
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	18
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	107
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	22
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	33
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	18
10.	Industri Logam Dasar	21
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	41

Lanjutan Tabel 4.30

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	30
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	32
14.	Industri Pengolahan Lainnya	50
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	70
Jumlah		837

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang

Untuk lebih jelas tentang penyebaran industri di Kota Malang di tiap Kecamatan beserta jumlah industri dan emisi karbon yang dihasilkan, dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa industri yang dominan adalah industri makanan dan minuman. Sehingga untuk dapat diketahui rata-rata emisi per jenis industri maka dapat dilakukan perhitungan untuk estimasi total emisi tiap jenis industri.

Contoh perhitungan :

- Konsumsi bahan bakar = 50320 kg/tahun
- NCV minyak tanah = 0,0000438 TJ/kg
- Faktor Emisi minyak tanah = 71900 kg CO₂/TJ

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi Karbon} &= \text{Konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 50320 \text{ kg/thn} \times 0,0000438 \text{ TJ/Kg} \times 71900 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \\
 &= 158.469 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} = 158,47 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh emisi karbon dari penggunaan bahan bakar minyak tanah industri makanan dan minuman adalah 158,47 ton CO₂/tahun. Contoh perhitungan diatas juga digunakan untuk memperoleh emisi karbon dari konsumsi bahan bakar jenis lainnya. Hasil perhitungan untuk jenis bahan bakar jenis lainnya dapat dilihat di Tabel 4.31. Industri makanan dan minuman yang paling besar menghasilkan emisi yaitu menggunakan bahan bakar kayu. Dengan menggunakan bahan bakar kayu lebih menghemat biaya finansial tetapi lebih banyak menghasilkan emisi dibandingkan dengan yang menggunakan bahan bakar LPG.

Tabel 4.31 Emisi Karbon Tiap Jenis Bahan Bakar Industri Makanan dan Minuman

Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)
Jenis	Konsumsi (tahun)				
M. tanah	50320 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	158469	158,47
LPG	42460 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	126727	126,73
Kayu	721600 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	1212288	1212,29
Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)					1512,13

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan diatas merupakan emisi karbon dari CO₂ pada tiap jenis bahan bakar industri makanan dan minuman. yang dihasilkan oleh masing-masing dari industri di kota Malang. Dari hasil perhitungan diatas maka akan didapatkan emisi dari masing –masing industri pada setiap kecamatan di Kota Malang.

Tabel 4.32 Jumlah Industri dan Emisi Karbon Tiap Kecamatan di Kota Malang

No.	Kecamatan	Jumlah Industri	Emisi Karbon ton CO ₂ /tahun	Emisi karbon kg/jam
1	Kedungkandang	107	6.207,58	708,627854
2	Sukun	192	14.422,42	1.646,39498
3	Klojen	233	22.714,54	2.592,98402
4	Blimbing	189	6.476,81	739,361872
5	Lowokwaru	116	5.999,78	684,906393
Total		837	55.821,13	6.372,27511

Sumber : Hasil Perhitungan.

4.1.3 Penentuan Beban Emisi CO₂ dengan *Box Model*

Pada perhitungan untuk *box model*, total emisi pada wilayah permukiman berasal dari emisi total CO₂ primer penjumlahan emisi bahan bakar. Sedangkan untuk transportasi dihitung berasal bahan bakar yang digunakan kendaraan. Untuk data industri berasal dari CO₂ primer bahan bakar industri.

Hubungan antara sumber Emisi dengan Potensi Penyerapan (*Box Model*) disini akan dihitung dari total emisi karbon yang dihasilkan dari sektor permukiman, persampahan, perindustrian, transportasi dan industri. Sehingga penyerapan emisi karbon dapat digambarkan dengan menggunakan *box model*. Perhitungan *box model* menggunakan persamaan (2.1) maka berikut adalah perhitungan visualisasi *box model*.

4.1.3.1 Emisi CO₂ Total

Emisi CO₂ total ini dihitung dari penjumlahan seluruh emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan permukiman, persampahan, transportasi dan industri di Kota Malang. Berikut adalah contoh perhitungan emisi total CO₂ pada Kecamatan Blimbing .

Emisi CO₂ total di Kecamatan Blimbing

Emisi CO ₂ kegiatan pemukiman	= 2992,92
Emisi CO ₂ kegiatan persampahan	= 1.749,1
Emisi CO ₂ kegiatan transportasi	= 15888,5
Emisi CO ₂ kegiatan industri	= 708,6
Perhitungan	:
Emisi CO ₂ total	= Emisi CO ₂ permukiman + persampahan+ transportasi + industri = 2992,92+ + 1.749,1+15888,5+708,6 = 21339 CO ₂ (kg/jam)

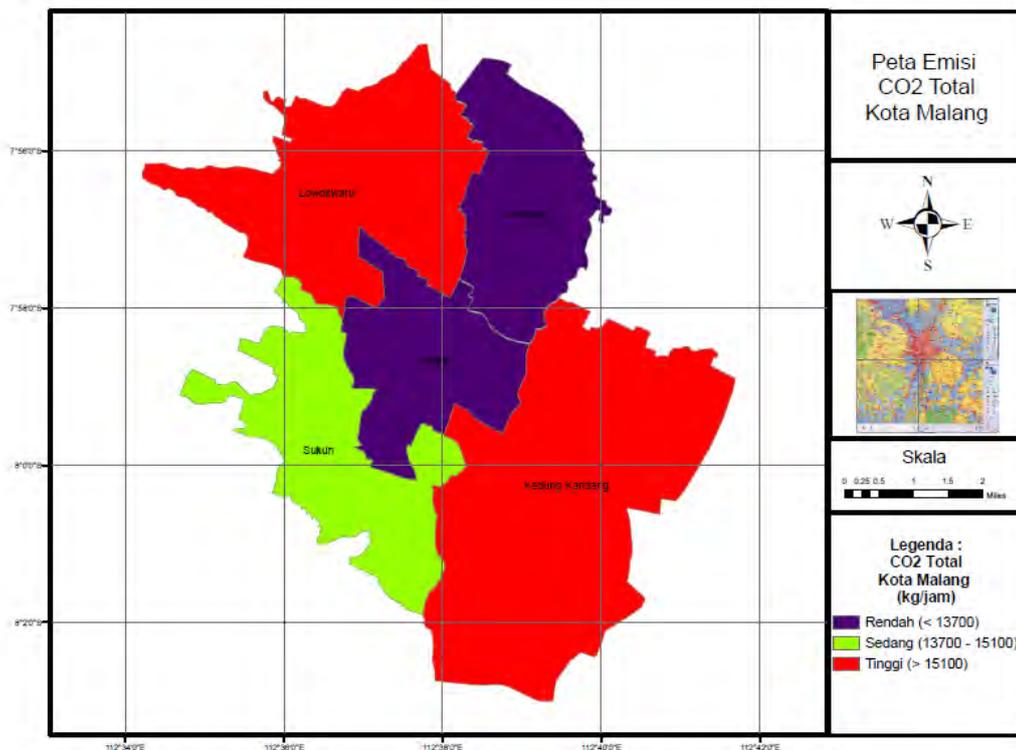
Hasil perhitungan emisi CO₂ total per kecamatan dan per sektor di Kota Malang sebagaimana pada Tabel 4.33

Tabel 4.33 Jumlah Emisi CO₂ Total di Kota Malang

No	Kecamatan	emisi CO ₂ (kg/jam)				Total
		Transportasi	Permukiman	Persampahan	Industri	
1	Kedungkandang	15.888,5	2.992,92	0	708,6	19.590
2	Sukun	10.602,6	1.812,5	2.918.139,2	1.646,4	2.932.201
3	Klojen	5.253,0	3.389,9	0	2.592,0	11.236
4	Blimbing	7.956,8	3.071,0	0	739,4	11.767
5	Lowokwaru	13.246,6	2.995,9	0	684,9	16.927
	Jumlah	52.947,5	1.4262,2	2.918.139,2	6.372,3	2.991.721

Sumber : Hasil Perhitungan

Sehingga Jumlah Emisi CO₂ total di Kota Malang dapat digambarkan pada peta Gambar 4.11. Kecamatan Kedungkandang lebih banyak menghasilkan emisi dibandingkan dengan kecamatan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa untuk transportasi di Kecamatan Kedungkandang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa kecamatan yang lain. Tidak hanya itu Kecamatan Kedungkandang kepadatannya lebih tinggi sehingga emisi yang berasal dari permukiman juga penghasil emisi.



Gambar 4.11 Peta Emisi CO₂ Total Kota Malang

Maka total emisi dari sektor transportasi, permukiman, dan industri yaitu 87821 CO₂ (kg/jam). Pada tabel dan gambar menunjukkan bahwa Lowokwaru menghasilkan emisi terbesar dibandingkan dengan Kecamatan yang lain. Hal ini terjadi juga dikarenakan Lowokwaru merupakan daerah yang kurang terdapat Ruang Terbuka Hijau dibandingkan Kedungkandang. Dalam peta yang berwarna merah menunjukkan bahwa Emisi total terbesar yang dihasilkan sangat tinggi dibandingkan dengan Kecamatan Klojen dan Kecamatan Blimbing yang menghasilkan emisi yang sangat rendah. Hal tersebut terjadi di Kecamatan tersebut tidak banyak terdapat industri dibandingkan dengan Kedungkandang an Lowokwaru.

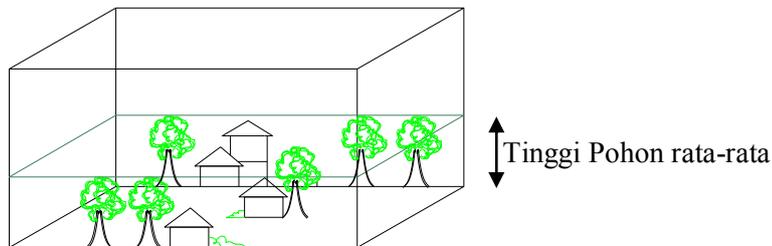
4.1.3.2 Emisi CO₂ Berdasarkan Metode Box Model

Emisi CO₂ yang dihasilkan di Kota Malang akan mengalami penyebaran ke udara bebas dengan pengaruh arah dan kecepatan angin.

Metode Box Model ini merupakan suatu metode yang dapat digunakan memperkirakan konsentrasi pemaparan emisi CO₂ tersebut ke udara dengan

memperhatikan lokasi sumber emisi terbesar, jarak pemaparan, waktu pemaparan,serta arah dan kecepatan angin di wilayah studi (Setiawan, 2013).

Berikut adalah gambaran untuk metode box model :



Gambar 4.12 *Box Model* dalam 1 Kota

Berdasarkan data dari BMKG Karangploso, Malang (2013), kecepatan angin rata-rata sepanjang tahun 2013 5,96 km/jam atau 1,66 m/detik dengan arah angin rata-rata Timur Laut. Dengan menggunakan persamaan 2.1 sampai 2.4, maka perhitungan nilai emisi dengan menggunakan metode Box Model yaitu sebagai berikut :

Contoh perhitungan :

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan Metode Box Model yaitu sebagai berikut :

1. Ketinggian pohon rata-rata disini digunakan sebagai batas ketinggian (H), sehingga untuk batas emisi yang berada di dalam box model. Sehingga H digunakan sebagai batasan atas ketinggian RTH publik dan privat dalam menyerap emisi.
2. Sifat dari polutan di Kota Malang stabil tidak ada polutan yang keluar dan masuk melalui dua sisi dengan arah angin.
3. Box ini merupakan suatu gambaran Kota Malang yang berada dalam box sehingga batasan dari luas wilayah Kota Malang (Tabel 2.2) yaitu $110,06 \text{ Km}^2 = 110.060.000 \text{ m}^2$
4. Kecepatan Angin di Kota Malang (U) konstan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin berdasarkan dari BMKG Karangploso kota Malang.

5. Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kecamatan terjauh (L) per kecepatan angin (U). Di mana sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Lowokwaru. Titik sumber emisi terbesar yang diambil adalah Kecamatan Lowokwaru dengan total emisi 24922 CO₂ kg/jam, Kemudian diukur jarak L ke batas Kabupaten dengan menggunakan Peta Kota Malang.

Langkah perhitungannya selanjutnya yaitu :

- Luas Wilayah Kota Malang = 110,06 Km² = 110.060.000 m²
- Lokasi sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Lowokwaru, hal ditetapkan berdasarkan data total emisi CO₂ per Kecamatan di Kota Malang (Tabel 4.30)
- L = 7,94 km = 7940 m
- H = 9,2 m
- Arah angin = Selatan
- U = 5,96 m/detik; dapat dilihat pada Tabel 2.1,
Nilai U yang diambil sesuai dengan arah angin dan di rata-rata nilainya
- Total emisi CO₂ primer = 87821 kg CO₂/jam = 24.394,722 g CO₂/detik
= 24.394.722 mg CO₂/detik

Selanjutnya sesuai dengan persamaan 2.1 sampai 2.4 berikut perhitungannya :

a. Waktu pemaparan (t)

$$t = \frac{L (m)}{U (m/detik)}$$

$$24.394.722 = \frac{7940 m}{5,96 m/detik}$$

$$= 1.332,2 \text{ detik}$$

$$q = \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ di Kota Malang}}{\text{Luas Kota Malang}}$$

$$= \frac{24.394.722 \text{ mg/detik}}{110.060.000 \text{ m}^2}$$

$$= 222 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^2/\text{detik}$$

Berdasarkan perhitungan q yaitu 222 x 10⁻³ mg/m²/detik untuk satu kecamatan.

Langkah selanjutnya menghitung nilai C(t) sesuai persamaan 2.1 .

$$\begin{aligned}
C(t) &= \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \\
&= \frac{0,222 (7940)}{5,96 (9,2)} \left(1 - e^{\frac{-5,96 \times 1332,2}{7940}}\right) \\
&= \frac{1762,68}{54,832} \left(1 - e^{\frac{-5,96 \times 1332,2}{7940}}\right) \\
&= 119,531 \text{ mg/m}^3
\end{aligned}$$

Setelah menghitung konsentrasi pencemar, selanjutnya di hitung emisi CO₂. Sebelumnya dihitung terlebih dahulu volume Kota Malang atau volume box dalam penelitian ini.

$$\begin{aligned}
V &= \text{Luas Kota Malang (m}^2\text{)} \times \text{Tinggi inversi (m)} \\
&= 110.060.000 \text{ m}^2 \times 9,2 \\
&= 1.012.552.000 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Diperoleh volume Kota Malang 1.012.552.000 m³. Selanjutnya dapat diperoleh massa CO₂ (mg).

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 &= C(t) \times \text{Volume box} \\
&= 119,531 \text{ mg/m}^3 \times 1.012.552.000 \text{ m}^3 \\
&= 1,210 \times 10^{11} \text{ mg.}
\end{aligned}$$

Dalam hal ini untuk mendapatkan besar emisi CO₂ (massa persatuan waktu) maka,

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 \text{ (mg/detik)} &= \frac{\text{Massa CO}_2 \text{ (mg)}}{t \text{ (detik)}} \\
&= \frac{(1,210 \times 10^{11} \text{ mg})}{(1332,2 \text{ detik})} \\
&= 90.850.737,96 \text{ mg/detik} \\
&= 9.085.073.796 \text{ g CO}_2 \text{ /detik}
\end{aligned}$$

Jarak pemaparan dari sumber pencemar. Sedangkan untuk emisi yang dihasilkan pada batas tinggi pohon, sehingga emisi yang sudah melewati pohon lepas ke udara. contoh diambil pada rata-rata tinggi pohon.

Dari perhitungan diatas, sehingga didapatkan Emisi CO₂ berdasarkan perhitungan dengan metode *Box Model* massa CO₂ sebesar 9.085.073.796 g CO₂/detik. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa total emisi pada setiap kecamatan digambarkan dalam satu Box model untuk Kota Malang. Sehingga dapat

diketahui bahwa beban emisi pada setiap titik di Kota Malang adalah sama. Dengan adanya perhitungan tersebut maka akan mempermudah dalam menentukan kemampuan daya serap CO₂ terhadap beban emisi CO₂ di Kota Malang. Dengan asumsi-asumsi yaitu :

- Digunakan ketinggian pohon rata-rata 10,3 m sebagai batas ketinggian (H),
- Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat tiap wilayah. Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin diperoleh dari BMKG Karangploso kota Malang.
- Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.
- Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- *Box* dalam penelitian ini sesuai dengan batas masing-masing kecamatan.
- Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kecamatan terjauh (L) per kecepatan angin (U). Dikarenakan tidak diketahui sumber terbesar emisi di masing-masing kecamatan, maka digunakan diagonal terjauh sesuai arah angin dominan (selatan) pada masing-masing kecamatan.

Tabulasi perhitungan box model masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.29. Nilai beban emisi masing-masing kecamatan tersebut kemudian dibandingkan dengan daya serap masing-masing kecamatan. Sehingga diketahui kecukupan

Sedangkan untuk perhitungan pada setiap Kecamatan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.34 Beban Emisi CO₂ di Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Luas Kecamatan (m ²)	L(m)	t (dt)	q (mg/m ² /dt)	C(t) (mg/m ³)	V (m ³)	Massa CO ₂ Per satuan Waktu (mg/dt)
1	Kedungkandang	39.890.000	5.560	932,9	0,00065	0,244931	36.698.8000	96.353,69
2	Sukun	20.970.000	6.980	1171,1	0,00155	0,734297	192.924.000	120.962
3	Klojen	8.830.000	4.590	770,1	0,00242	0,754092	81.236.000	79.543,79
4	Blimbing	17.770.000	7.940	1332,2	0,00208	1,121277	163.484.000	137.598,61
5	Lowokwaru	22.600.000	6.550	1098,9	0,00135	0,599976	207.920.000	113.510,19
	Jumlah	110.060.000	31.620	5305,4	0,00806	3,454573	1.012.552.000	547.968,27

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.4 Hubungan Antara Sumber Emisi dan Penyerapan

Dalam penelitian yang telah dilakukan dengan melalui pendekatan faktor luas tutupan (kanopi) atau luas tajuk dari tanaman. Sedangkan untuk data emisi yang dihasilkan pada setiap kecamatan diperoleh melalui emisi CO₂ yang berasal dari permukiman, persampahan, transportasi dan industri. Berdasarkan perhitungan Box Model beban emisi karbon (CO₂) yang harus ditanggung setiap wilayah di Kota Malang yaitu sebesar 9.085.073.796 g/detik (2,8669 x10¹¹ Ton CO₂/tahun). Besarnya resultan emisi diperoleh dari beban emisi dikurangi kemampuan serapan. Gambar pada Lampiran B adalah hasil pemetaan dari besarnya emisi di setiap kecamatan di Kota Malang. Kecamatan Lowokwaru menghasilkan emisi paling besar yaitu 24.922 kg CO₂/jam (218.462 Ton CO₂/tahun). Sedangkan kemampuan daya serap untuk Kecamatan Lowokwaru 13.843.163.522 kg CO₂/jam (1,21 Ton CO₂/tahun). Sehingga kemampuan daya serap Kecamatan Lowokwaru sangatlah kurang dibandingkan dengan Kecamatan Kedungkandang yang memiliki daya serap tertinggi diantara 5 Kecamatan di Kota Malang. Kedungkandang dapat menyerap sebesar 62.437.845.907 kg CO₂/hari (5,4 Ton CO₂/tahun). Untuk emisi yang dihasilkan sebesar 21.339 kg CO₂/hari (187.054 Ton CO₂/tahun). Sehingga Kedungkandang dapat mengurangi emisi yang terjadi. Hal tersebut terjadi dikarenakan daerah Kedungkandang lebih banyak memiliki Ruang Terbuka Hijau yang luas dibandingkan dengan Lowokwaru. Berikut perhitungan berdasarkan resultan emisi terhadap daya serap.

Tabel 4.35 Resultan Emisi dan Serapan

No.	Nama Kecamatan	Beban Emisi kg/jam	Daya Serap Emisi CO ₂ kg/jam	Resultan Emisi dan Serapan
1.	Kedungkandang	19.590	889,125	-18.774
2.	Klojen	11.236	627,3333333	-10.768
3.	Blimbing	11.767	537,375	-11.277
4.	Lowokwaru	16.927	566,9583333	-16.222
5.	Sukun	2.932.201	1038,416667	-2.810.026

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa Kecamatan Kedungkandang dapat menyerap emisi sebesar 72.261.164.706 kg CO₂/jam. Karena Kecamatan Kedungkandang memiliki Ruang Terbuka Hijau lebih banyak dibandingkan dengan Kecamatan Klojen. Dengan begitu meskipun Kecamatan Klojen paling rendah memiliki ruang terbuka hijau, tetap mencukupi dalam menyerap emisi yang ada. Sedangkan berdasarkan data Status Lingkungan Hidup tahun 2013 menyatakan bahwa Kecamatan Blimbing hanya memiliki ruang terbuka hijau publik 0,180 Ha, sedangkan untuk Kedungkandang dinyatakan tidak memiliki ruang terbuka hijau tetapi pada eksisting Kedungkandang memiliki Ruang Terbuka Hijau yang luas dibandingkan dengan Kecamatan yang lain. Tabel 2.3 yang menyatakan luas wilayah menurut penggunaan lahan, bahwa terdapat sisa lahan yang dapat digunakan sebagai ruang terbuka hijau, dimana berdasarkan total luas wilayah kota Malang yaitu 11.006 ha sedangkan hasil lahan yang terpakai yaitu 10.965,39 maka lahan yang tersisa sebesar 40,61. Lahan yang tersisa tersebut dapat dimanfaatkan untuk ruang terbuka hijau yang dapat mengurangi emisi pada masing-masing kecamatan.

4.2 Aspek Lingkungan

Perubahan iklim dan kenaikan temperatur udara secara global akibat Gas Rumah Kaca (GRK) adalah sebuah fenomena yang secara luas dimengerti dapat berpengaruh pada kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Gas Rumah Kaca antara lain terdiri dari CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆ dan uap air. Volume gas CO₂ di dalam GRK menempati urutan kedua setelah uap air. Gas CO₂ merupakan gas penyebab terpenting efek rumah kaca yang umumnya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil untuk transportasi, memasak, pembangkit listrik, industri, dll. Aktivitas peternakan, pertanian, kehutanan, dan perubahan tata guna lahan juga menjadi sumber lain dari GRK (Kurdi, 2008).

Aktivitas manusia berkaitan erat dengan energi yang dapat bersumber dari apa saja. Makin banyak aktivitas yang dilakukan manusia makin besar jumlah energi yang dibutuhkan. Energi sangat berperan dalam kehidupan manusia. Penggunaan energi yang berlebihan mempunyai dampak negatif yaitu meningkatkan jumlah emisi CO₂. Menurut para ahli, emisi CO₂ yang berlebihan

dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Kejadian yang telah terasa saat ini adalah bergesernya siklus musim dan meningkatnya panas bumi (Kurdi,2008).

Dalam aspek lingkungan ini akibatnya dari kurangnya lahan Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang dalam menyerap emisi CO₂ yang terjadi. Sehingga dapat diketahui langkah yang dilakukan untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan tersebut. Cara penanggulangan meliputi proses adaptasi dan proses mitigasi dampak.

Pada dasarnya ada dua elemen utama yang dapat menurunkan CO₂ secara alami, yaitu penghijauan dan badan air seperti sungai atau danau. Penghijauan dapat berupa hutan kota, jalur hijau, taman kota, kebun dan halaman berfungsi sebagai salah satu langkah pengendalian pencemaran udara ambien. Tanam-tanaman akan menyerap CO₂ dalam proses photosynthesis. Sedangkan kolam air atau danau dan sungai dapat mengabsorpsi CO₂ dan berfungsi sebagai bak pencucian (sink) yang besar (Kurdi,2008).

Fungsi penghijauan di perumahan ditekankan sebagai penyerap CO₂, penghasil oksigen, penyerap polutan (logam berat, debu, belerang), peredam kebisingan, penahan angin dan peningkatan keindahan (PP RI No.63/2002). Adapun faktor faktor yang berpengaruh terhadap potensi reduksi zat pencemar dan adalah daerah hijau, jenis tanaman, kerimbunan dan ketinggian tanaman. Menurut Read (2001), penghijauan dunia dan tanah telah mampu menyerap sekitar 40% dari total CO₂ dari aktivitas manusia. Diperkirakan angka ini akan menurun drastis menjadi 25% pada tahun 2050 karena banyaknya praktek-praktek penyalahgunaan hutan dan pola bertani. Perkiraan kerugian yang harus ditanggung masyarakat Indonesia pada tahun 2070 akibat dampak perubahan iklim adalah 10 rupiah dari setiap 100 rupiah pendapatan penduduk Indonesia (Sari, 2001 *dalam* Kurdi, 2008).

Upaya Peningkatan Serapan Karbon oleh Ruang Terbuka Hijau

Analisis diatas telah diketahui bahwa kecukupan RTH Privat eksisting yang terdapat di wilayah permukiman daerah rumah sederhana belum mencukupi karena kurangnya luas lahan dari rumah tersebut. Sedangkan untuk rumah menengah dan mewah mencukupi untuk menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, sedangkan untuk memenuhi kebutuhan O₂ masih kurang mencukupi untuk

memenuhi kebutuhan manusia. Sehingga didapatkan solusi untuk meningkatkan kemampuan RTH Privat di dalam permukiman yaitu dengan cara :

1. Menambah jenis pohon pada area RTH privat permukiman

Menambah jenis pohon karena berdasarkan survey dilapangan menunjukkan bahwa banyak sekali yang menanam pohon mangga pada halaman rumah. Alasan dari rumah-rumah tersebut menanam pohon mangga dikarenakan pohon tersebut bisa berbuah dan lebih lama waktu hidupnya dan rindang. Sehingga adapaun upaya dapat dilakukan diharapkan dapat menambah jenis yang lain yang memiliki daya serap tinggi yang berdasarkan literatur yaitu Beringin , Jati , nangka , dan sirsak. Pohon-pohon tersebut cukup rindang dan berbuah sehingga dapat ditanam di lahan RTH privat permukiman . Berikut salah satu rumah di Kota Malang yang telah menanam pohon beringin di halaman rumah :



Gambar 4.13 Pohon Beringin di Rumah Menengah

2. Penerapan Indoor Garden

Indoor Garden yaitu adanya tanaman di dalam rumah, hal ini dapat diterapkan pada rumah yang memiliki halaman luas maupun yang hanya memiliki halaman yang sangat terbatas. Indoor Garden ini dapat diterapkan baik rumah sederhana, menengah dan mewah. Adanya indoor garden ini memiliki manfaat dan keuntungan . Keuntungan yang didapatkan dari taman dalam rumah adalah dapat meningkatkan keindahan alami dari dalam rumah, sedangkan manfaatnya yaitu menghasilkan udara bersih, meningkatkan kemampuan penyerapan emisi karbon serta dapat memproduksi oksigen. Dalam menerapkan indoor garden ini perlu

diperhatikan beberapa hal yaitu jenis bunga yang cocok untuk akan ditanam serta sifat dari tanaman tersebut butuh sinar matahari atau tidak memerlukan sinar matahari secara langsung, penyiraman serta perawatan tanaman juga harus diperhatikan. Jika tanaman memerlukan sinar matahari dapat dilakukan dengan meletakkan tanaman dekat dengan jendela atau dapat menggunakan atap transparan. Adapun contoh tanaman yang dapat digunakan dalam ruangan yaitu tanaman anthurium. Berikut adalah salah satu rumah di Kota Malang yang menerapkan indoor garden :



Gambar 4.14 Indoor Garden di Rumah Mewah di Kota Malang

Dalam perhitungan persentase penyerapan emisi CO₂ oleh pohon pelindung pada RTH eksisting menunjukkan bahwa RTH di tiap kecamatan masih perlu dioptimalkan dan dimaksimalkan, sehingga daya serap RTH terhadap emisi CO₂ ada dapat ditingkatkan. Adapun mitigasi yang dapat dilakukan dengan tiga skenario yang bertujuan meningkatkan daya serap emisi CO₂ oleh RTH, yakni:

Skenario 1

Skenario satu ini lebih memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan antara perdu dan pohon dengan proporsi masing-masing adalah 70% Pohon dan 30% Perdu. Dari Tabel 4.29 dapat dilihat bahwa untuk Kecamatan Lowokwaru dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 218.460,793 Ton CO₂/

tahun, sehingga berdasarkan literatur Tabel 2.5 menggunakan tutupan vegetasi perdu dengan laju serapan 55 Ton CO₂/ ha/tahun dan pohon dengan laju serapan 569,07 Ton CO₂/ha/tahun dapat membantu dalam penyerapan emisi CO₂. Tetapi skenario ini memiliki kelebihan maupun kelemahan. Untuk kelemahan skenario ini pertumbuhan pohon memerlukan waktu yang relatif lama sehingga dibutuhkan waktu untuk dapat menyerap secara maksimal. Sedangkan kelebihan dari skenario ini ada pohon dan semak yang saling melengkapi dapat menyerap emisi karbon yang ada.

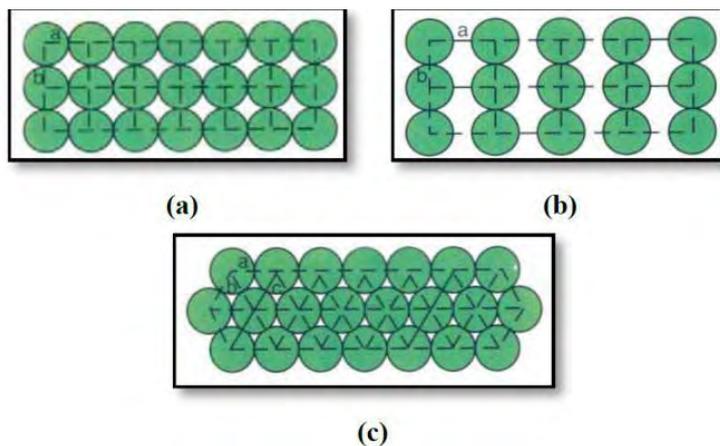
Skenario 2

Dengan cara lebih mengoptimalkan luas pohon pelindung dan kerimbunan pada RTH eksisting yang mengacu pada luas minimum tanaman hijau untuk RTH yang tercantum pada Perda di Kota Malang .

Sesuai dengan hasil survey pada penelitian di Kota Malang terdapat beberapa jenis RTH yakni taman kota, hutan kota, jalur hijau dan pemakaman. Ruang Terbuka Hijau tersebut tersebar di Kota Malang yang masing-masing kecamatan memiliki RTH publik tersebut. Berdasarkan penelitian terdahulu hutan kota Malang diketahui bahwa hutan kota Malang berbentuk bergerombol dan menumpuk dengan produksi oksigen tertinggi sebesar 7,8 ton berada pada hutan kota Malabar.

Untuk proporsi pohon pelindung lebih sedikit pada masing-masing RTH publik tersebut. Pada penelitian terdahulu dalam Adiantari (2010) pohon pelindung memiliki daya serap paling besar dibandingkan perdu dan semak.

Proporsi luas pohon pelindung minimum direncanakan mengacu pada persyaratan minimum luas lahan yang tertanami tumbuhan hijau pada Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007, bahwa Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan minimal 20% dari luas kawasan perkotaan. Selain itu disini adapun skenario yang direncanakan dengan cara menanam dan kerapatan diperhatikan juga berdasarkan literatur (Sesanti, dkk.2011) adapun cara menanam untuk ruang terbuka hijau publik yaitu :



Gambar 4.15 Tata Cara Penanaman Vegetasi Tegakan

Keterangan :

- (a) Cara penanaman persegi
- (b) Cara penanaman persegi panjang
- (c) Cara penanaman segitiga (silang)

Dalam penelitian terdahulu (Sesanti,dkk.2011) dijelaskan bahwa Secara horisontal, kerapatan vegetasi sangat berpengaruh terhadap besar/ kecilnya oksigen yang mampu dihasilkan oleh hutan kota. Semakin tinggi kerapatan vegetasi akan semakin tinggi pula produksi oksigennya. Selanjutnya tata cara penanaman segi tiga digunakan untuk mengembangkan vegetasi-vegetasi berupa tegakan pada hutan kota Malang dan mengestimasi peningkatan/penurunan produksi oksigen oleh vegetasi berupa tegakan pada masing-masing hutan kota.

Dari penelitian terdahulu dapat dibuat skenario dalam pola penanaman dengan tiga cara yaitu secara persegi, persegi panjang dan segitiga (silang). Selain itu tidak hanya pola penanaman tetapi juga kerapatan diperhatikan dari masing-masing vegetasi.

Sehingga dengan adanya skenario 1 dan 2 maka dari aspek lingkungan dapat menambah ruang terbuka hijau dengan berbagai jenis vegetasi yang dapat mereduksi emisi yang terjadi di Kota Malang. Berdasarkan skenario satu ini lebih memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan antara perdu dan pohon dengan proporsi masing-masing adalah 70% Pohon dan 30% Perdu. Pohon berdasarkan literatur dapat menyerap sebesar 569,07 ton CO₂/ha/tahun sedangkan perdu 55,00 ton CO₂/ha/tahun. Sedangkan skenario dua lebih menekankan cara

menanam dan kerapatan dari tanaman tersebut, semakin tinggi prosentase kerapatan makan akan semakin tinggi daya serap tanaman tersebut.

4.3 Aspek Ekonomi

Dalam aspek ekonomi dilakukan perhitungan secara ekonomi yang berkaitan dengan penambahan luasan Ruang Terbuka Hijau agar kemampuan serapan emisi CO₂ sesuai dengan skenario yang telah direncanakan. seberapa besar dana yang dibutuhkan dalam menanam tanaman yang dibutuhkan.

Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.35, kecamatan yang membutuhkan penambahan area RTH adalah Kecamatan Klojen dan . Sehingga perhitungan selanjutnya dilakukan pada 5 Kecamatan. Diasumsikan biaya perawatan di dua skenario adalah sama. Sehingga perhitungan finansial masing-masing skenario adalah sebagai berikut:

a. Skenario 1

Perhitungan menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam pada setiap Kecamatan yakni:

- Pohon Mangga ketinggian ± 1,5 m diameter 3 cm, area tanam pohon mangga adalah 15 m², diperlukan 400 batang per Ha.
- Perdu jenis Toga ketinggian ± 15 cm, area tanam 3 m², diperlukan 3.500 batang per Ha.

Perhitungan Finansial untuk skenario 1 pada tabel 4.37 sebagai berikut :

Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Kedungkandang	2,56	42.500	10.350	62.067.200	62.162.735
2	Sukun	1,96	42.500	10.350	47.520.200	47.615.735
3	Klojen	1,56	42.500	10.350	37.822.200	37.917.735
4	Blimbing	3,56	42.500	10.350	86.312.200	86.407.735
5	Lowokwaru	1,50	42.500	10.350	36.367.500	36.463.035
	Total					270.566.975

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan dua skenario dari aspek ekonomi, maka diperoleh kebutuhan biaya terendah adalah skenario satu, dengan penambahan luas RTH dengan komposisi 100% pohon dengan kebutuhan biaya sebesar Rp 106.727.675. Selanjutnya adalah skenario ke dua dengan komposisi 70% pohon dan 30% perdu kebutuhan biaya sebesar Rp 270.566.975.

b. Skenario 2

Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam.

- Pohon Angsana (cangkok) ketinggian \pm 1,5 m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m², diperlukan 400 batang per Ha.
- Perdu jenis Toga ketinggian \pm 15 cm, area tanam 3 m², diperlukan 3.500 batang per Ha.

Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.37

Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Kedungkandang	2,56	90.500	10.350	11.121.9200	111.314.735
2	Sukun	1,96	90.500	10.350	85.152.200	85.247.735
3	Klojen	1,56	90.500	10.350	67.774.200	67.869.735
4	Blimbing	3,56	90.500	10.350	154.664.200	15.475.9735
5	Lowokwaru	1,5	90.500	10.350	65.167.500	65.263.035
	Total					48.445.4975

Sumber: Hasil Perhitungan

Pemilihan skenario ini sebagai peningkatan luasan dan daya serap RTH di Kota Malang yang harus memenuhi dari segi aspek teknis, lingkungan dan ekonomi. Berdasarkan dua skenario yang telah dirancang, skenario pertama dapat dijadikan pertimbangan. Tetapi dua skenario ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Skenario pertama membutuhkan biaya investasi lebih rendah jika dibandingkan dengan skenario dua. Sedangkan skenario kedua membutuhkan penambahan luasan area yang lebih tinggi. Mengingat kondisi lahan di Kota Malang semakin berkurang maka alternatif untuk skenario satu lebih memungkinkan untuk dapat diterapkan di Kota Malang. Untuk disetiap Kecamatan

sangat diperlukan penambahan Ruang Terbuka Hijau. Karena semakin hari bangunan di Kota Malang semakin bertambah sehingga diperlukan are hijau untuk menambah oksigen untuk Kota Malang. Dengan adanya dua skenario tersebut untuk mempermudah dalam penyerapan emisi yang terjadi di Kota Malang dari sektor persampahan, permukiman, transportasi dan industri.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisa dan pembahasan antara lain:

1. Kecukupan RTH privat permukiman eksisting dalam menyerap emisi CO₂ berdasarkan perhitungan daya serap masih kurang .Untuk tipe rumah mewah, luasan RTH privat berdasarkan luasan, hanya 96% dari emisi total yang dapat diserap, rumah menengah sekitar 3 % sedangkan rumah sederhana hanya 1 %. RTH publik eksisting berdasarkan hitungan daya serap menyerap emisi CO₂ yang ideal masih kurang . Berdasarkan eksisting hanya mencapai 15% saja.
2. Dalam pemetaan telah digambarkan bahwa emisi terbesar dihasilkan di Kecamatan Kedungkandang 21.339 kg CO₂/hari (187.054 Ton CO₂/tahun) dan Lowokwaru 24.922 kg CO₂/jam (218.462 Ton CO₂/tahun). Hal tersebut terjadi dikarenakan sumber emisi banyak dihasilkan.
3. Dalam aspek teknis penyerapan emisi di Kota Malang sangatlah kurang karena ruang terbuka hijau di kota Malang eksisting hanya mencapai 15%. Sehingga belum memenuhi persyaratan 30% dari luas wilayah Kota Malang. Dari aspek ekonomi dipilih skenario ketiga lebih efektif dalam menyerap emisi yang dihasilkan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini selanjutnya , yaitu:

1. Penelitian lanjutan diharapkan merekomendasikan untuk luasan RTH privat yang sesuai untuk semua jenis rumah ditambahkan disetiap pemukiman.
2. Penelitian lanjutan mengenai daya serap untuk tiap jenis vegetasi dirasa perlu dilaksanakan. Dengan proses interpretasi yang lebih dalam diharapkan penelitian lanjutan dapat menghasilkan rekomendasi mengenai jenis-jenis vegetasi yang memiliki kemampuan tinggi dalam menghasilkan oksigen utamanya vegetasi yang sesuai dengan kondisi Kota Malang.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1988. *Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 Tahun 1988 Tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Di Wilayah Perkotaan.*
- Anonim. 2003 *Peraturan Daerah Kota Malang Nomor Tahun 2003 Tentang Pengelolaan Pertamanan Kota dan Dekorasi Kota.*
- Anonim. 2007. *Undang-undang Nomor 26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang*
- Anonim. 2007. *Peraturan Menteri Dalam Negeri No.1 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan. Jakarta*
- Anonim. 2008. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*
- Anonim. 2012. Buku II Metode Verifikasi Lapangan. Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat dan Sekolah Ilmu dan Hayati ITB. <http://dishut.jabarprov.go.id/data/arsip/BUKU%20II%20%28KIKPKL%29.pdf>. Diakses 29 Desember 2014
- Anonim. 2013 . http://bappeda.ntbprov.go.id/wpcontent/uploads/2013/09/Bab02_PengantarArcGIS10.pdf
- Anonim. 2014. *Ruang Terbuka Hijau Di Malang Semakin Menyusut.* <http://www.halomalang.com/news/ruang-hijau-di-malang-semakin-menyusut>. Diakses 15 Agustus 2014
- Aqualdo,Nobel, Eriyati dan Toti Indrawati. 2012. *Penyeimbangan Lingkungan Akibat Pencemaran Karbon Yang Ditimbulkan Industri Warung Internet Di Kota Pekanbaru .* Jurusan Ilmu Ekonomi Prodi Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi Universitas Riau. *Jurnal Ekonomi* Volume 20, Nomor 3
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2013. *Kota Malang dalam angka 2013 .* Kota Malang : BPS Jawa Timur
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2014. *Kota Malang dalam angka 2014 .* Kota Malang : BPS Jawa Timur

- Bahri Saiful, Darusman dan Syamaun A.Ali. 2012. *Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kota Banda Aceh. Green Open Space Needs Area in the City of Banda Aceh* . Fakultas Pertanian Unsyiah. Darussalam Banda Aceh
- C. Vidya Yohana. 2009. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis pada Perusahaan Federal Express sebagai Decision Support System*. Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Dahlan, EN. 1992. *Hutan Kota untuk Peningkatan Kualitas Lingkungan*. Jakarta : APHI.
- Dahlan, E. 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*. Disertasi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Departemen Arsitektur Lanskap IPB. 2005. *Ruang Terbuka Hijau Di Dalam: Makalah Lokakarya Pengembangan Sistem RTH di Perkotaan. Rangkaian Acara Hari Bakti Pekerja Umum ke-60 Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerja Umum; 30 Nov 2005*. Bogor: Laboratorium Perencanaan Departemen Arsitektur Lanskap.
- Damayanti. 2009. *Inventarisasi Arisasi Bahan Pustaka dan Pembuatan Laporan Pengembangan Koleksi. Mata Kuliah Akusisi*. http://File.Upi.Edu/Direktori/Fip/Prodi._Perpustakaan_Dan_Informasi/Damayanty/Akuisisi/Paper_Akuisisi/Inventarisasi_Makalah_2009.Pdf
- Ekawati Sulistya, Kirsfianti L. Ginoga, Ari Wibowo, Subarudi, Fentie Salaka, Yanto Rochmayanto, Zahrul Muttaqin Endang Savitri. 2012 *Laporan Hasil Penelitian Identifikasi Kegiatan-Kegiatan Yang Mengurangi Emisi Karbon Melalui Peningkatan Serapan Karbon Dan Stabilisasi Simpanan Karbon Hutan Di Indonesia (Identification Of Activities Within The Country That Results In Reduced Emissions By Increasing Carbon Removals And Stabilizing Forest Carbon Stocks)*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perubahan Iklim Dan Kebijakan (Puspijak) Dan Forest Carbon Partnership Facility (Fcpf) . Bogor.

- Fandeli. C, Kaharuddin dan Mukhlison. 2004. *Perhutanan Kota*. Jogjakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Feranti, Nurida S, P. Ocky, Dwi, Mirawati, Fifit, Umi, Lathifah, Fariz, Rifqi F., Annisa H.I., Riandita Dwi A, Dediarta B., 2009. Evaluasi Terhadap Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kawasan Kota Malang. Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Insitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Oswald, Patrick, Retno Astrini.2012. *Modul Pelatihan ArcGIS10*. GIZ- Decentralization as Contribution to Good Governance Bappeda Province NTB. <http://bappeda.ntbprov.go.id/data-dan-informasi/edukasi/module-arcgis-10-dasar/>
- GIS Konsorsium Aceh Nias. 2007. *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*. Staf Pemerintah Kota Banda Aceh.
- Grose, Margaret.J. 2009. *Changing relationships in public open space and private open space in suburbs in south-western Australia*. Landscape and Urban Planning. Vol 92, pp 53-63
- Guridno, Panji. 2013. *Makalah Ruang Terbuka Hijau Kota Malang*. Program Studi Pendidikan Geografi : Jurusan Pendidikan Ilmu Pengtahuan Sosial. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Hermana, J. 2003. Orasi Ilmiah : *Integrasi Ekoteknologi Dalam Program Perlindungan Lingkungan Udara Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hapsari, Chrismalia, Susi Agustina Wilujeng.-. *Studi Emisi Karbondioksida (CO₂) Dan Metana (CH₄) Dari Kegiatan Reduksi Sampah Diwilayah Surabaya Bagian Selatan*. Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November, Kampus ITS- Sukolilo: Surabaya.
- Kurdi, Siti Zubaidah. 2008. *Pengaruh Emisi CO₂ Dari Sektor Perumahan Perkotaan Terhadap Kualitas Lingkungan Global*. Pusat Litbang Permukiman: Bandung. Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2 Juli 2008 hal 106-114 dan hal.137-150

- Pentury, Thomas. 2003. *Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO₂ Pada Tanaman Hutan Kota*. Disertasi Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Putra, Erwin Hardika. 2012. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Pendekatan Kebutuhan Oksigen Menggunakan Citra Satelit Eo-1 Ali (Earth Observer-1 Advanced Land Imager) Di Kota Manado Green Space Analysis Based On Oxygen Demands Using the EO-1 ALI (Earth Observer-1 Advanced Land Imager) in Manado City*. Info BPK Manado Volume 2 No 1, Juni 2012
- Putri, Anindita Ade. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Selatan, Studi Kasus Di Kecamatan Wonocolo, Surabaya Selatan*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Pratiwi, Siti Rahmatia. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Utara (Studi Kasus : Kecamatan Kenjeran)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Prasetyo, Anugrah Teguh. *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau (Rth) Terhadap Iklim Mikro Di Kota Pasuruan (The influence of Green open Space to The Micro Climate in Pasuruan City)*. Jurusan Geografi, Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang
- Rahmi, Julia. 2009. *Hubungan Kerapatan Tajuk dan Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisis Citra Satelit dan Sistem Informasi Geografis Di Taman Nasional Gunung Leuser*. Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Razak, A. 2010 *Kajian Yuridis Carbon Trade dalam Penyelesaian Efek Rumah Kaca*. Makalah Etika dan Kebijakan Perudangan Lingkungan Yogyakarta : Program Pasca Sarjana / S2 - Program Studi Manajemen Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

- Rizkatania, 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi Co₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Manusia Di Surabaya Pusat (Studi Kasus: Kecamatan Tegalsari)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Simonds, J.O. 1983. *Landscap Architecture*. Mc Graw-Hill, Inc United States of America. 331 p
- Sesanti Niti, Eddi Basuki Kurniawan, Mustika Anggraeni. 2011. *Optimasi Hutan Sebagai Penghasil Oksigen Kota Malang*. Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jurnal Tata Kota dan Daerah Volume 3, Nomor 1, Juli 2011
- Sugiyono, Agus. 2006. *Penanggulangan Pemanasan Global di Sektor Pengguna Energi*. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 7, No. 2, 2006 : 15-19
- Syamdermawan, Wega, Surjono, Eddi Basuki Kurniawan. 2012. *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Kualitas Lingkungan Pada Perumahan Menengah Atas*. Teknologi Dan Kejuruan, Vol. 35, No. 1, Pebruari 2012:8192
- Sunarto, Sudharto P. Hadi, Purwanto. *Pengolahan Sampah Di TPS Tlogomas Malang untuk Mereduksi Jejak Karbon Solid Waste Processing at TPS Tlogomas Malang to Reduce Carbon Footprint*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013 . hal 107
- Tinambunan R. S. 2006. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Peka Baru*. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari, Agustiah. 2014. *Kajian Potensi Pemakaman sebagai Ruang Terbuka Hijau Perkotaan Studi Kasus: TPU Kota Pontianak*. Wulandari. “Potensi Pemakaman sebagai RTH Perkotaan. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Tanjungan , Indonesia. Langkau Betang, Vol. 1/No. 2/2014

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BIODATA PENULIS



Nama : Cesaria Wahyu Lukita

Email : cesariawahyu@gmail.com

cesariawahyu@yahoo.com

Penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 16 November 1989, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dewi Kunthi Surabaya, SDN Rungkut Menanggal III/618 di Surabaya, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 17 Surabaya dan SMA Negeri 17 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2008, penulis diterima di Program Studi Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga pada tahun 2008 yang terdaftar dengan NRP 080810738. Pada masa perkuliahan, penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Biologi. Menjadi panitia beberapa kegiatan yang diselenggarakan jurusan. Penulis juga berorganisasi pada tingkat Indonesia yaitu Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) sebagai staff departemen dan komunikasi pada tahun 2010-2011 dan Sekertaris Regional pada tahun 2008-2010. Penulis juga mengikuti organisasi AIESEC yang bertaraf Internasional. Penulis juga mengikuti beberapa seminar seperti Seminar Nasional dan pelatihan Awareness Training, Environmental Management System ISO 14001: 2001, Quantum Memory Training oleh Instatnt Technologies Production, dan sebagainya. Selain itu penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik, Gresik. Untuk dapat meraih gelar sarjana Teknik, penulis menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kesesuaian Tingkat Kebisingan Akibat *Traffic Noise* Dengan Baku Mutu Kebisingan di SMA Negeri 4 Surabaya. Setelah menempuh pendidikan sarjana penulis melanjutkan pendidikan Program Magister di Jurusan Teknik Lingkungan ITS Tahun 2013.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN A
KUISIONER

LAMPIRAN A (KUISONER)

Kode/No.	
Kelurahan	
Alamat	
Nama Responden	
Jumlah Penghuni	
Luas Tanah (m ²)	
Pekerjaan	
Pendapatan/bulan	
< 5 jt	> 5 jt

Perdu		
r ₁ (m)	r ₂ (m)	Kerapatan (%)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Pohon					
Jenis	r ₁ (m)	r ₂ (m)	Kerapatan (%)	H (m)	H Tajuk (m)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Keterangan:

r₁ = Diameter tajuk 1

r₂ = Diameter tajuk 2

LAMPIRAN B
DATA HASIL SURVEY RTH PRIVAT

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT)

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)							
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)											
1	r	5	63	-	-	4,14	1,76	7,286	75%	5,465	Mangga	2,18	1,12	2,137	50%	1,069	6,533	-	4,48	2,82							
2	r	2	21	-	-	3,24	0,80	2,592	90%	2,333	1. Keres	2,42	1,98	3,799	70%	2,660	6,189	-	1,72	-							
											2. Belimbing	1,65	1,42	1,850	55%	1,017			2,76	-							
											3. Jambu Air	0,50	0,85	0,358	50%	0,179			3,37	-							
											Total LT (m2)								3,856								
3	r	4	20	-	-	3,22	0,60	1,932	80%	1,546	1. Mangga	3,25	2,47	6,421	97%	6,228	16,354	Perdu di bawah pohon	5,68	2,33							
				-	-	3,38	0,80	2,704	90%	2,434	2. Palembang	2,86	3,19	7,183	60%	4,310			2,21	-							
				-	-	0,80	2,87	2,296	80%	1,837	Total LT (m2)								10,538								
				Total LT (m2)						5,816																	
4	r	7	32	-	-	0,84	2,10	1,764	99%	1,746	Mangga	3,21	2,65	6,739	95%	6,402	8,624	-	6,32	2,58							
				-	-	0,80	0,60	0,480	99%	0,475											Total LT (m2)						2,222
				Total LT (m2)						2,222																	
5	r	5	84	-	-	4,10	1,20	4,920	80%	3,936	1. Belimbing	3,15	2,50	6,265	60%	3,759	15,311	-	2,47	-							
				-	-	4,37	1,30	5,681	85%	4,829	2. Mangga	2,13	3,20	5,575	50%	2,788			7,18	3,56							
				Total LT (m2)						8,765	Total LT (m2)								6,546								
6	r	4	75	-	-	-	-	-	-	-	Belimbing	1,25	3,14	3,782	98%	3,707	3,707	-	4,02	-							
7	r	3	75	-	-	0,80	2,27	1,816	99%	1,798	-	-	-	-	-	-	1,798	-	-	-							
8	r	3	75	1	0,36	-	-	0,102	85%	0,086	-	-	-	-	-	-	1,626	-	-	-							
				1	0,76	-	-	0,453	85%	0,385																	
				1	1,40	-	-	1,539	75%	1,154																	
				Total LT (m2)						1,626																	
9	t	5	65	-	-	0,70	3,97	2,779	85%	2,362	Mangga	2,13	0,93	1,8376065	75%	1,378	4,244	-	4,76	1,95							
				-	-	0,90	0,70	0,630	80%	0,504											Total LT (m2)						2,866
				Total LT (m2)						2,866																	
10	r	4	65	2	0,22	-	-	0,076	90%	0,068	-	-	-	-	-	-	0,824	-	-	-							
				1	0,15	-	-	0,018	80%	0,014																	
				1	0,70	-	-	0,385	90%	0,346																	
				2	0,27	-	-	0,114	85%	0,097																	
				1	0,22	-	-	0,038	90%	0,034																	
				1	0,29	-	-	0,066	85%	0,056																	
				1	0,26	-	-	0,053	85%	0,045																	
				1	0,22	-	-	0,038	85%	0,032																	
				1	0,43	-	-	0,145	90%	0,131											Total LT (m2)						0,824
11	r	5	48	7	0,30	-	-	0,495	85%	0,420	Jambu biji	3,51	1,22	4,39	70%	3,073	3,541	-	2,77	-							
				2	0,20	-	-	0,063	75%	0,047											Total LT (m2)						0,467
				Total LT (m2)						0,467																	

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)							
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)											
1	r	5	63	-	-	4,14	1,76	7,286	75%	5,465	Mangga	2,18	1,12	2,137	50%	1,069	6,533	-	4,48	2,82							
2	r	2	21	-	-	3,24	0,80	2,592	90%	2,333	1. Keres	2,42	1,98	3,799	70%	2,660	6,189	-	1,72	-							
											2. Belimbing	1,65	1,42	1,850	55%	1,017			2,76	-							
											3. Jambu Air	0,50	0,85	0,358	50%	0,179			3,37	-							
											Total LT (m2)								3,856								
3	r	4	20	-	-	3,22	0,60	1,932	80%	1,546	1. Mangga	3,25	2,47	6,421	97%	6,228	16,354	Perdu di bawah pohon	5,68	2,33							
						3,38	0,80	2,704	90%	2,434	2. Palembang	2,86	3,19	7,183	60%	4,310			2,21	-							
						0,80	2,296	80%	1,837	Total LT (m2)						10,538											
						Total LT (m2)						5,816															
4	r	7	32	-	-	0,84	2,10	1,764	99%	1,746	Mangga	3,21	2,65	6,739	95%	6,402	8,624	-	6,32	2,58							
						0,80	0,60	0,480	99%	0,475											Total LT (m2)						2,222
						Total LT (m2)															3,936						
5	r	5	84	-	-	4,10	1,20	4,920	80%	3,936	1. Belimbing	3,15	2,50	6,265	60%	3,759	15,311	-	2,47	-							
						4,37	1,30	5,681	85%	4,829	2. Mangga	2,13	3,20	5,575	50%	2,788			7,18	3,56							
						Total LT (m2)						8,765	Total LT (m2)						6,546								
6	r	4	75	-	-	-	-	-	-	-	Belimbing	1,25	3,14	3,782	98%	3,707	3,707	-	4,02	-							
7	r	3	75	-	-	0,80	2,27	1,816	99%	1,798	-	-	-	-	-	1,798	-	-	-								
8	r	3	75	1	0,36	-	-	0,102	85%	0,086	-	-	-	-	-	-	1,626	-	-	-							
					1	0,76	-	-	0,453	85%											0,385						
					1	1,40	-	-	1,539	75%											1,154						
					Total LT (m2)																1,626						
9	t	5	65	-	-	0,70	3,97	2,779	85%	2,362	Mangga	2,13	0,93	1,8376065	75%	1,378	4,244	-	4,76	1,95							
						0,90	0,70	0,630	80%	0,504											Total LT (m2)						2,866
						Total LT (m2)															0,068						
10	r	4	65	2	0,22	-	-	0,076	90%	0,068	-	-	-	-	-	-	0,824	-	-	-							
					1	0,15	-	-	0,018	80%											0,014						
					1	0,70	-	-	0,385	90%											0,346						
					2	0,27	-	-	0,114	85%											0,097						
					1	0,22	-	-	0,038	90%											0,034						
					1	0,29	-	-	0,066	85%											0,056						
					1	0,26	-	-	0,053	85%											0,045						
					1	0,22	-	-	0,038	85%											0,032						
					1	0,43	-	-	0,145	90%											0,131	Total LT (m2)					
11	r	5	48	7	0,30	-	-	0,495	85%	0,420	Jambu biji	3,51	1,22	4,39	70%	3,073	3,541	-	2,77	-							
					2	0,20	-	-	0,063	75%											0,047						
					Total LT (m2)																0,467						

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m ²)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m ²)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)	
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m ²)	Kerapatan	LT (m ²)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m ²)	Kerapatan	LT (m ²)					
12	r	3	56	-	-	2,50	1,00	2,500	80%	2,000	1. Mangga 1	0,60	0,95	0,471	85%	0,401	8,938	-	4,29	1,06	
				-	-	1,50	1,25	1,875	80%	1,500	2. Mangga 2	3,09	2,30	5,701	80%	4,561			5,84	3,63	
				-	-	0,80	0,70	0,560	85%	0,476	Total LT (m ²)								4,962		
				Total LT (m ²)							3,976										
13	t	4	50	-	-	1,50	0,64	0,960	85%	0,816	-	-	-	-	-	0,816	-	-	-		
14	r	6	45	-	-	-	-	-	-	-	Mangga	3,80	1,88	6,331	98%	6,205	6,205	-	5,92	1,67	
15	r	5	60	-	-	2,00	2,50	5,000	85%	4,250	Jambu Air	4,01	5,13	16,395	75%	12,296	16,546	-	4,12	-	
16	r	3	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-		
17	r	4	65	-	-	3,44	2,32	7,981	70%	5,587	1. Mangga 1	1,82	3,26	5,065	70%	3,545	12,179	-	4,60	2,18	
				-	-	-	-	-	-	2. Mangga 2	2,52	2,03	4,063	75%	3,047	6,14			3,32		
				Total LT (m ²)						6,592											
18	r	2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-		
19	r	4	40	-	-	0,70	0,85	0,595	90%	0,536	-	-	-	-	-	-	2,385	-	-	-	
				-	-	1,23	0,70	0,861	80%	0,689											
				-	-	1,95	0,70	1,365	85%	1,160											
				Total LT (m ²)						2,385											
20	r	3	52	17	0,20	-	-	0,534	80%	0,427	Palem	1,27	0,90	0,924	60%	0,554	0,982	-	1,83	-	
21	t	4	64	-	-	-	-	-	-	-	1. Jambu air	2,52	2,67	5,286	80%	4,229	5,522	-	3,39	-	
				-	-	-	-	-	-	2. Palem	2,92	1,05	3,093	30%	0,928	2,47			-		
				-	-	-	-	-	-	3. Belimbing	1,57	1,48	1,826	20%	0,365	1,94			-		
				Total LT (m ²)						5,522											
22	r	3	105	-	-	-	-	-	-	-	Mangga	3,73	1,62	5,617	80%	4,494	4,494	-	5,63	3,93	
23	r	5	100	-	-	-	-	-	-	-	Palem	1,38	1,06	1,168	75%	0,876	0,876	-	1,39	-	
24	r	2	120	-	-	1,50	0,38	0,570	85%	0,485	-	-	-	-	-	0,485	-	-	-		
25	r	5	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	-	-	-		
26	r	2	65	-	-	3,44	2,32	7,981	70%	5,587	1. Mangga 1	1,82	3,26	5,065	70%	3,545	12,179	-	4,60	2,18	
				-	-	-	-	-	-	2. Mangga 2	2,52	2,03	4,063	75%	3,047	6,14			3,32		
				Total LT (m ²)						6,592											
27	r	5	50	-	-	3,22	0,60	1,932	80%	1,546	1. Mangga	3,25	2,47	6,421	97%	6,228	14,518	-	3,6	2,5	
				-	-	3,38	0,80	2,704	90%	2,434	2. Palem	2,86	3,19	7,183	60%	4,310			4,6		
				Total LT (m ²)						3,979	Total LT (m ²)								10,538		

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Sederhana

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m ²)	Perdu						Pohon					Total Tutupan Vegetasi (m ²)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)		
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m ²)	Kerapatan	LT (m ²)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m ²)					Kerapatan	LT (m ²)
28	r	4	75	-	-	0,84	2,31	1,940	90%	1,746	1. Belimbing	1,22	1,54	1,495	70%	1,046	7,619	-	1,84	-
						0,91	2,14	1,947	90%	1,753	2. Mangga	2,31	2,26	4,099	75%	3,074			6,35	3,34
						Total LT (m ²)				3,499	Total LT (m ²)					4,120				
29	r	4	60	-	-	6,04	1,18	7,127	98%	6,985	-	-	-	-	-	-	6,985	-	-	-
30	r	3	55	-	-	4,32	1,68	7,258	85%	6,169	Jambu air	2,17	2,53	4,335	80%	3,468	9,637	-	3,32	-
31	r	5	45																	
32	r	5	70	-	-	2,14	1,76	3,766	70%	2,636	Mangga	1,18	1,10	1,020	60%	0,612	3,249	-	4,48	2,82
33	r	4	32	-	-	1,50	0,38	0,570	85%	0,485	-	-	-	-	-	-	0,485	-	-	-
34	r	4	65	-	-	1,84	0,52	0,957	90%	0,861	-	-	-	-	-	-	0,861	-	-	-
35	r	2	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
36	r	2	50	-	-	0,40	0,75	0,300	75%	0,225	1. Mangga	3,38	2,84	7,593	60%	4,556	8,138	-	5,27	2,39
											2. Sawo	1,86	2,50	3,731	90%	3,358			3,40	-
											Total LT (m ²)					7,913				
37	r	5	55	-	-	1,07	0,58	0,6206	60%	0,37236	Sawo	1,23	1,12	1,021	70%	0,7147	1,087	-	3,6	2,05
38	r	3	70	-	-	1,14	1,76	2,006	55%	1,104	Mangga	2,18	1,12	2,137	50%	1,069	2,172	-	3,48	2,82
39	r	4	45	-	-	-	-	-	-	-	Palem	3,50	2,25	6,489	65%	4,218	4,218	-	4,30	-
40	r	3	50	-	-	2,56	1,56	3,994	60%	2,396	Palem	2,34	1,16	2,404	50%	1,202	3,598	-	3,48	2,82
41	r	4	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
42	r	5	40	-	-	2,44	1,32	3,221	80%	2,577	1. Mangga 1	2,2	3,2	5,723	70%	4,006	9,656	-	4,60	2,18
											2. Mangga 2	2,5	2,07	4,099	75%	3,074			6,14	3,32
											Total LT (m ²)					7,080				
43	r	5	32	-	-	0,00	0,00	0,000	70%	0,000	Palem	0,00	0,00	0,000	50%	0,000	0,000	-	3,48	2,82
44	r	4	50	-	-	0	0	0,000	90%	0,000	-	-	-	-	-	-	0,000	-	-	-
45	r	3	50	-	-	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	1. Mangga	0	0	0,000	0%	0,000	0,000	-	3,6	2,5
46	r	3	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
47	r	3	55	-	-	0,00	0,00	0,000	75%	0,000	Mangga	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	0,000	-	4,48	2,82
48	r	5	55	-	-	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	Mangga	0,00	0,00	0,000	0%	0,000	0,000	-	4,48	2,82
49	r	3	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	Tamannya kosong	-	-
Total			1554											Total	212,579					
Rata-rata			62											Rata-rata	4,338					
												Total Rumah Sederhana	133075,000							
												Total RTH Rumah Sederhana	577324,650							
												Rata-rata RTH Rumah Sederhana	4,338							

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) *Lanjutan*

Tipe Rumah Menengah

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)									
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)													
1	r	2	324	2	-	0,40	0,75	0,300	75%	0,225	1. Sawo	1,86	2,50	3,731	90%	3,358	4,459	-	1,5	-									
											2. Palembang	1,38	1,06	1,168	75%	0,876			-	1,39	-								
											Total LT (m2)					4,234			-	-	-								
2	r	7	700	16	1,50	1,40	1,75	2,450	80%	1,960	1. Mangga	2,12	1,5	2,572	85%	2,186	13,910	-	5,43	2,07									
											2. Mangga 2	2,32	1,42	2,745	90%	2,471			2,54	4,3									
											3. Belimbing	1,5	1,23	1,463	75%	1,097													
											4. Belimbing 2	3,15	2,1	5,409	70%	3,786													
											5. Cemara																		
											Total LT (m2)																		
3	r	5	324	25	0,30	-	-	1,766	80%	1,413	1. Mangga	2,71	3,23	6,924	60%	4,155	13,910	-	4,24	2,01									
				15	0,20	-	-	0,471	80%	0,377	2. Mangga 2	2,52	3,21	6,443	60%	3,866			3,79	2,16									
				45	0,20	-	-	1,413	80%	1,130	3. Belimbing	1,63	2,35	3,109	70%	2,176			2,89	-									
				11	0,35	-	-	1,058	75%	0,793	Total LT (m2)					10,197													
				Total LT (m2)					3,714																				
4	r	6	324	-	-	2,58	1,76	4,541	95%	4,314	1. Mangga 1	3,78	3,22	9,616	70%	6,731	18,897	-	7,34	1,92									
											2. Mangga 2	4,11	3,45	11,216	70%	7,851			5,47	2,17									
											Total LT (m2)					14,583													
5	r	4	324	-	-	0,80	2,76	2,208	95%	2,098	Cemara	1,10	0,80	0,708	0,99	0,701	7,072	-	2,37	1,21									
																					Total LT (m2)					6,371			
																							0,30	0,38	0,114	85%	0,097	1. Jeruk	2,70
6	r	2	210	-	-	6,27	1,56	9,781	90%	8,803	2. Mangga	3,12	2,75	6,762	50%	3,381	20,331	-	3,18	3,5									
											3. Jambu Biji	3,16	2,58	6,466	55%	3,556			2,29	-									
											Total LT (m2)					8,900													
											Total LT (m2)					11,431													
													6,27	1,56	9,781	90%			8,803	1. Jambu Biji	3,50	3,23	8,889	70%	6,222	4,18	-		
7	r	7	300	-	-	2,12	1,15	2,438	80%	1,950	2. Palembang 1	2,12	2,73	4,616	60%	2,770	11,413	-	2,30	-									
											3. Palembang 2	0,80	1,20	0,785	60%	0,471			1,94	-									
											Total LT (m2)					9,463													
											Total LT (m2)					0,000													
8	t	4	200	-	-	0,80	6,61	5,288	90%	4,759				0,000	0,000	-	-												
														0,000	0,000														
											Total LT (m2)							9,912											
											Total LT (m2)							0,000											
											Total LT (m2)							0,000											
9	r	6	205	-	-	0,80	2,76	2,208	95%	2,098	Cemara	1,10	0,80	0,708	0,99	0,701	7,072	-	2,37	1,21									
																							3,78	1,19	4,498	95%	4,273		
																					Total LT (m2)					6,371			

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Menengah

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)							
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT sesuai kerapatan (m2)											
10	t	2	200	-	-	2,30	4,42	10,166	0,98	9,963	1. Cemara	2,14	3,04	5,266	98%	5,161	28,313	-	3,46	-							
											2. Palembang	3,17	3,24	8,064	98%	7,902			2,89	-							
											3. Pinang	2,86	2,77	6,221	85%	5,287			5,13	-							
											Total LT (m2)					18,350											
11	r	5	98	-	-	-	-	-	-	-	1. Mangga	1,07	1,06	0,890	80%	0,712	3,708	-	6,74	3,52							
											2. Pinang	2,52	2,15	4,280	70%	2,996			3,65	-							
											Total LT (m2)					3,708											
12	r	3	130	-	-	1,50	0,60	0,900	80%	0,720	-	-	-	-	-	2,115	-	-	-								
						3,10	0,60	1,860	75%	1,395										Total LT (m2)					2,115		
13	r	4	98	-	-	-	-	-	-	-	Mangga	3,90	4,18	12,812	60%	7,687	7,687	-	4,62	2,12							
14	r	2	98	1	0,40	-	-	0,126	90%	0,113	1. Mangga	2,56	3,12	6,331	70%	4,432	8,822	-	5,97	1,90							
											2. Belimbing	3,15	2,43	6,111	70%	4,277			2,40	-							
											Total LT (m2)					8,709											
15	t	5	120	6	2,03	-	-	19,409	80%	15,528	1. Palembang 1	2,52	3,12	6,243	50%	3,121	23,544	-	2,84	-							
											6	0,40	-	-	0,754	85%			0,641	2. Palembang 2	2,56	2,94	5,937	60%	3,562	2,21	-
											Total LT (m2)					16,168			3. Palembang 3	1,08	1,25	1,065	65%	0,693	1,43	-	
											Total LT (m2)					7,376											
Total		3655														157,345											
Rata-Rata		243,666667														10,490											
																95127											
																997848,896											
																10,490											

LAMPIRAN B (DATA HASIL SURVEI RTH PRIVAT) Lanjutan

Tipe Rumah Mewah

No	Pendapatan	Jumlah Penghuni (orang)	Luas tanah (m2)	Perdu							Pohon						Total Tutupan Vegetasi (m2)	KET	Tinggi Pohon (m)	Tinggi tajuk (m)
				Jumlah	r rata-rata (m)	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)	Jenis	r1 (m)	r2 (m)	LT (m2)	Kerapatan	LT (m2)				
1	t	5	300	-	-	12,56	10,34	129,870	90%	116,883	3. Mangga	5,16	3,95	16,287	90%	14,658	185,672		5,49	5,67
											4. Kelapa 1	3,04	8,67	26,911	75%	20,183			4,62	3,45
											5. Kelapa 2	3,63	5,67	16,974	85%	14,428			6,42	5,67
											6. Kelapa 3	3,03	8,89	27,884	70%	19,519			2,67	-
											Jenis								68,788	
2	t	4	760	12	3,040	15,56	12,25	190,610	90%	171,549	1. Kayu Putih	2,5	2,64	5,185	70%	3,629	200,390		2,62	-
											2. Beringin	1,5	2,18	2,658	90%	2,392			2,53	-
											3. Palembang	2,75	3,56	7,814	65%	5,079			3,76	-
											4. Palembang 2	5,07	5,56	22,176	80%	17,741			3,34	-
											5. Trembesi	3,23	2,13	5,638	75%	4,229			5,06	-
	Total LT (m2)						28,841													
	t	2	210	-	-	16,67	14,36	239,381	95%	227,412	1. Mangga 1	4,31	3,80	12,908	70%	9,035	250,764		5,43	5,43
											2. Mangga 2	4,18	3,34	11,098	90%	9,988			6,53	5,67
											3. Palembang	3,06	1,89	4,809	90%	4,328			4,36	2,06
																0,000			1,82	-
5. Trembesi											23,351									
Total RTH Mewah												636,825								
Rata-rata RTH Mewah												318,412								
Total Rumah Mewah Dispenda												28446								
Total RTH Mewah												9057561,259								
Rata-rata RTH Mewah												318,412								

Sumber: Hasil survei dan perhitungan

Keterangan:

Pendapatan r = rendah, t = tinggi

LT' = Luas tajuk sesuai kerapatannya

LAMPIRAN C
INVENTARISASI RUANG TERBUKA
HIJAU PUBLIK

Tabel 1 Lokasi Taman Kota Yang Dikelola Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang

No	Nama Taman/Lokasi	Luas (m ²)	Kondisi	Kelurahan
1	Taman Alun-Alun Merdeka	23.970	Terpelihara	Kidul Dalem
2	Taman Choiril Anwar	43	Terpelihara	Kidul Dalem
3	Taman Alun-alun Tugu	10.923	Terpelihara	Klojen
4	Taman Kertanegara	2.758	Terpelihara	Klojen
5	Taman Trunojoyo	5.840	Terpelihara	Klojen
6	Taman Ronggowarsito	3.305	Terpelihara	Klojen
7	Taman Jalur Tengah Ijen	10.681	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
8	Taman Adipura/Arjuno	395	Terpelihara	Kauman
9	Taman TGP	201	Terpelihara	Kauman
10	Taman Madyopuro	1.883	Terpelihara	Madyopuro
11	Taman Melati	210	Terpelihara	Gading Kasri
12	Taman Simpang Balapan	1.810	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
13	Taman Wilis	700	Terpelihara	Gading Kasri
14	Taman raya Langsep	8.650	Terpelihara	Pisang Candi
15	Taman Jalur Tengah Galunggung	770	Terpelihara	Gading Kasri
16	Taman Jalur Tengah Dieng	3.498	Terpelihara	Gading Kasri
17	Taman Jalur Tengah Veteran	9.410	Terpelihara	Penanggungan
18	Taman Sukarno Hatta	3.235	Terpelihara	Penanggungan
19	Taman Segitiga Pekalongan	85	Terpelihara	Penanggungan
20	Taman Bundaran Bandung	23	Terpelihara	Penanggungan
21	Taman Jakarta	2.221	Terpelihara	Penanggungan
22	Taman Jaksa Agung Suprpto	1.800	Terpelihara	Samaan
23	Taman Pangsud	1.812	Terpelihara	Klojen
24	Taman Borobudur	1.650	Terpelihara	Mojolangu
25	Taman Dr. Sutomo	453	Terpelihara	Klojen
26	Taman Kalimewek	950	Terpelihara	Balaearjoari
27	Taman Raden Intan	2.224	Terpelihara	Arjosari
28	Taman Kendedes	5.002	Terpelihara	Balaearjoari
29	Taman Sgtg. Arjosari	185	Terpelihara	Arjosari
30	Taman Toba	3.902	Terpelihara	Sawojajar
31	Taman Jonge	1.498	Terpelihara	Madyopuro
32	Taman Makan Sukun	112.5	Terpelihara	Sukun
33	Taman Median Basuki Rahmad	605.6	Terpelihara	Kauman

Lanjutan Tabel 1

34	Taman Median Raden Intan	58,8	Terpelihara	Balearjosari
35	Taman Median JA Suprpto	908	Terpelihara	Rampal Cekalet
36	Taman Singha Merjosari	10.966	Terpelihara	Merjosari
37	Taman Median Letjen Sutoyo	768,8	Terpelihara	Rampal Cekalet
38	Taman Median Letjen S.Parman	937,6	Terpelihara	Purwantoro dan Tulusrejo
39	Taman Median A Yani	264,0	Terpelihara	Mojolangu dan Purwantoro
40	Taman Dempo	2.475	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
41	Taman Merbabu	3.924	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
42	Taman Ungaran	639	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
43	Taman Cerme	1.825	Terpelihara	Oro-Oro Dowo
44	Taman Terusan Dieng	1.954	Terpelihara	Pisang Candi
45	Taman Anggur	1,6	Terpelihara	Pisang Candi
46	Taman Agung	1.034	Terpelihara	Pisang Candi
47	Taman Sawo	206	Terpelihara	Bareng
48	Taman Simpang Kawi	187	Terpelihara	Bareng
49	Taman Slamet	4.714	Terpelihara	Gading Kasri
50	Taman Saparua	586	Terpelihara	Kasin
51	Taman Banda	341	Terpelihara	Kasin
52	Taman Sumba	587	Terpelihara	Kasin
53	Taman Bengkalis	167	Terpelihara	Kasin
54	Taman Riau	1.41	Terpelihara	Kasin
55	Taman Belitung	620	Terpelihara	Kasin
56	Taman Bund. Halmahera	54	Terpelihara	Kasin
57	Taman Ternate	156	Terpelihara	Kasin
58	Taman Sarangan	2.164	Terpelihara	Mojolangu
59	Taman Tata Surya	560	Terpelihara	Tlogomas
60	Taman Batu Permata	445	Terpelihara	Tlogomas
61	Taman Serayu	135	Terpelihara	Bunulrejo
62	Taman Cidurian	350	Terpelihara	Purwantoro
63	Taman Ciujung	160	Terpelihara	Purwantoro
64	Taman Cisadea	1.005	Terpelihara	Purwantoro

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 2 Hutan Kota di Kota Malang

No.	Nama Hutan Kota	Luas (Ha)
1.	HK. Malabar	1,682
2.	HK. Velodrom	1,25
3.	HK. Pandanwangi	0,14
4.	HK. Jakarta	1,19
5.	HK. Buper Hamid Rusdi	1,8
6.	HK. Kediri	0,548
7.	HK. Indragiri	0,25
8.	HK. Eks Pasar Madyopuro	0,12
9.	HK. Sulfat Agung	0,03
10.	HK. Lemdikcab Pramuka	0,1
11.	HK. TPS Sulfat	0,07
12.	HK. Taman Slamet	0,471
13.	HK. Buring	8
Jumlah		15,651

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 3 Jalur Hijau Kota Malang

No	Jalur Hijau	Lebar Jalan	Luas
1	Jl. Tlogo Mas (Malang	29,30	24515,896
2	Jl. Mayjend Haryono	9,00	11389,86
3	Jl. Sukarno-Hatta	57,20	106601,352
4	Jl. Borobudur	30,40	19488,528
5	Jl. A. Yani	11,00	30338,33
6	Jl. Kol Sugiono	8,00	10956,16
Jumlah			203290,126

Tabel 4 Persawahan di Kota Malang

Tanah Pertanian	Luas (ha)	Luas (m ²)
Kedungkandang	2596,138	25961380
Sukun	614,295	6142950
Blimbing	293,814	2938140
Lowokwaru	575,597	5755970
Klojen	0	0
Jumlah	4079,844	40798440

Sumber : Status Lingkungan Hidup, 2013

Tabel 5 Lokasi Pemakaman Umum Kota Malang

No.	Pemukaman Umum	Luas (m ²)	Lokasi Kelurahan
1	Makam Sukun/Nasrani	120000	Sukun
2	Makam Sukerejo	110674	Polehan
3	Makam Kasin	77452	Kasin
4	Makam Samaan	57829	Samaan
5	Makam Mergan	41465	Tanjungrejo
6	Makam Sukun Gang VII	16660	Sukun
7	Makam Ngujil	16843	Bunulrejo
8	Makam Mergosono	15570	Mergosono
9	Makam Gading	3903	Gadingkasri
	Jumlah		

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013

Tabel 6 Jumlah Rumah Tangga

No.	Kecamatan	Rumah Tangga
1.	Kedungkandang	57.625
2.	Sukun	58.161
3.	Klojen	34.159
4.	Blimbing	57.535
5.	Lowokwaru	49.167
	Jumlah	256,647

Sumber : Kota Malang dalam Angka, 2014

LAMPIRAN D
TABEL PERHITUNGAN DAYA SERAP
RTH TAMAN

Tabel 1 .Perhitungan Daya Serap RTH Taman di Kota Malang

No	Nama Taman/Lokasi	Luas (m ²)	Daya serap (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)	Total Daya Serap (kg/hari)
1	Taman Alun-Alun Merdeka	23.970	$2,783 \times 10^{-8}$	66.718	5.764.464
2	Taman Choiril Anwar	43	$2,783 \times 10^{-8}$	120	10.341
3	Taman Alun-alun Tugu	10.923	$2,783 \times 10^{-8}$	30403	2626835
4	Taman Kertanegara	2.758	$2,783 \times 10^{-8}$	7.677	663.262
5	Taman Trunojoyo	5.840	$2,783 \times 10^{-8}$	16.255	1.404.442
6	Taman Ronggowarsito	3.305	$2,783 \times 10^{-8}$	9.199	794.808
7	Taman Jalur Tengah Ijen	10.681	$2,783 \times 10^{-8}$	29.730	2.568.638
8	Taman Adipura/Arjuno	395	$2,783 \times 10^{-8}$	1.099	94.992
9	Taman TGP	201	$2,783 \times 10^{-8}$	559	48.338
10	Taman Madyopuro	1.883	$2,783 \times 10^{-8}$	5.241	452.836
11	Taman Melati	210	$2,783 \times 10^{-8}$	585	50.502
12	Taman Simpang Balapan	1.810	$2,783 \times 10^{-8}$	5038	435.281
13	Taman Wilis	700	$2,783 \times 10^{-8}$	1.948	168.341
14	Taman raya Langsep	8.650	$2,783 \times 10^{-8}$	24.076	2.080.209
15	Taman Jalur Tengah Galunggung	770	$2,783 \times 10^{-8}$	2.143	185.175
16	Taman Jalur Tengah Dieng	3.498	$2,783 \times 10^{-8}$	9.736	841.222
17	Taman Jalur Tengah Veteran	9.410	$2,783 \times 10^{-8}$	26.192	2.262.979
18	Taman Sukarno Hatta	3.235	$2,783 \times 10^{-8}$	9.004	777.974
19	Taman Segitiga Pekalongan	85	$2,783 \times 10^{-8}$	237	20.441
20	Taman Bundaran Bandung	23	$2,783 \times 10^{-8}$	64	5.531
21	Taman Jakarta	2.221	$2,783 \times 10^{-8}$	6.182	534.121
22	Taman Jaksa Agung Suprpto	1.800	$2,783 \times 10^{-8}$	5010	432876

Lanjutan Tabel 1

23	Taman Pangsud	1.812	$2,783 \times 10^{-8}$	5.044	435.762
24	Taman Borobudur	1.650	$2,783 \times 10^{-8}$	4.593	396.803
25	Taman Dr. Sutomo	453	$2,783 \times 10^{-8}$	1.261	108.940
26	Taman Kalimewek	950	$2,783 \times 10^{-8}$	2.644	228.462
27	Taman Raden Intan	2.224	$2,783 \times 10^{-8}$	6.190	534.842
28	Taman Kendedes	5.002	$2,783 \times 10^{-8}$	13923	1.202.914
29	Taman Sgtg. Arjosari	185	$2,783 \times 10^{-8}$	515	44.490
30	Taman Toba	3.902	$2,783 \times 10^{-8}$	10.861	938.379
31	Taman Jonge	1.498	$2,783 \times 10^{-8}$	4.170	360.249
32	Taman Makan Sukun	112,5	$2,783 \times 10^{-8}$	313	27.055
33	Taman Median Basuki Rahmad	605,6	$2,783 \times 10^{-8}$	1686	145.639
34	Taman Median Raden Intan	58,8	$2,783 \times 10^{-8}$	164	14141
35	Taman Median JA Suprpto	908	$2,783 \times 10^{-8}$	2527	218.362
36	Taman Singha Merjosari	10.966	$2,783 \times 10^{-8}$	30523	2.637.176
37	Taman Median Letjen Sutoyo	768,8	$2,783 \times 10^{-8}$	2140	184.886
38	Taman Median Letjen S.Parman	937,6	$2,783 \times 10^{-8}$	2610	225.480
39	Taman Median A Yani	264	$2,783 \times 10^{-8}$	735	63.488
40	Taman Dempo	2.475	$2,783 \times 10^{-8}$	6.889	595.204
41	Taman Merbabu	3.924	$2,783 \times 10^{-8}$	10.922	943.670
42	Taman Ungaran	639	$2,783 \times 10^{-8}$	1.779	153.671
43	Taman Cerme	1.825	$2,783 \times 10^{-8}$	5080	438.888
44	Taman Terusan Dieng	1.954	$2,783 \times 10^{-8}$	5.439	469.911
45	Taman Anggur	1,6	$2,783 \times 10^{-8}$	4	385
46	Taman Agung	1.034	$2,783 \times 10^{-8}$	2.878	248.663
47	Taman Sawo	206	$2,783 \times 10^{-8}$	573	49.540
48	Taman Simpang Kawi	187	$2,783 \times 10^{-8}$	520	44.971
49	Taman Slamet	4.714	$2,783 \times 10^{-8}$	13.121	113.3654
50	Taman Saparua	586	$2,783 \times 10^{-8}$	1.631	140.925
51	Taman Banda	341	$2,783 \times 10^{-8}$	949	82.006
52	Taman Sumba	587	$2,783 \times 10^{-8}$	1.634	141.166
53	Taman Bengkalis	167	$2,783 \times 10^{-8}$	465	40.161

Lanjutan Tabel 1

54	Taman Riau	1,41	$2,783 \times 10^{-8}$	4	339
55	Taman Belitung	620	$2,783 \times 10^{-8}$	1.726	149.102
56	Taman Bund. Halmahera	54	$2,783 \times 10^{-8}$	150	12.986
57	Taman Ternate	156	$2,783 \times 10^{-8}$	434	37.516
58	Taman Sarangan	2.164	$2,783 \times 10^{-8}$	6.023	520.413
59	Taman Tata Surya	560	$2,783 \times 10^{-8}$	1.559	134.673
60	Taman Batu Permata	445	$2,783 \times 10^{-8}$	1.239	10.7017
61	Taman Serayu	135	$2,783 \times 10^{-8}$	376	32.466
62	Taman Cidurian	350	$2,783 \times 10^{-8}$	974	84.170
63	Taman Ciujung	160	$2,783 \times 10^{-8}$	445	38.478
64	Taman Cisadea	1.005	$2,783 \times 10^{-8}$	2.797	241.689
	Jumlah			414.726	35.832.341

Sumber : Hasil Perhitungan

LAMPIRAN E
TABEL PERHITUNGAN EMISI KARBON
TOTAL TIAP SUB SEKTOR INDUSTRI

Tabel 1 Emisi Karbon Total Tiap Sub Sektor Industri

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)		
		Jenis	Konsumsi (tahun)							
1.	Industri Makanan dan Minuman	M. tanah	50320 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	158469	158,47	6692,46		
		LPG	42460 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	126727	126,73			
		Kayu	721600 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	1212288	1212,29			
		Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64			
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							1512,13	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.ton produksi)							0,16	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							5180,33	
2.	Industri Pengolahan Tembakau	M. tanah	480 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1511,6256	1,51	818,23		
		Solar	5500 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	15486,9	15,49			
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							17,00	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.ton produksi)							0,0028	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)						801,23				
3.	Industri Tekstil	Solar	600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1689,48	1,69	20027,76		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							1,69	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)							0,00028	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							20026,07	
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	M. tanah	2640 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	8313,94	8,31	90,58		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)							8,31	

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)	
		Jenis	Konsumsi (tahun)						
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)	0,00026	
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	82,265	
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	M. tanah	672 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	2116,28	2,12	94,38	
		Solar	3100 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	8728,98	8,73		
							Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		10,85
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)		0,00021
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		83,53
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	Solar	240 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	675,79	0,68	2756,69	
		M. tanah	384 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1209,3	1,21		
							Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		1,89
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)		0,0000018
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	2754,80	
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	Solar	425 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1196,72	1,20	31,81	
		M. tanah	1840 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5794,56	5,79		
							Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)		6,99
							Faktor Emisi Spesifik (Ton CO ₂ /tahun.unit produksi)		0,000034
							Total Emisi Selain Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	24,81	
8.		Solar	5000 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14079	14,08	100,28	
						Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO ₂ /tahun)	14,08		

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	Emisi Karbon (kg CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO ₂ /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO ₂ /tahun)
		Jenis	Konsumsi (tahun)					
							15,49	
							0,00031	
							17,72	
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	Solar	5090 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14332,42	14,33	20,34
							14,33	
							0,00021	
							6,00	
14.	Industri Pengolahan Lainnya	Solar	900 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	2534,22	2,53	24698
		LPG	120 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	358,16	0,36	
		Kayu	160000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	268800	268,8	
							271,69	
							0,056	
							24426,3	
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	Solar	15825 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	44560,04	44,56	68,01
		M. tanah	160 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	503,88	0,5	
							45,06	
							0,00046	
							22,95	
								55.829,05

Sumber : Hasil Perhitungan

LAMPIRAN F
DOKUMENTASI

LAMPIRAN F (DOKUMENTASI)



Gambar 1. Peralatan Survei



Gambar 2. Tipe Rumah Sederhana



Gambar 3. Tipe Rumah Menengah