TUGAS AKHIR – RE 184804

EVALUASI DAN PERENCANAAN RUANG TERBUKA HIJAU BERBASIS SERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO_2) DI ZONA BARAT KOTA SURABAYA (STUDI LITERATUR DAN KASUS)

SALMA NURADZKIA SYAFAATI
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING:
Prof. Dr. Ir. SARWOKO MANGKOEDIHARDJO, M.ScES.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – RE 184804

EVALUASI DAN PERENCANAAN RUANG TERBUKA HIJAU BERBASIS SERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO_2) DI ZONA BARAT KOTA SURABAYA (STUDI LITERATUR DAN KASUS)

SALMA NURADZKIA SYAFAATI
03211640000122

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

FINAL PROJECT – RE 184804

EVALUATION AND PLANNING OF GREEN OPEN SPACE BASED ON ABSORBTION OF CARBON DIOXIDE (CO_2) EMISSIONS IN SURABAYA WESTERN ZONE (CASE AND LITERATURE STUDY)

SALMA NURADZKIA SYAFAATI
03211640000122

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geomatics Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

EVALUASI DAN PERENCANAAN RUANG TERBUKA HIJAU BERBASIS SERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO_2) DI ZONA BARAT KOTA SURABAYA (STUDI LITERATUR DAN KASUS)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh
Salma Nuradzkia Syafaati
NRP. 03211640000122

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
NIP. 19540824 198403 1 001

SURABAYA, AGUSTUS 2020

EVALUASI DAN PERENCANAAN RUANG TERBUKA HIJAU BERBASIS SERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO_2) DI ZONA BARAT KOTA SURABAYA (STUDI LITERATUR DAN KASUS)

Nama : **Salma Nuradzkia Syafaati**
NRP : **03211640000122**
Jurusan : **Teknik Lingkungan - FTSPK ITS**
Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES**

ABSTRAK

Kegiatan pembangunan yang diiringi dengan perkembangan teknologi pada sektor transportasi, permukiman, dan industri menyumbangkan emisi akibat penggunaan bahan bakar fosil berupa gas Karbon Dioksida (CO_2) yang menyebabkan dampak menurunnya kualitas udara dan lingkungan. Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebagai rosot karbon (*carbon sink*) perlu dievaluasi mengenai ketercukupan nya dalam penyerapan CO_2 serta perlu dilakukan perencanaan RTH untuk waktu yang akan datang agar dapat terwujudnya lingkungan yang *sustainable*.

Analisis dilakukan berdasarkan hasil perhitungan mengenai jumlah emisi primer CO_2 dan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO_2 berdasarkan luasan RTH Publik di wilayah Zona Barat Kota Surabaya, kemudian dilakukan perencanaan mengenai evaluasi RTH untuk mencukupi kebutuhan daya serap emisi tersebut.

Dari hasil penelitian, emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya dari sektor transportasi, permukiman, dan industri sebesar 3.864.836 ton CO_2 / tahun dan kemampuan daya serap RTH Publik pada daerah tersebut sebesar 69004,54 ton CO_2 / tahun. Setelah dilakukan evaluasi dan upaya peningkatan daya serap CO_2 dengan penggantian dan penambahan vegetasi pohon pelindung serta penambahan luas RTH, didapatkan penaikan daya serap RTH sebesar 415.014 ton CO_2 / tahun.

Kata Kunci: Emisi CO_2, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon, Surabaya, Vegetasi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

EVALUATION AND PLANNING OF GREEN OPEN SPACE BASED ON ABSORBTION OF CARBON DIOXIDE (CO_2) EMISSIONS IN SURABAYA WESTERN ZONE (CASE AND LITERATURE STUDY)

Name	**: Salma Nuradzkia Syafaati**
NRP	**: 03211640000122**
Department	**: Teknik Lingkungan - FTSPK ITS**
Supervisor	**: Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES**

ABSTRACT

Technological outgrowth within a public development in transportation, residential, and industrial sectors contribute emissions due to the usage of fossil fuels in form of Carbon Dioxide (CO_2) gas, which causes the impact of downgrading environment and air quality. Green Open Space as a carbon sink needs to be revised regarding its adequacy in CO_2 absorption and be planned for a long term in order to create a sustainable environment.

The analysis is based on the results of calculations about the amount of primary CO_2 emissions and the adequacy of green space in absorbing CO_2 emissions based on the area of public green space in the West Zone of Surabaya. Subsequently, evaluating green space based on emissions absorption capacity is planned.

From the results of the study, CO_2 emissions in the West Zone of the City of Surabaya from the transportation, residential, and industrial sectors amounted to 3,864,836 tons of CO_2 / year and the capability of absorption of public green space in the area worth 69004.54 tons of CO_2 / year. After evaluating and increasing CO_2 absorption by doing replacement and adding different kinds of vegetation, and extend the total area of green space, green space absorption increases to 415.014 tons CO_2 / year.

Keywords: CO_2 Emission, Green Open Space, Carbon Uptake, Surabaya, Vegetation

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) Di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur Dan Kasus)"

Dalam penyusunan laporan ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing hingga selesainya Tugas Akhir ini.
2. Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D, dan Bapak Alfan Purnomo S.T., M.T., selaku Dosen Pengarah Tugas Akhir yang telah mengarahkan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
3. Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D, selaku koordinator Tugas Akhir tahun ajaran 2019/2020.
4. Dosen pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan ITS atas segala ilmu yang diberikan.
5. Teman – teman seperbimbingan Tugas Akhir, Alifia Maytantri dan Laras Rachmayanti
6. Teman – teman seperjuangan angkatan 2016 yang selalu memberikan dukungan dan semangat
7. Pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Tugas akhir ini dipersembahkan untuk kedua orangtua penulis yang dengan kasih sayangnya yang tak terhingga senantiasa mendukung dan menyebut nama anaknya dalam setiap doa yang dipanjatkan.

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, 7 Agustus 2020

Penyusun

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang **1**
1.2 Rumusan Masalah **2**
1.3 Tujuan Perencanaan **2**
1.4 Ruang Lingkup **3**
1.5 Manfaat **4**

BAB II GAMBARAN UMUM **5**
2.1 Gambaran Umum Kota Surabaya **5**
2.2 Batas Wilayah Studi **8**
2.3 RTH Publik Kota Surabaya **12**

BAB III TINJAUAN PUSTAKA **13**
3.1 Ruang Terbuka Hijau (RTH) **13**
3.2 Tipologi Ruang Terbuka Hijau **13**
3.2.1 Tipologi RTH Berdasarkan Fisik 14
3.2.2 Tipologi RTH Berdasarkan Struktur Ruang 14
3.2.3 Tipologi RTH Berdasarkan Segi Kepemilikan..... 15
3.2.4 Tipologi RTH Berdasarkan Fungsinya 16
3.3 Manfaat RTH **17**
3.4 Kriteria Vegetasi Untuk RTH **18**
3.4.1 Kriteria Vegetasi untuk RTH Jalur Hijau Jalan..... 18
3.4.2 Kriteria Vegetasi untuk RTH Taman Atap (Roof Garden)..... 19
3.4.3 Kriteria Vegetasi untuk RTH Sempadan Sungai.... 19
3.5 Emisi CO_2 ..... **20**
3.5.1 Emisi CO_2 Transportasi 22
3.5.2 Emisi CO_2 Kegiatan Permukiman 24
3.5.3 Emisi CO_2 Kegiatan Industri 26
3.6 Kemampuan Daya Serap Vegetasi Terhadap CO_2 ..... **27**

BAB IV METODOLOGI PERENCANAAN **31**
4.1 Umum **31**
4.2 Kerangka Perencanaan **32**
4.2.1 Ide Penelitian 34
4.2.2 Studi literatur 35
4.2.3 Pengumpulan Data..... 35

4.2.4 Analisis Data dan Perencanaan..... 36
4.2.5 Kesimpulan dan Saran 39

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... 41
5.1 Emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya 41
5.1.1 Emisi CO_2 Kegiatan Transportasi 41
5.1.2 Emisi CO_2 Kegiatan Permukiman 55
5.1.3 Menghitung Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Industri di Zona Barat Kota Surabaya 63
5.1.4 Emisi CO_2 Total..... 66
5.1.5 Proyeksi Emisi CO_2 69
5.2 Ruang Terbuka Hijau Zona Barat Kota Surabaya.....79
5.2.1 Jumlah RTH Publik Eksisting Zona Barat Kota Surabaya 81
5.2.2 Daya Serap RTH Eksisting Zona Barat Kota Surabaya 91
5.2.3 Menentukan Luas Kebutuhan RTH..... 113
5.3 Rencana dan Evaluasi Ruang Terbuka Hijau Zona Barat Kota Surabaya..... 115
5.3.3 Alternatif penambahan daya serap RTH 116
5.3.2 Pemeliharaan RTH..... 149

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 151
6.1 Kesimpulan 151
6.2 Saran 151

BIODATA PENULIS 201

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Luas Daerah Zona Barat Kota Surabaya 6
Tabel 2.2 Luas RTH Publik Eksisting Kota Surabaya 9
Tabel 3.1 Tipologi Ruang Terbuka Hijau 13
Tabel 3.2 Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil penumpang).....22
Tabel 3.3 Faktor Emisi Jenis Bahan Bakar dari Kendaraan ...23
Tabel 3.4 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor.....23
Tabel 3.5 Faktor Emisi Hewan Ternak 25
Tabel 3.6 Nilai NCV dan FE untuk Kegiatan permukiman.....26
Tabel 3.7 Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri 27
Tabel 3.8 Laju Serapan Berbagai Tipe Tutupan Vegetasi.....28
Tabel 3.9 Intensitas Cahaya Pada Iklim Tropis.....28
Tabel 5.1 Jalan yang di survei..... . 41
Tabel 5.2 Jumlah Kendaraan Rata - Rata Per Jam Tiap Jalan dan Jenis Jalan.....43
Tabel 5.3 Jumlah Kendaraan Rata – Rata Hasil Konversi.....44
Tabel 5.4 Perhitungan Emisi CO_2 Rata – Rata tiap jenis Kendaraan pada Jalan Arteri Primer.....46
Tabel 5.5 Data Panjang Jalan Zona Barat Kota Surabaya.....49
Tabel 5.6 Emisi CO_2 Sektor Transportasi di Zona Barat Kota Surabaya 50
Tabel 5.7 Jumlah Penduduk Zona Barat Kota Surabaya 55
Tabel 5.8 Jumlah Emisi CO_2 Hasil Respirasi Manusia.....56
Tabel 5.9 Hewan Ternak di Kota Surabaya 57
Tabel 5.10 Emisi CO_2 Hasil Respirasi Hewan Ternak Kota Surabaya 58
Tabel 5.11 Emisi CO_2 Hasil Respirasi Hewan Ternak.....59
Tabel 5.12 Emisi CO_2 hasil pemakaian LPG 61
Tabel 5.13 Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Permukiman Zona Barat Kota Surabaya 62
Tabel 5.14 Konsumsi Bahan Bakar Industri.....63
Tabel 5.15 Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Industri.....65
Tabel 5.16 Emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya.....66
Tabel 5.17 Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Permukiman Zona Barat Kota Surabaya 68
Tabel 5.18 Jumlah Emisi CO_2 Transportasi Zona Barat Kota Surabaya Tahun 2017 – 2019 72

Tabel 5.19 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Aritmatika 73
Tabel 5.20 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Geometrik 74
Tabel 5.21 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Least Square 74
Tabel 5.22 Hasil Perhitungan nilai koefisien korelasi (r) 75
Tabel 5.23 Proyeksi Emisi CO_2 Tahun 2045 76
Tabel 5.24 Proyeksi Emisi CO_2 Tahun 2045 di Zona Barat Kota Surabaya 76
Tabel 5.25 RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya 81
Tabel 5.26 Luas RTH Taman dan Jalur Hijau di Zona Barat Kota Surabaya 84
Tabel 5.27 RTH Hutan Kota di Zona Barat Kota Surabaya 85
Tabel 5.28 RTH Fasilitas Umum di Zona Barat Kota Surabaya 85
Tabel 5.29 RTH Lapangan dan Stadion di Zona Barat Kota Surabaya 87
Tabel 5.30 RTH Telaga, Waduk, dan Boezem di Zona Barat Kota Surabaya 88
Tabel 5.31 RTH Pemakaman di Zona Barat Kota Surabaya 88
Tabel 5.32 Luas RTH Zona Barat Kota Surabaya 89
Tabel 5.33 Laju Serapan CO_2 oleh RTH 95
Tabel 5.34 Daya Serap RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya 96
Tabel 5.35 Daya Serap RTH Hutan Kota Zona Barat Kota Surabaya 98
Tabel 5.36 Daya Serap RTH Fasilitas Umum Zona Barat Kota Surabaya 99
Tabel 5.37 Daya Serap RTH Lapangan dan Stadion Zona Barat Kota Surabaya 101
Tabel 5.38 Daya Serap RTH Telaga / Waduk / Boezem Zona Barat Kota Surabaya 103
Tabel 5.39 Daya Serap RTH Pemakaman Zona Barat Kota Surabaya 104
Tabel 5.40 Daya Serap RTH Publik Eksisting Zona Barat Kota Surabaya 105
Tabel 5.41 Klasterisasi Emisi CO_2 di Zona Barat

Kota Surabaya 110
Tabel 5.42 Luas Kebutuhan RTH Zona Barat Kota Surabaya 113
Tabel 5.43 Luas Kebutuhan RTH Pada Tahun 2045 114
Tabel 5.44 Daya Serap Rencana Vegetasi Pengganti 117
Tabel 5.45 RTH Rencana Penggantian dan Penambahan Vegetasi 117
Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Rencana.....121
Tabel 5.47 Sebaran Daya Serap Rencana Penerapan RTH Taman Atap 143
Tabel 5.48 Daya Serap CO_2 oleh RTH.....145

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Visualisasi Presentase Kerapatan Tajuk 29
Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan 34
Gambar 5.1 Emisi CO_2 Zona Barat Kota Surabaya Pada Tahun 2020 - 2045 78
Gambar 5.2 Ragam Fitoproses Pada Tumbuhan.....79
Gambar 5.3 Jaringan Daun 92
Gambar 5.4 Proses Membuka dan Menutupnya Stomata.....94
Gambar 5.5 Kerapatan Tajuk pada RTH.....96
Gambar 5.6 Kerapatan Tajuk pada RTH Hutan Kota 98
Gambar 5.7 Kerapatan Tajuk RTH Fasilitas Umum 99
Gambar 5.8 Kerapatan Tajuk RTH Lapangan dan Stadion ...100
Gambar 5.9 Kerapatan Tajuk RTH Telaga / Waduk / Boezem 102
Gambar 5.10 Kerapatan Tajuk RTH Pemakaman.....104
Gambar 5.11 Kerapatan Tajuk RTH Kawasan Lindung.....105
Gambar 5.12 Taman Vertikal pada Dinding Fasad 134
Gambar 5.13 Tembok Sempadan Rel Kereta Api Sepanjang Jl. Cepu hingga Banjar Sugihan 135
Gambar 5.14 Penggunaan Wadah Pada Aplikasi Taman Vertikal 136
Gambar 5.15 Rencana Pola Penanaman Vertical Planting 137
Gambar 5.16 Siklus Gas Rumah Kaca 139
Gambar 5.17 Potongan Melintang Lapisan Taman Atap.....139
Gambar 5.18 Taman Atap Pada Bangunan 142
Gambar 5.19 Perbandingan Emisi CO_2 dan Daya Serap CO_2 146
Gambar 5.20 Daur Global CO_2.....147

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia (KemenPUPR, 2017). Sebagai kota metropolitan, tentunya pergerakan pada bidang pembangunan di Kota Surabaya sangat masif. Hal tersebut mempengaruhi kepadatan penduduk dan laju urbanisasi, sehingga kegiatan pembangunan yang diiringi dengan perkembangan teknologi pada sektor transportasi, permukiman, dan industri di Kota Surabaya turut menyumbangkan emisi akibat penggunaan bahan bakar fosil berupa gas Karbon Dioksida (CO_2), sehingga menambah buruk kondisi kualitas udara serta berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan perkotaan dan juga rasa kenyamanan manusia yang tinggal di daerah tersebut. Namun, salah satu upaya untuk menjaga dan mengendalikan konsentrasi gas CO_2 adalah dengan menambah luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) hutan kota (Dahlan, 2004).

Ruang Terbuka Hijau didefinisikan dalam Undang Undang Nomor 26 Tahun 2007 sebagai area memanjang / jalur dan / atau mengelompok yang penggunaanya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alami maupun yang sengaja ditanam. RTH merupakan rosot karbon (*carbon sink*) yang paling efektif untuk mengurangi emisi CO_2 di atmosfer karena kemampuannya menyerap CO_2 dan menghasilkan O_2 melalui proses fotosintesis (Murti, 2015). Interaksi antara RTH hutan kota dengan CO_2 adalah melalui proses pengonsumsian CO_2 dengan pasokan energi cahaya matahari akan dikonversi menjadi gugus gula dan oksigen (O_2) (Junaedi, 2008).

Berdasarkan data yang diperoleh dari DKRTH Kota Surabaya pada tahun 2018, status RTH Publik Kota Surabaya sebesar 21,79% dari luas total, dimana angka tersebut sudah memenuhi standar minimal luas penyediaan RTH publik perkotaan sebesar 20% dari total wilayah kota tersebut, berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no. 5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. Namun, luasan RTH di

perkotaan, terutama kota dengan pembangunan yang masif, akan terus berkurang karena berubahnya lahan tersebut menjadi area terbangun. Dalam konsep pembangunan berkelanjutan, seharusnya dilaksanakan dengan pendekatan ekologi dan berwawasan lingkungan. Pembangunan seharusnya diserasikan dengan pengelolaan sumber daya alam serta pengembangan lingkungan hidup juga agar lingkungan hidup sekitar layak dihidupi (*liveable environment*) dan kesejahteraan masyarakat terjamin dan terpelihara kesinambungannya bagi generasi mendatang (Salim, 1993).

RTH merupakan salah satu syarat terbentuknya kota yang sehat yang bersifat esensial, karena RTH berperan sebagai paru-paru kota yang menghasilkan oksigen (O_2) (Sari dkk., 2016). Oleh karena itu kemampuan RTH perlu dievaluasi mengenai ketercukupan eksisting nya dalam penyerapan CO_2 serta perlu dilakukan perencanaan RTH untuk waktu yang akan datang agar dapat berfungsi secara maksimal sehingga kualitas udara di perkotaan tersebut meningkat dan selalu terjaga dengan baik. Dengan demikian, diharapkan bahwa hasil dari studi ini dapat mengkaji lebih dalam terkait kecukupan serta dampak dari ketersediaan RTH yang ada di wilayah Zona Barat Kota Surabaya, secara langsung dalam mengurangi kadar karbon dioksida sehingga pemetaan vegetasi nantinya dapat berguna bagi para pengembang yang baru.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana Jumlah Produksi emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri?
2. Bagaimana kemampuan RTH eksisting di wilayah Zona Barat Kota Surabaya dalam menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri?
3. Bagaimana rencana Ruang Terbuka Hijau untuk menyerap emisi CO_2 berdasarkan evaluasi dan peraturan perundang-undangan dalam jangka panjang di Zona Barat Kota Surabaya?

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Menentukan jumlah produksi emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri di Wilayah Zona Barat Kota Surabaya.
2. Menganalisis kemampuan RTH Eksisting dalam menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri di wilayah Zona Barat Kota Surabaya.
3. Merencanakan Ruang Terbuka Hijau dalam jangka panjang berdasarkan evaluasi dan peraturan perundang-undangan yang berlaku, untuk menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri di wilayah Zona Barat Kota Surabaya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Data emisi CO_2 yang dihitung adalah data emisi CO_2 primer, yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri.
2. Data untuk menghitung emisi CO_2 dari kegiatan transportasi menggunakan data sekunder *traffic counting* dari Dinas Perhubungan (DISHUB) Kota Surabaya.
3. Penentuan jumlah emisi CO_2 dari kegiatan permukiman adalah dengan menghitung penggunaan bahan bakar LPG, emisi hasil respirasi manusia, dan emisi hasil respirasi hewan ternak.
4. Penentuan jumlah emisi CO_2 dari kegiatan perindustrian menggunakan data penggunaan bahan bakar yang digunakan pada masing masing kegiatan industri di Kawasan Perindustrian Karang Pilang dan Margomulyo dari penelitian terdahulu.
5. Data RTH eksisting yang digunakan berupa data RTH Publik dari Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) dan DLH Kota Surabaya.
6. Emisi CO_2 yang dihitung di wilayah penelitian tidak memperhitungkan pengaruh arah angin sehingga dianggap beban emisi CO_2 maksimum (tidak terdispersi)
7. Untuk memperhitungkan ketercukupan di masa depan terkait penyerapan emisi karbon pada RTH eksisting, dilakukan proyeksi emisi CO_2 untuk 25 tahun ke depan

8. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah
   - Jenis dan jumlah pohon pelindung
   - Luas area vegetasi di RTH eksisting
9. Penyerapan CO_2 oleh RTH tidak mempertimbangkan umur pohon pelindung dan perubahan iklim.
10. Wilayah evaluasi dan perencanaan adalah RTH Publik yang berada di wilayah Zona Barat Kota Surabaya.
11. Perencanaan meliputi pemilihan vegetasi, luas, sebaran, penanaman, serta pemeliharaan RTH.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai luasan RTH eksisting di wilayah Zona Barat Kota Surabaya dengan ketentuan dari Perda Tata Kota Wilayah Kota Surabaya
2. Memberikan informasi mengenai kecukupan RTH eksisting di Zona Barat Kota Surabaya dalam menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan
3. Dapat menjadi bahan masukan dan evaluasi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas penyediaan ruang terbuka hijau di Zona Barat Kota Surabaya.

BAB II
GAMBARAN UMUM

2.1 Gambaran Umum Kota Surabaya

Menurut laporan Kota Surabaya Dalam Angka tahun 2019, Kota Surabaya merupakan ibukota Provinsi Jawa Timur yang memiliki luas 326,81 km^2 dan terbagi menjadi 31 kecamatan dan 154 kelurahan. Kota Surabaya memiliki kedudukan geografis pada 07°09'00" - 07°21'00" Lintang Selatan dan 112°36' - 112°54' Bujur Timur. Secara Administratif, Kota Surabaya terbagi menjadi lima wilayah, yaitu Surabaya Barat, Surabaya Selatan, Surabaya Pusat, Surabaya Utara dan Surabaya Timur. Menurut batas administrasinya, Kota Surabaya berbatasan dengan:

a. Sebelah Utara : Selat Madura
b. Sebelah Timur : Selat Madura
c. Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
d. Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Kota Surabaya memiliki iklim tropis dimana hanya terdapat dua musim dalam setahun, yaitu musim hujan dan kemarau. Curah hujan rata – rata di Surabaya adalah 165 mm, dengan curah hujan tertinggi di atas 200 mm yang terjadi pada bulan Januari hingga Maret dan November hingga Desember. Suhu udara rata – rata di Surabaya berkisar antara 23°C hingga 33°C. Di Kota Surabaya terdapat tiga sungai utama yang membelah wilayah kota tersebut, diantaranya adalah muara Kali Mas yang merupakan pecahan Sungai Brantas, Kali Surabaya, dan Kali Wonokromo. Area sawah dan tegalan terdapat di kawasan barat dan selatan kota, sedangkan area tambak berada di kawasan pesisir timur dan utara. Peta Kota Surabaya dapat dilihat pada halaman 7.

2.2 Batas Wilayah Studi

Batas wilayah studi dalam perencanaan ini adalah zona Kota Surabaya bagian Barat. Zona Barat Kota Surabaya yang dimaksudkan disini dilihat berdasarkan pembagian wilayah kota yang terbelah oleh tiga aliran sungai utama di Kota Surabaya, yakni Kali Surabaya, Kali Mas, serta Kali Wonokromo, yang membagi daerah Kota Surabaya menjadi tiga bagian: Bagian

Barat, Timur Laut, serta Tenggara. Perencanaan ini dibatasi dengan lokasi Zona Barat Kota Surabaya untuk memudahkan pembagian analisis dalam pengerjaan tugas akhir, dimana pengelolaan RTH Kota Surabaya yang berada di bawah naungan Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Kota Surabaya mencakup seluruh kota. Objek evaluasi dan perencanaan ini adalah Ruang Terbuka Hijau Publik di Zona Barat Kota Surabaya yang meliputi area di bagian sisi barat dari belahan Kota Surabaya oleh aliran sungai. Tabel 2.1 menunjukkan luas daerah pada masing masing kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya tersebut.

Tabel 2.1 Luas Daerah Zona Barat Kota Surabaya

No.	Kecamatan	Luas (km^2)
1	Asemrowo	15,44
2	Benowo	23,73
3	Bubutan	3,86
4	Dukuh Pakis	9,94
5	Genteng*	2,40
6	Karangpilang	9,23
7	Krembangan	8,34
8	Lakarsantri	18,99
9	Pabeancantikan*	5,73
10	Pakal	22,07
11	Sambikerep	23,68
12	Sawahan	6,93
13	Sukomanunggal	9,23
14	Tandes	11,07
15	Tegalsari	4,29
16	Wiyung	12,46
17	Wonokromo*	3,28
Luas total		190,67

Sumber:

- Kota Surabaya dalam Angka 2019
- (*) Hasil Pengukuran Menggunakan *Google Earth*

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil,
Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL PETA

Peta Administrasi Kota Surabaya

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

Legenda

- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Laut
- Sungai

Sumber: BAPPEKO, 2020

SKALA : 1:65.000

0 1.250 2.500 5.000 M

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Peta area Zona Barat Kota Surabaya dapat dilihat pada halaman 11.

2.3 RTH Publik Kota Surabaya

Menurut data yang didapatkan dari Publikasi Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya oleh DLH Kota Surabaya, kondisi RTH Publik di Kota Surabaya memiliki luas sebesar 21,79% dari luas Kota Surabaya, dimana telah mencukupi persyaratan minimum porsi luas RTH publik menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no. 5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. Total luas RTH publik di Kota Surabaya ini sebesar 7286,56 ha, yang terdiri dari RTH Makam, RTH Lapangan dan Stadion, RTH Telaga/Waduk/Boezem, RTH Fasilitas Umum, RTH Kawasan Lindung, RTH Hutan Kota, dan RTH Taman dan Jalur Hijau. Luasan masing-masing jenis RTH Publik tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Luas RTH Publik Eksisting Kota Surabaya

No.	Jenis RTH	Luas (ha)
1	RTH Pemakaman	283,53
2	RTH Lapangan dan Stadion	355,35
3	RTH Telaga/Waduk/Boezem	191,86
4	RTH Fasilitas Umum	205,50
5	RTH Kawasan Lindung	4548,59
6	RTH Hutan Kota	55,63
7	RTH Taman dan Jalur Hijau	1646,10
	Total Luas RTH	7286,56

Sumber: DLH Kota Surabaya, 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil,
Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL PETA

Zona Barat Kota Surabaya

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

LEGENDA

- - - - Batas Kecamatan
——— Batas Wilayah

U
B T
S

SKALA : 1:65.000

0 1.250 2.500 5.000 M

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Menurut Undang Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan area memanjang / jalur dan / atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Ruang Terbuka Hijau terdiri dari Ruang Terbuka Hijau Publik dan Ruang Terbuka Hijau Privat. Perbedaan antara keduanya di lapangan yaitu dengan melihat lokasi tempat dimana ruang terbuka hijau tersebut berada. RTH publik di terdapat pada lahan milik pemerintah yang digunakan secara umum bagi masyarakat sesuai dengan peruntukkannya, sedangkan RTH Privat lokasinya berada di tempat yang dari segi kepemilikan lahannya bukan merupakan milik pemerintah, tetapi milik penduduk perseorangan maupun swasta. Proporsi RTH pada wilayah kota setidaknya 30% dari luas wilayah kota, dimana terbagi menjadi 20% RTH Publik dan 10% RTH Privat.

3.2 Tipologi Ruang Terbuka Hijau

Menurut klasifikasinya, RTH dapat dibagi berdasarkan beberapa tipologi. Tabel 3.1 berikut menyajikan tipologi RTH sesuai dengan klasifikasinya menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan.

Tabel 3.1 Tipologi Ruang Terbuka Hijau

Tipologi (RTH)	Keterangan
Berdasarkan Fisik	RTH Alami, berupa habitat liar alami, kawasan lindung, dan taman-taman nasional.
	RTH Non Alami / Binaan, yang terdiri dari taman, lapangan olah raga, makam, dan jalur-jalur hijau jalan.
Berdasarkan Struktur Ruang	RTH dengan pola ekologis, merupakan RTH yang memiliki pola mengelompok, memanjang, tersebar.
	RTH dengan pola planologis, merupakan RTH

Tipologi (RTH)	Keterangan
	yang memiliki pola mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan.
Berdasarkan Segi Kepemilikan	RTH Publik
	RTH Privat
Berdasarkan Fungsi	Fungsi Ekologis
	Fungsi Sosial Budaya
	Fungsi Arsitektural/Estetika
	Fungsi Ekonomi

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008

3.2.1 Tipologi RTH Berdasarkan Fisik

Berdasarkan kondisi fisiknya, RTH diklasifikasikan menjadi RTH Alami dan RTH Non Alami / Binaan.

1. RTH Alami
   RTH alami adalah area memanjang / jalur dan / atau mengelompok yang didominasi oleh tanaman yang tumbuh secara alami atau tanaman budidaya, dan penggunaannya lebih bersifat terbuka. Kawasan ini terdiri dari kawasan lindung, habitat liar alami / cagar alam di daratan dan kepulauan, hutan wisata atau taman nasional, persawahan, hutan bakau, daerah pertanian, dan sebagainya.

2. RTH Non Alami / Binaan
   RTH Non Alami / Binaan terdiri dari RTH Publik dan RTH Privat. RTH Non Alami / Binaan adalah area memanjang / jalur dan / atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka / umum, dengan permukaan tanah di dominasi oleh perkerasan.

3.2.2 Tipologi RTH Berdasarkan Struktur Ruang

Berdasarkan struktur ruangnya, RTH diklasifikasikan menjadi RTH dengan pola ekologis dan RTH dengan pola planologis.

1. RTH dengan pola ekologis
   RTH dengan pola ekologis merupakan RTH yang memiliki pola dengan bentuk memanjang, mengelompok, dan tersebar, mengikuti konfigurasi ekologis bentang alam perkotaan

tersebut, contohnya RTH kawasan hutan lindung, perbukitan terjal, sempadan sungai, sempadan danau, dan RTH pesisir.

2. RTH dengan pola planologis
   RTH dengan pola planologis didominasi oleh fungsi non ekologis dan antroposentris dengan struktur binaan yang berhierarki, contohnya berdasarkan fungsi sosial dalam melayani kebutuhan rekreasi luar ruang penduduk perkotaan yang diwujudkan dengan taman perumahan, taman lingkungan, taman kota, dan sebagainya.

3.2.3 Tipologi RTH Berdasarkan Segi Kepemilikan

Berdasarkan segi kepemilikannya, RTH diklasifikasikan menjadi RTH publik dan RTH privat.

1. RTH Publik
   RTH Publik adalah termasuk RTH Non Alami atau Binaan yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota / kabupaten dan digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5/PRT/M/2008, yang termasuk dari RTH Publik adalah
   a. Taman RT dan Taman RW
   b. Taman kelurahan dan taman kecamatan
   c. Taman kota
   d. Hutan kota
   e. Sabuk hijau
   f. Pulau jalan dan media jalan
   g. Jalur pejalan kaki
   h. Ruang dibawah jalan laying
   i. RTH sempadan rel kereta api
   j. Jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi
   k. RTH sempadan sungai dan RTH sempadan pantai
   l. RTH pengamanan sumber air baku / mata air
   m. Pemakaman

2. RTH Privat
   RTH Privat adalah termasuk RTH Non Alami atau Binaan yang dimiliki dan dikelola oleh institusi tertentu atau perseorangan yang penggunaannya lebih bersifat terbatas / pribadi. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.

5/PRT/M/2008, yang termasuk dari RTH Privat adalah:

a. RTH pekarangan rumah tinggal
b. RTH halaman perkantoran, pertokoan, dan tempat usaha
c. Taman atap bangunan
d. Taman RT permukiman privat
e. Taman RW permukiman privat

3.2.4 Tipologi RTH Berdasarkan Fungsinya

Bedasarkan Fungsinya, menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 Ruang Terbuka Hijau memiliki fungsi utama (fungsi ekologis) dan fungsi tambahan (fungsi sosial budaya. Fungsi arsitektural/estetika, dan fungsi ekonomi), yang secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Fungsi Ekologis

   Fungsi ekologis merupakan fungsi utama ruang terbuka hijau, yang memberikan perlindungan terhadap manusia dan lingkungannya. Menurut Eckbo (1964), fungsi ekologis RTH terdiri dari:

   a. Fungsi orologis: mengurangi tingkat kerusakan tanah seperti potensi longsor, dan menjaga kestabilan tanah.
   b. Fungsi hidrologis: meningkatkan resapan air
   c. Fungsi klimatologis: fungsi ruang terbuka hijau dapat mempengaruhi faktor iklim dan menurunkan suhu
   d. Fungsi edaphis: bermanfaat sebagai tempat pelestarian keanekaragaman hayati di luar kawasan konservasi, karena pada area ini mendukung kehidupan flora dan fauna.
   e. Fungsi protektif: menyaring pencemar di udara, menyerap CO_2, serta dapat berperan sebagai tanaman bioremediator tanah yang tercemar bahan organik atau logam.
   f. Fungsi higienis: memberikan lingkungan yang lebih sehat bagi manusia.
   g. Fungsi Sosial Budaya: Fungsi sosial budaya dalam RTH merupakan fungsi ruang terbuka hijau sebagai sarana interaksi sosial masyarakat dengan lingkungan sosial sekitarnya, yang terdiri dari:
      - Fungsi edukatif: memberikan pendidikan dan pengenalan terhadap mahkluk hidup dan lingkungan

- Fungsi interaksi masyarakat: menjadi tempat berinteraksi antara masyarakat (tempat rekreasi) sehingga menambah koneksi sosial.
- Fungsi spiritual: fungsi yang dimanfaatkan untuk kegiatan - kegiatan spiritual atau keagamaan, atau dapat juga berupa tempat yang dikeramatkan.

2. Fungsi Arsitektural / Estetika
   Fungsi Arsitektural / Estetika RTH merupakan fungsi ruang terbuka hijau sebagai komponen keindahan dan kenyamanan kota atau lingkungan hidup manusia. Fungsi ini terdiri dari:
   a. Fungsi visual: fungsi dalam visualitas dan estetika yang didapatkan dari ruang terbuka.
   b. Fungsi tabir / screening: RTH dapat berperan sebagai pelindung dari hal-hal yang mengganggu kehidupan manusia, seperti angin yang terlalu kencang, panas, suara bising, dan bau.
   c. Fungsi identitas kota: dapat menjadi identitas (landmark) suatu kota / wilayah.

3. Fungsi Ekonomi
   Keberadaan ruang terbuka hijau tidak selalu memiliki nilai ekonomi yang rendah, namun keberadaan RTH juga mampu meningkatkan nilai lahan karena suasana lingkungan yang tercipta akibat keberadaannya yaitu:
   a. Meningkatkan harga lahan: lahan dengan tanah yang baik kualitasnya akan semakin baik harga jualnya.
   b. Mengurangi biaya penanganan bencana
   c. Mampu menjadi ruang untuk mata pencaharian kota: tanaman-tanaman yang indah dapat dimanfaatkan dalam tata ruang menjadi sebuah taman kota ataupun objek pariwisata konservasi alam.

3.3 Manfaat RTH

Manfaat dari RTH menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat *tangible*), yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk) dan mendapatkan bahan-bahan untuk

dijual (kayu, daun, bunga, buah).

2. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat *intangible*), yaitu pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati).

3.4 Kriteria Vegetasi Untuk RTH

Dalam penanamannya, vegetasi yang digunakan pada Ruang Terbuka Hijau memiliki beberapa kriteria sesuai dengan fungsi dan jenis RTH nya masing – masing. Menurut PermenPU No. 5 Tahun 2008 Tentang Penyediaan Ruang Terbuka Hijau, beberapa jenis kriteria vegetasi untuk RTH adalah sebagai berikut.

3.4.1 Kriteria Vegetasi untuk RTH Jalur Hijau Jalan

Kriteria untuk jalur hijau jalan adalah sebagai berikut:

a. Dalam aspek silvikultur:

- Berasal dari biji terseleksi sehat dan bebas penyakit;
- Memiliki pertumbuhan sempurna baik batang maupun akar;
- Perbandingan bagian pucuk dan akar seimbang;
- Batang tegak dan keras pada bagian pangkal;
- Tajuk simetris dan padat;
- Sistim perakaran padat.

b. Dalam sifat biologis:

- Tumbuh baik pada tanah padat;
- Sistem perakaran masuk kedalam tanah, tidak merusak konstruksi dan bangunan;
- Fase anakan tumbuh cepat, tetapi tumbuh lambat pada fase dewasa;
- Ukuran dewasa sesuai ruang yang tersedia;
- Batang dan sistem percabangan kuat;
- Batang tegak kuat, tidak mudah patah dan tidak berbanir;
- Perawakan dan bentuk tajuk cukup indah;
- Tajuk cukup rindang dan kompak, tetapi tidak terlalu gelap;
- Ukuran dan bentuk tajuk seimbang dengan tinggi pohon;

- Daun sebaiknya berukuran sempit (nanofill);
- Tidak menggugurkan daun;
- Daun tidak mudah rontok karena terpaan angin kencang;
- Saat berbunga/berbuah tidak mengotori jalan;
- Buah berukuran kecil dan tidak bisa dimakan oleh manusia secara langsung;
- Sebaiknya tidak berduri atau beracun;
- Mudah sembuh bila mengalami luka akibat benturan dan akibat lain;
- Tahan terhadap hama penyakit;
- Tahan terhadap pencemaran kendaraan bermotor dan industri;
- Mampu menjerap dan menyerap cemaran udara;
- Sedapat mungkin mempunyai nilai ekonomi;
- Berumur panjang.

3.4.2 Kriteria Vegetasi untuk RTH Taman Atap (Roof Garden)

- Tanaman tidak berakar dalam sehingga mampu tumbuh baik dalam pot atau bak tanaman;
- Relatif tahan terhadap kekurangan air;
- Perakaran dan pertumbuhan batang yang tidak mengganggu struktur bangunan;
- Tahan dan tumbuh baik pada temperatur lingkungan yang tinggi;
- Mudah dalam pemeliharaan.

3.4.3 Kriteria Vegetasi untuk RTH Sempadan Sungai

Kriteria pemilihan vegetasi untuk RTH ini adalah sebagai berikut:

- Sistem perakaran yang kuat, sehingga mampu menahan pergeseran tanah;
- Tumbuh baik pada tanah padat;
- Sistem perakaran masuk kedalam tanah, tidak merusak konstruksi dan bangunan;
- Kecepatan tumbuh bervariasi;
- Tahan terhadap hama dan penyakit tanaman;
- Jarak tanam setengah rapat sampai rapat 90% dari luas area,

harus dihijaukan;

- Tajuk cukup rindang dan kompak, tetapi tidak terlalu gelap;
- Berupa tanaman lokal dan tanaman budidaya;
- Dominasi tanaman tahunan;
- Sedapat mungkin merupakan tanaman yang mengundang burung.

3.5 Emisi CO_2

Karbon Dioksida (CO_2) adalah gas yang tidak berwarna dan tidak mudah terbakar pada suhu dan tekanan normal yang terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen. Karbon dioksida memiliki peran kunci dalam siklus karbon bumi, yaitu serangkaian proses yang mengolah karbon dalam berbagai bentuk di seluruh lingkungan. Emisi CO_2 tersebut menyerap sinar matahari (radiasi inframerah) yang dipantulkan oleh bumi sehingga suhu atmosfer menjadi naik. Peningkatan konsentrasi CO_2 secara bertahap di atmosfer bumi mendorong pemanasan global, mengancam dan mengganggu iklim bumi karena suhu global rata-rata meningkat secara bertahap. (Widyanadiari, 2011). Oleh karena itu, untuk menekan kadar polutan tersebut dapat memanfaatkan fungsi dari ruang terbuka hijau.

Karbon dioksida diproduksi organisme melalui penguraian lemak, protein, dan gula dengan menggunakan oksigen sebagai bagian dari metabolisme dalam proses respirasi sel tersebut, untuk menghasilkan energi. Namun, pada tumbuhan, karbon dioksida diserap dari atmosfer dengan proses fotosintesis yang menggunakan energi cahaya untuk memproduksi materi organik dengan menggabungkan CO_2 dan air (H_2O) untuk menghasilkan karbohidrat ($C_2H_{12}O_6$) dan oksigen (O_2) sebagai produk sampingan yang kemudian digunakan untuk pertumbuhan tumbuhan melalui respirasi (Widodo, 2014).
Murti (2015) Mendefinisikan bahwa emisi karbon dioksida (CO_2) dibagi menjadi dua jenis menurut sifat terjadinya pelepasan karbon, yaitu:

1. Emisi CO_2 Primer yang bersifat langsung, yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti untuk memasak dan transportasi yang dapat mengontrolnya secara langsung.
2. Emisi CO_2 sekunder yang bersifat tak langsung. Hal ini

diperoleh dari daur hidup dari produk-produk yang kita gunakan. Semakin banyak kita membeli maka semakin banyak pula emisi yang dihasilkan, seperti konsumsi energi listrik.

Secara global, 25% dari seluruh emisi CO_2 dunia berasal dari masalah-masalah aktivitas manusia, sedangkan sisanya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi dan batu bara (Rizkatania, 2012). Sumber-sumber polutan ini sangat bervariasi, tetapi dapt digolongkan menjadi 4 macam sebagai berikut:

a. *Mobile transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan penenganan/evaporasi gasoline.
b. *Stationary combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain: perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri.
c. *Industrial processes* (proses industri) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
d. *Solid waste disposal* (pembuangan sampah), antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.

Penentuan emisi dari berbagai kegiatan melibatkan suatu faktor, yaitu faktor emisi. Faktor emisi adalah adalah nilai representatif yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan. Faktor-faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan satuan berat, volume, jarak, atau lamanya aktivitas yang mengemisikan polutan (misalnya, partikel yang diemisikan gram per liter bahan bakar yang dibakar). Faktor emisi dapat dinyatakan dalam beberapa unit, diantaranya:

a. Gram/kilometer (g/km), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan dan km menyatakan jarak tempuh kendaraan dalam waktu tertentu.
b. Gram/kilogram (g/kg), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan dan kg menyatakan kuantitas bahan bakar yang digunakan.

c. Gram/joule (g/J), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan dan Joule menyatakan energi yang digunakan.

3.5.1 Emisi CO_2 Transportasi

Emisi karbon transportasi merupakan jumlah total karbon yang dihasilkan dari suatu kegiatan transportasi akibat proses pembakaran bahan bakar, dan merupakan hasil emisi terbesar yang dihasilkan. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah bahan bakar bensin (Premium atau Pertamax) dan Solar (Murti, 2015). Dalam perhitungan emisi CO_2 kegiatan transportasi, terlebih dahulu dilakukan pengonversian jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp), dengan Persamaan 3.1.

$$n = m \times FK \qquad \textbf{...(3.1)}$$

Keterangan
n = jumlah kendaraan setelah dikonversi (smp/jam)
M = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)
FK = Faktor Konversi (smp/kendaraan)

Menurut *Indonesia Highway Capacity Manual Part: Urban Road No. 09/T/BNKT/1993* dalam Murti (2015), pemakaian praktis nilai smp tiap jenis kendaraan digunakan nilai standar seperti ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 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: *Indonesia Highway Capacity Manual* (1993) dalam Murti (2015)

Kemudian, perhitungan emisi akan dihitung dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$\text{Emisi } CO_2 = n \times FE \times K \qquad \textbf{...(3.2)}$$

Keterangan
n = Jumlah kendaraan setelah dikonversi (smp/jam)
FE = Faktor emisi (g/liter)
K = Konsumsi bahan bakar (liter/100 km)

Untuk faktor emisi dan konsumsi bahan bakar yang digunakan adalah faktor emisi dan konsumsi bahan bakar untuk mobil penumpang. Nilai faktor emisi dengan tipe bahan bakar dan jenis kendaraan dapat dilihat dari Tabel 3.3

Tabel 3.3 Faktor Emisi Jenis Bahan Bakar dari Kendaraan

Tipe Kendaraan/Bahan Bakar	Faktor Emisi CO_2 (gram/L)
Bensin	
Kendaraan Penumpang	2597,86
Kendaraan Niaga Besar	2597,86
Sepeda motor	2597,86
Diesel	
Kendaraan Penumpang	2924,90
Kendaraan Niaga Kecil	2924,90
Kendaraan Niaga Besar	2924,90
Lokomotif	2924,90

Sumber: IPCC, 2006

Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar yang telah disesuaikan dengan jenis kendaraannya dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (L/100 km)
1	Mobil Penumpang	
	- Bensin	11,79
	- Diesel/solar	11,36
2	Bus Besar	
	- Bensin	23,15
	- Diesel/solar	16,89
3	Bus Sedang	13,04
4	Bus Kecil	
	- Bensin	11,35
	- Diesel/solar	11,83
5	Bemo, Bajaj	10,99
6	Taksi	
	- Bensin	10,88
	- Diesel/solar	6,25
7	Truk Besar	15,82
8	Truk Sedang	15,15

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (L/100 km)
9	Truk Kecil	
	- Bensin	8,11
	- Diesel/solar	10,64
10	Sepeda Motor	2,66

Sumber: BPPT dalam Hariyati (2009)

Dari perhitungan emisi CO_2 rata-rata akan didapatkan perkiraan jumlah emisi CO_2 rata-rata untuk jenis kendaraan dan jenis jalan. Emisi CO_2 rata-rata jenis jalan akan digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah emisi CO_2 dari masing masing jalan (Rachmawati, 2011). Perkiraan jumlah emisi CO_2 masing – masing jalan ini dihitung dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$\text{Emisi (g/jam)} = \text{rerata emisi (g/jam.km)} \times \text{panjang jalan (km)} \quad \textbf{...(3.3)}$$

3.5.2 Emisi CO_2 Kegiatan Permukiman

Novananda dan Setiawan (2015) memaparkan bahwa Kegiatan penghasil emisi CO_2 dalam sektor permukiman berasal dari aktivitas di perumahan penduduk dan di rumah tangga. Kegiatan yang menimbulkan emisi gas CO_2 berasal dari kegiatan memasak dimana menggunakan bahan bakar minyak. Selain itu, penggunaan listrik dan tangki septik di rumah-rumah penduduk juga memberikan kontribusi terhadap meningkatnya konsentrasi CO_2 di atmosfer (Kurdi, 2008). Peningkatan emisi yang dihasilkan dari sektor permukiman akan bertambah seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan luas penggunaan lahan yang didominasi oleh perumahan.

Emisi CO_2 juga dapat dihasilkan oleh respirasi manusia dan hewan ternak dalam kegiatan permukiman. Respirasi manusia mampu menghasilkan CO_2 sebesar 3,2 kg CO_2 / hari.jiwa (Mangkoedihardjo, 2010). Perhitungan emisi CO_2 dari respirasi manusia yang dihasilkan dari kegiatan permukiman dapat dihitung menggunakan persamaan menurut Rachmawati (2011) pada Persamaan 3.4.

$$\text{Emisi } CO_2 = n \times FE \quad \textbf{...(3.4)}$$

Keterangan:
Emisi CO_2 = jumlah emisi CO_2 yang dihasilkan (satuan massa)
n = jumlah penduduk (jiwa)
FE = faktor emisi (3,2 kg CO_2/jiwa.hari)

Sedangkan perhitungan emisi CO_2 dari hewan ternak yang dihasilkan dari kegiatan permukiman dapat dihitung menggunakan persamaan menurut Wisesa (1989) dalam Putra (2012) pada Persamaan 3.5.

$$\text{Emisi } CO_2 = n \times FE \qquad \textbf{...(3.5)}$$

Keterangan:
Emisi CO_2 = jumlah emisi CO_2 yang dihasilkan (satuan massa)
n = jumlah hewan ternak (ekor)
FE = faktor emisi

Faktor emisi dari hewan ternak tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Faktor Emisi Hewan Ternak

Jenis Ternak	Faktor Emisi (kg CO_2/ekor.hari)
Sapi dan Kerbau	1,702
Kambing dan Domba	0,314
Unggas	0,167

Sumber: Wisesa (1989) pada Putra (2012)

Untuk menghitung besarnya emisi CO_2 dari bahan bakar yang dihasilkan dari kegiatan permukiman dapat digunakan Persamaan 3.6.

$$\text{Emisi } CO_2 = FE \times K \times NCV \qquad \textbf{…(3.6)}$$

Keterangan:
K = Jumlah bahan bakar dikonsumsi (Kg/bulan)
FE = Faktor emisi CO_2 bahan bakar (gCO_2/MJ)
NCV = *Net Calorific Value*; *Energy content* per unit massa / volume bahan bakar (MJ/kg)
Dengan ketentuan nilai nilai NCV dan FE untuk minyak tanah dan LPG dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Nilai NCV dan FE untuk Kegiatan permukiman

Bahan Bakar	NCV (MJ/kg)	Faktor Emisi (g CO_2/MJ)
LPG	47,30	63,10

Sumber: IPCC, 2006

3.5.3 Emisi CO_2 Kegiatan Industri

Sektor industri merupakan penyumbang emisi gas terbesar kedua setelah sektor transportasi. Jenis bahan bakar yang digunakan dalam sektor industri yaitu solar, batubara, dan gas (Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Angka, 2009). Pertumbuhan aktivitas industri identik dengan pertumbuhan produksi emisi CO_2. Pernyataan tersebut dipaparkan oleh Lundin dan Ng (2009) di dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa proses industrialisasi identik dengan aktivitas yang berdampak terhadap peningkatan produksi emisi CO_2 di dunia. Menurut Ghozali dkk. (2017), aktivitas industri yang berperan sebagai sumber emisi gas karbon dioksida (CO_2) terbesar adalah industri semen, industri besi dan baja, industri kertas, industri petrokimia, industri keramik, serta industri yang menggunakan bahan karbonat dalam proses produksinya. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan emisi CO_2 kegiatan industri merupakan jenis langsung karena pemakaian bahan bakarnya ditentukan dari tiap masing masing jenis industri. Persamaan 3.7 berikut ini adalah persamaan yang digunakan IPCC (2006) untuk menghitung emisi CO_2 primer kegiatan industri.

$$\text{Emisi } CO_2 = \Sigma FC \times CEF \times NCV \qquad \textbf{...(3.7)}$$

Keterangan

ΣFC = jumlah bahan bakar fosil yang digunakan (massa/volume)

Net Calorific Value (NCV) = *Energy Content* per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/kiloton fuel)

CEF = *Carbon Emission Factor* (ton CO_2/TJ)

Tabel 3.7 menunjukkan nilai NCV dan CEF untuk bahan bahan bakar yang digunakan pada sektor industri.

Tabel 3.7 Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri

Bahan Bakar	NCV	CEF (ton CO_2/TJ)
Gas Bumi (BBG)	0,0299 x 10^{-6} TJ/m3	56,10
Diesel	38 x 10^{-6} TJ/liter	74,10
Industrial / Residual Fuel Oil	40 x 10^{-6} TJ/liter	77,40
Batubara	18,9 x 10^{-6} TJ/ton	96,10

Sumber: IPCC (2006)

3.6 Kemampuan Daya Serap Vegetasi Terhadap CO_2

Irwan (2005) menyatakan bahwa pada setiap tahunnya, vegetasi di bumi melakukan fotosintesis, dengan termasuk didalamnya proses penyerapan sekitar 150.000 juta ton CO_2 dan 25.000 juta ton hidrogen, memproduksi 400.000 juta ton oksigen ke atmosfer, serta menghasilkan 450.000 juta ton zat organik. Tiap jamnya, 1 hektar daun hijau dapat menyerap hingga 8 kg CO_2, setara dengan CO_2 yang dihasilkan oleh pernafasan sekitar 200 orang manusia dalam jangka waktu yang sama. Pada proses fotosintesis, vegetasi menyerap CO_2 dari atmosfer dan mengkonversinya menjadi karbohidrat dan menyimpannya dalam bentuk biomassa pada bagian batang, daun, akar, umbi, buah dan bagian lainnya. Hasil dari fotosintesis ini sering disebut sebagai produktifitas primer, dan produktifitas primer ini akan hilang dalam aktivitas respirasi atau metabolisme sel tumbuhan, dimana CO_2 yang sudah terikat nantinya dilepaskan kembali dalam bentuk CO_2 ke atmosfer (Sutaryo, 2009). Rumus dari fotosintesis adalah sebagai berikut:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{(cahaya matahari)}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Karbon dioksida (CO_2) diserap dari udara oleh daun, sedangkan air (H_2O) diserap dari tanah melalui suatu proses kimiawi yang melibatkan cahaya matahari dan klorofil untuk menghasilkan zat organik berupa karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$) dan oksigen (O_2). Penyerapan CO_2 dapat mengurangi emisi CO_2 penyebab pemanasan global, sedangkan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tersebut juga dapat mengurangi pemanasan global dengan mendinginkan udara. Untuk menentukan laju serapan CO_2 oleh vegetasi, dapat dihitung

berdasarkan luas tutupan serta jenis tumbuhannya. Pentury (2003) dalam Murti (2015) menyatakan hubungan antara luas tajuk pohon dan laju serapan CO_2 dengan permodelan menggunakan formulasi matematika, seperti pada Persamaan 3.8 berikut.

$$S = 0{,}2278\ e^{(0{,}0048 \times I)} \qquad \textbf{...(3.8)}$$

Keterangan:
S = Laju Serapan CO_2 (g/detik)
I = Intensitas cahaya (watt/m^2)
e = Bilangan pokok logaritma natural (ln)
0,0048 = Koefisien intensitas cahaya
0,2278 = Konstanta penjumlahan

Laju Serapan CO_2 pada masing – masing tipe tutupan vegetasi berbeda-beda. Laju Serapan (S) pada masing – masing tipe vegetasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Laju Serapan Berbagai Tipe Tutupan Vegetasi

No.	Tipe Penutupan	Laju Serapan CO_2		
		g/ha/s	kg/ha/hari	ton/ha/tahun
1	Pohon	18,04	1559,10	569,70
2	Semak Belukar	1,74	150,68	55,00
3	Padang Rumput	0,38	32,88	12,00
4	Sawah	0,38	32,99	12,00

Sumber: Prasetyo et. Al (2002) dalam Murti (2015)

Kota Surabaya memiliki iklim tropis, maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang ditunjukkan pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Intensitas Cahaya Pada Iklim Tropis

Bulan	Intensitas Cahaya	
	(Kal/cm^2/hari)	(watt/m^2)
Januari	844	409,34
Februari	963	467,06
Maret	878	425,83
April	876	424,86
Mei	803	389,46
Juni	803	389,46

Bulan	Intensitas Cahaya	
	(Kal/cm^2/hari)	(watt/m^2)
Juli	792	384,12
Agustus	820	397,70
September	891	432,14
Oktober	866	420,01
November	873	423,41
Desember	829	402,07

Sumber: Wilson (1993) dalam Murti (2015)

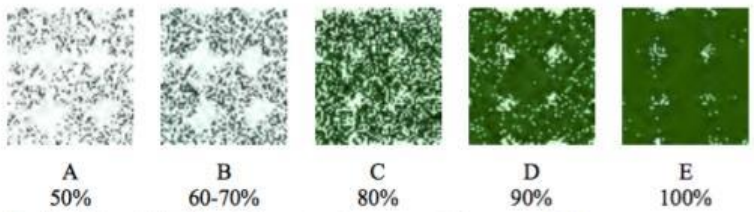
Dalam menghitung daya serapan CO_2 berdasarkan luas tutupan vegetasi, hubungan antara laju serapan dan luas tutupan vegetasi diformulasikan secara matematis seperti pada Persamaan 3.9 berikut.

$$\text{Daya Serap Area} = \text{LT} \times \%\text{Kerapatan} \times \text{S} \qquad \textbf{...(3.9)}$$

Keterangan:

Daya Serap Area = Kemampuan RTH menyerap CO_2
LT = Luas tajuk pohon / luas area RTH (m^2)
%Kerapatan = Kerapatan tajuk pohon
S = Laju serapan CO_2 (g CO_2/detik)

Kerapatan tajuk pohon ditentukan berdasarkan ketebalan tutupan daun pada pohon tersebut dalam satu area untuk RTH publik, yang divisualisasikan oleh Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Visualisasi Presentase Kerapatan Tajuk
Sumber: Murti (2015)

Kemudian, setelah ditentukan daya serap area RTH tersebut, dapat ditentukan pula sisa emisi CO_2 yang belum terserap, dengan cara perhitungan menggunakan Persamaan 3.10 tersebut. (Roshintha, 2016)

$$\text{Sisa Emisi } CO_2 = A - B \qquad \textbf{...(3.10)}$$

Keterangan:
A = Total emisi CO_2 aktual (g/jam)
B = Total daya serap CO_2 oleh RTH (g/jam)

Apabila total emisi CO_2 aktual lebih besar dari kemampuan daya serap RTH eksisting dalam menyerap emisi CO_2, kebutuhan akan luasan RTH tambahan dapat dihitung dengan pendekatan perbandingan antara sisa emisi CO_2 yang dihasilkan dengan daya serap CO_2 tersebut (Adiastari, 2010), seperti pada Persamaan 3.11 berikut.

$$Luas\ Kebutuhan\ RTH = \frac{Sisa\ Emisi\ CO_2}{Daya\ Serap\ RTH} \quad \textbf{...(3.11)}$$

Keterangan:
Sisa Emisi CO_2 = Emisi CO_2 yang belum mampu terserap oleh RTH (ton CO_2/tahun)
Daya Serap RTH = Kemampuan RTH eksisting dalam menyerap Emisi CO_2 (ton CO_2/tahun/ha)

Menurut Mangkoedihardjo dan Samudro (2010), Dalam menentukan kebutuhan luas RTH, dapat pula dihitung menggunakan jumlah penduduk, seperti pada Persamaan 3.12 berikut.

$$GA = 29P^{0,7} - 3,2P \quad \textbf{...(3.12)}$$

Keterangan:
GA = Green Space Area (km^2)
P = Jumlah penduduk (dalam satuan Juta jiwa)

BAB IV
METODOLOGI PERENCANAAN

4.1 Umum

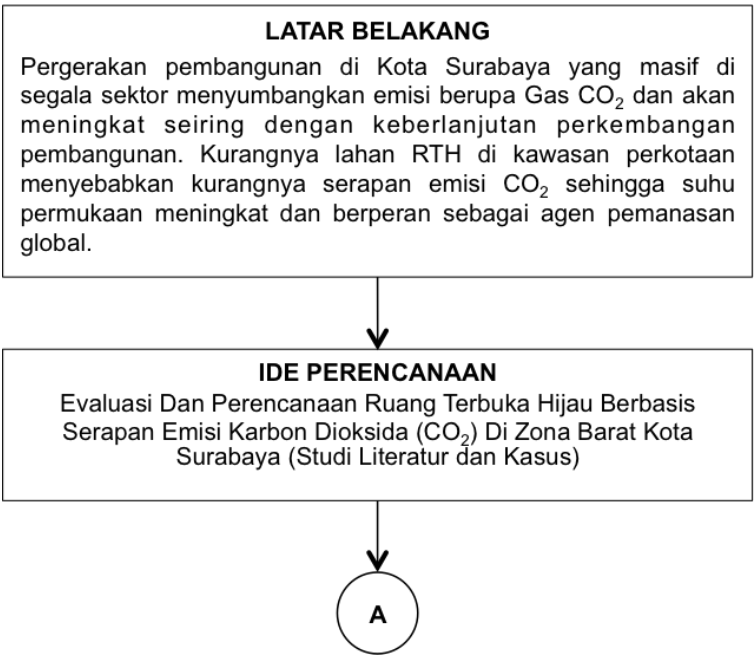
Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau akan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan mengenai kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam menyerap emisi CO_2 di wilayah Zona Barat Kota Surabaya. Emisi CO_2 yang dihitung berupa emisi CO_2 primer yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, serta industri di Zona Barat Kota Surabaya. Hasil perhitungan emisi CO_2 tersebut juga akan diproyeksikan hingga 25 tahun untuk dilakukan perbandingan dan perkembangan emisi CO_2 yang dihasilkan pada setiap tahunnya. Hasil perhitungan total emisi CO_2 tersebut kemudian kemudian akan dibandingkan dengan data hasil perhitungan daya serap RTH eksisting di wilayah Zona Barat Kota Surabaya, kemudian akan dievaluasi terkait kecukupannya: apakah RTH tersebut mencukupi untuk menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan. Hasil evaluasi tersebut dapat digunakan untuk memperbarui pemetaan RTH eksisting dan dapat menjadi masukan untuk penambahan luas RTH di Zona Barat Kota Surabaya.

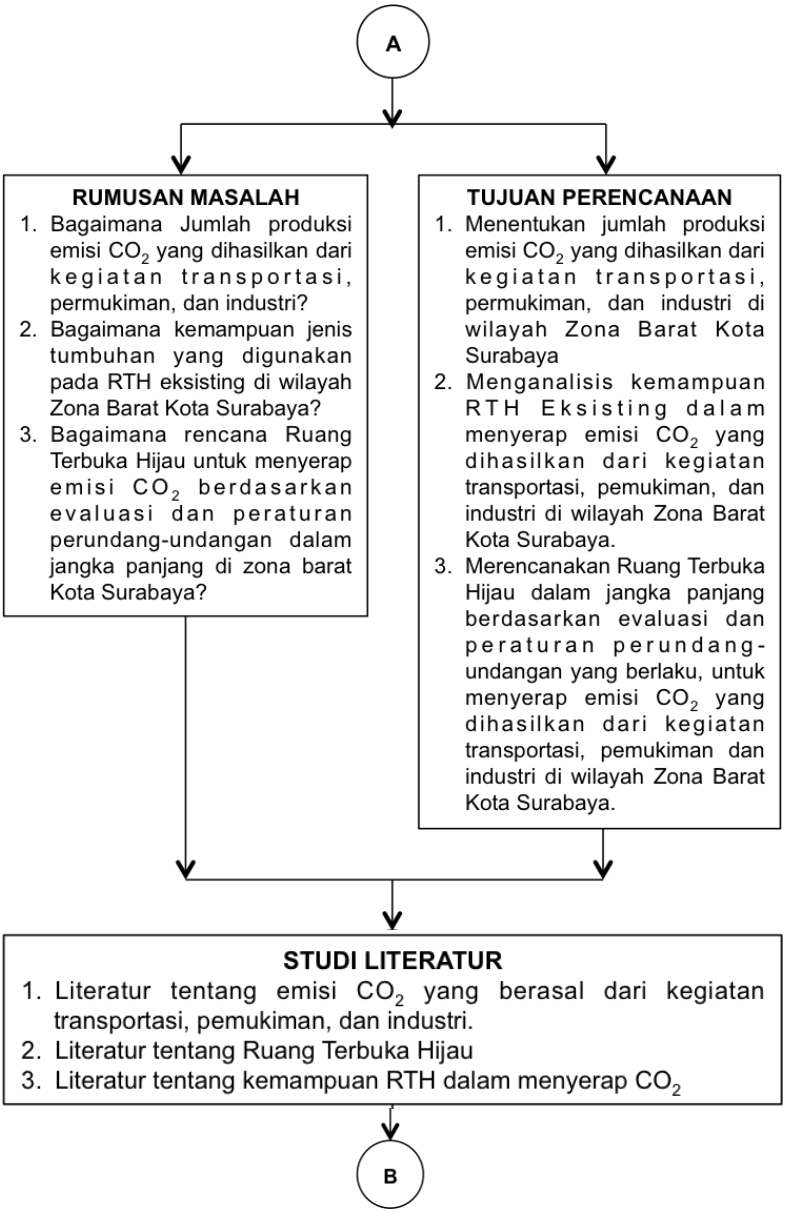
Penelitian ini dimulai dengan kegiatan studi literatur terkait, kemudian melakukan tahap tahap analisis sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini membutuhkan data sekunder. Data sekunder yang dibutuhkan terdiri dari data RTH eksisting di Zona Barat Kota Surabaya yang diperoleh dari DKRTH, peta administrasi Kota Surabaya dan peta RTRW Kota Surabaya yang diperoleh dari BAPPEKO, data survei *traffic counting* dari DISHUB Kota Surabaya, jumlah penduduk dan Kartu Keluarga (KK) tiap kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya yang diperoleh dari BPS Kota Surabaya. Setelah memperoleh data-data yang dibutuhkan, data tersebut dianalisis menggunakan metode matematis menggunakan persamaan dari literatur. Serapan CO_2 oleh RTH dapat ditentukan berdasarkan pendekatan luas tutupan RTH tersebut, kemudian dapat diperoleh tingkat kemampuan RTH dalam menyerap emisi karbon. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk pemetaan kemampuan serapan RTH di Zona Barat Kota

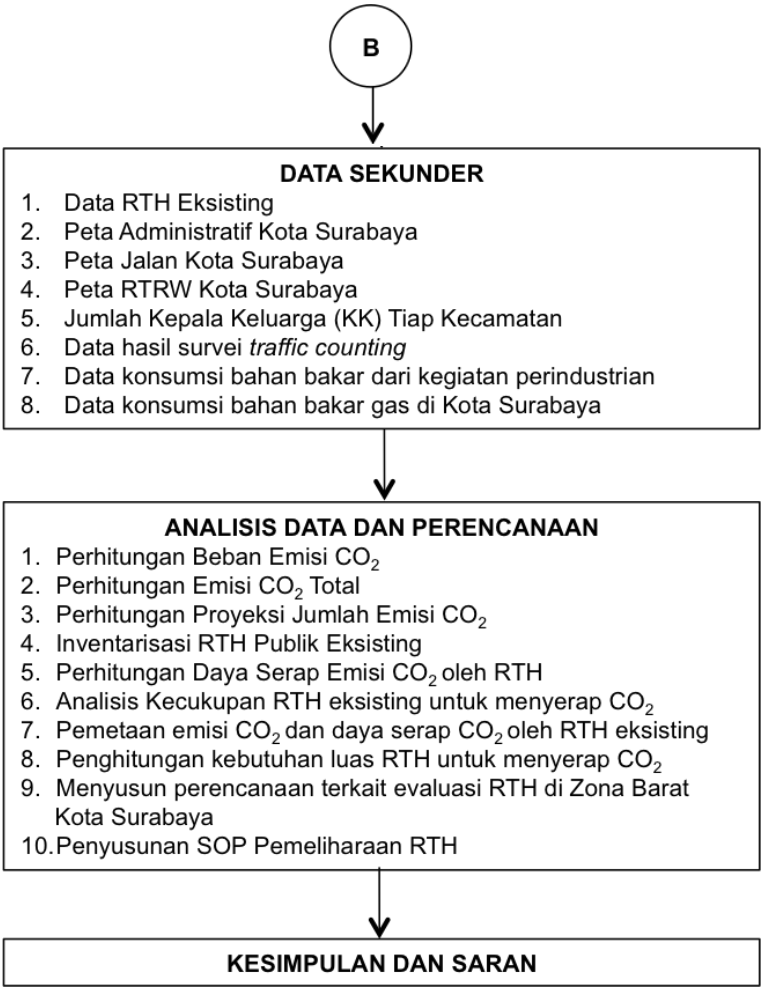
Surabaya.

4.2 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan adalah acuan dalam melaksanakan perencanaan yang terdiri dari poin-poin penting dari tahapan perencanaan yang dibuat berdasarkan adanya permasalahan dalam ide untuk mencapai tujuan perencanaan. Kerangka perencanaan ini disusun dengan tujuan agar mengetahui tahapan yang dilakukan dalam penelitian yang dituangkan secara sistematis, memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan perencanaan demi tercapainya tujuan perencanaan, serta menghindari dan memperkecil terjadinya kesalahan selama melakukan perencanaan. Gambar 4.1 berikut merupakan kerangka perencanaan yang telah dibuat berdasarkan perencanaan yang sedang dilakukan.




A
RUMUSAN MASALAH
1. Bagaimana Jumlah produksi emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri?
2. Bagaimana kemampuan jenis tumbuhan yang digunakan pada RTH eksisting di wilayah Zona Barat Kota Surabaya?
3. Bagaimana rencana Ruang Terbuka Hijau untuk menyerap emisi CO_2 berdasarkan evaluasi dan peraturan perundang-undangan dalam jangka panjang di zona barat Kota Surabaya?
TUJUAN PERENCANAAN
1. Menentukan jumlah produksi emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri di wilayah Zona Barat Kota Surabaya
2. Menganalisis kemampuan RTH Eksisting dalam menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, pemukiman, dan industri di wilayah Zona Barat Kota Surabaya.
3. Merencanakan Ruang Terbuka Hijau dalam jangka panjang berdasarkan evaluasi dan peraturan perundang-undangan yang berlaku, untuk menyerap emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, pemukiman dan industri di wilayah Zona Barat Kota Surabaya.
STUDI LITERATUR
1. Literatur tentang emisi CO_2 yang berasal dari kegiatan transportasi, pemukiman, dan industri.
2. Literatur tentang Ruang Terbuka Hijau
3. Literatur tentang kemampuan RTH dalam menyerap CO_2
B



Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan

4.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian tugas akhir mengenai Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya ini didapatkan berdasarkan data mengenai tingginya tingkat emisi

CO_2 yang dihasilkan dari sektor transportasi, permukiman, dan industri; serta belum mencukupinya RTH di wilayah Zona Barat Kota Surabaya sebagai penyerap emisi CO_2. Maka dari itu, perlu diperhitungkan dan dievaluasi terkait kecukupan ruang terbuka hijau yang ada sebagai penyerap emisi CO_2, serta perlu dilakukan perencanaan RTH untuk waktu yang akan datang agar fungsi bio-ekologis RTH dapat berfungsi secara maksimal sehingga kualitas udara di perkotaan tersebut meningkat dan selalu terjaga dengan baik.

4.2.2 Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan yang menunjang pelaksanaan penelitian dari sumber sumber yang ada, baik dari jurnal ilmiah, artikel, internet, tugas akhir, *textbook*, maupun sumber lain yang terkait.

Sumber pustaka yang digunakan antara lain:

a. Literatur tentang emisi CO_2 yang berasal dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri.
b. Literatur tentang Ruang Terbuka Hijau
c. Literatur tentang kemampuan RTH dalam menyerap CO_2

4.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan variabel yang diperlukan sebagai dasar pada tahap analisis dan pembahasan. Dalam penulisan tugas akhir ini, data yang dikumpulkan dan digunakan adalah data sekunder, yang meliputi:

1. Data RTH eksisting, didapatkan dari DKRTH Kota Surabaya dan DLH Kota Surabaya.
2. Peta Administratif Kota Surabaya yang digunakan untuk mengetahui batas kecamatan dari wilayah penelitian, didapatkan dari BAPPEKO Kota Surabaya.
3. Peta Jalan Kota Surabaya yang didapatkan dari DISHUB Kota Surabaya, untuk mengetahui letak dan jenis jalan yang ada di wilayah Kota Zona Barat Kota Surabaya.
4. Peta RTRW Kota Surabaya yang digunakan untuk mengetahui letak rencana pembangunan RTH di Zona Barat Kota Surabaya, didapatkan dari BAPPEKO Kota Surabaya.
5. Jumlah Kepala Keluarga (KK) di tiap kecamatan di wilayah

Zona Barat Kota Surabaya, untuk menghitung perkiraan jumlah rumah di tiap kecamatan yang diperlukan dalam perhitungan emisi CO_2 pada kegiatan permukiman. Data ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.

6. Data hasil survei *traffic counting* dari DISHUB Kota Surabaya yang digunakan untuk menghitung jumlah keadaan rata – rata.
7. Data konsumsi bahan bakar dari kegiatan perindustrian di kawasan perindustrian Karang Pilang dan Margomulyo, berasal dari penelitian terdahulu.
8. Data konsumsi bahan bakar gas (LPG) di Kota Surabaya, didapatkan dari data sekunder oleh DLH Kota Surabaya.

4.2.4 Analisis Data dan Perencanaan

Perencanaan didahului dengan menganalisis kecukupan kemampuan RTH publik Zona Barat Kota Surabaya dalam menyerap emisi CO_2. Kemudian, untuk membandingkan hasil CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri, maka dilakukan pemetaan keduanya sehingga dapat dilakukan evaluasi dan perencanaan terkait RTH publik tersebut. Berikut merupakan langkah langkah dalam proses analisis data dan perencanaan:

1. Perhitungan Beban Emisi CO_2
   Emisi CO_2 yang dihitung dalam penelitian ini mencakup emisi CO_2 primer yang dihasilkan dari beberapa kegiatan berikut di Zona Barat Kota Surabaya.

   a. Emisi CO_2 Kegiatan Transportasi
      Produksi emisi CO_2 dari kegiatan transportasi didapatkan dari data *traffic counting* dari DISHUB dan dihitung menggunakan Persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3, dan perhitungannya mengacu pada Tabel 3.2, 3.3, dan 3.4.

   b. Emisi CO_2 Kegiatan Permukiman
      Produksi emisi CO_2 kegiatan permukiman mencakup kegiatan rumah tangga, emisi hasil respirasi manusia dan emisi hasil respirasi hewan ternak. Emisi tersebut dihitung menggunakan Persamaan 3.4, 3.5, dan 3.6, dan perhitungannya mengacu pada Tabel 3.5.

c. Emisi CO_2 Kegiatan Industri
   Produksi emisi CO_2 kegiatan permukiman ditentukan berdasarkan data penggunaan bahan bakar fosil daerah perindustrian Karang Pilang dari penelitian terdahulu, kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3.7, dan perhitungannya mengacu pada Tabel 3.7.

2. Perhitungan Emisi CO_2 Total
   Setelah selesai melakukan perhitungan terhadap emisi CO_2 primer yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri, selanjutnya dilakukan perhitungan emisi CO_2 total yang merupakan hasil penjumlahan semua hasil perhitungan nilai emisi CO_2 dari segala sektor.

3. Perhitungan Proyeksi Jumlah Emisi CO_2
   Menghitung proyeksi jumlah emisi CO_2 diperlukan untuk mengetahui beban emisi CO_2 di masa yang akan datang, sehingga dapat diprakirakan kebutuhan RTH untuk menyerap emisi CO_2 dan diketahui apakah RTH eksisting masih mampu menyerap emisi CO_2 yang ada. Jumlah emisi CO_2 diproyeksikan hingga 25 tahun kedepan (tahun 2045). Jumlah emisi CO_2 dihitung berdasarkan data jumlah sumber emisi CO_2 periode sebelumnya. Metode proyeksi yang digunakan adalah sebagai berikut.
   a. Metode Aritmatik
   b. Metode Geometri
   c. Metode Least Square

4. Inventarisasi RTH Publik Eksisting
   Dilakukan penginventarisasian terhadap RTH Publik eksisting yang berada di Zona Barat Kota Surabaya, meliputi RTH Publik Taman dan Jalur Hijau, RTH Lapangan dan Stadion, RTH Fasilitas Umum, RTH Hutan Kota, RTH Waduk/Boezem, RTH Pemakaman, serta RTH Kawasan Lindung. Penginventarisasian RTH berdasarkan data yang diperoleh dari DKRTH Kota Surabaya dan publikasi oleh DLH Kota Surabaya.

5. Perhitungan Daya Serap Emisi CO_2 oleh RTH
   Setelah dilakukan inventarisasi terhadap vegetasi di RTH eksisting, kemudian dihitung kemampuan daya serap dari tiap

jenis RTH tersebut. Total daya serap CO_2 oleh pohon dan tipe tutupan vegetasi dihitung menggunakan Persamaan 3.8 dan mengacu pada Tabel 3.8 dan 3.9.

6. Analisis Kecukupan RTH Eksisting untuk Menyerap CO_2
   Meninjau kemampuan RTH dalam menyerap CO_2, dengan melakukan perhitungan sisa emisi yang belum mampu direduksi oleh RTH eksisting. Emisi yang tersisa emisi dihitung menggunakan Persamaan 3.10. Setelah dihitung, maka dapat diketahui cukup atau tidaknya vegetasi tersebut dalam menyerap CO_2

7. Pemetaan Emisi CO_2 dan Daya Serap CO_2 oleh RTH Eksisting
   Visualisasi hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat digambarkan melalui pemetaan hasil emisi CO_2 dan daya serap emisi CO_2 pada setiap daerah di Zona Barat Kota Surabaya. Emisi CO_2 dipetakan berdasarkan klasterisasi tingkatan emisi CO_2 di tiap kecamatan untuk dibandingkan dengan nilai daya serap pada kecamatan tersebut.

8. Perhitungan Kebutuhan Luas RTH untuk menyerap CO_2
   Ditentukan luas RTH publik yang harus ditambahkan untuk menyerap sisa emisi dengan menggunakan Persamaan 3.11. Penghitungan kebutuhan luas RTH dilakukan mengacu pada hasil proyeksi emisi CO_2 pada 25 tahun mendatang (2045) dan dihitung berdasarkan sisa emisi CO_2 dan daya serap RTH terhadap emisi penambahan luas RTH di Kota Surabaya dan luas RTH yang harus ditambah oleh pemerintah untuk meningkatkan daya serap RTH yang direncanakan.

9. Menyusun perencanaan terkait evaluasi RTH di Zona Barat Kota Surabaya
   Membuat skenario perencanaan berupa beberapa alternatif terkait evaluasi kebutuhan luas RTH tambahan dan daya penyerapan RTH di Zona Barat Kota Surabaya berdasarkan RTRW Kota Surabaya tahun 2018-2038 dan peraturan yang berlaku.

10. Penyusunan SOP Pemeliharaan RTH
    Standard Operational Procedure (SOP) pemeliharaan meliputi metode penanaman, penyiraman, pemupukan, dan

pemangkasan. Penyusunan SOP ini dilakukan berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

4.2.5 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil suatu keimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian yang menjawab perumusan masalah penelitian. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya

Penentuan nilai emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya ini dilakukan dengan cara menghitung emisi CO_2 primer yang berasal dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri. Data sekunder yang digunakan untuk perhitungan adalah data yang bersumber dari penelitian terdahulu, serta data dari beberapa institusi yang berkaitan.

5.1.1 Emisi CO_2 Kegiatan Transportasi

Dalam menentukan emisi CO_2 dari kegiatan transpotasi, data sekunder yang digunakan adalah hasil survei *traffic counting* pada jam puncak oleh DISHUB Kota Surabaya, sehingga didapatkan data jumlah kendaraan pada lima belas jalan yang mewakili lima jenis jalan, yaitu arteri primer, arteri sekunder, kolektor primer, kolektor sekunder, dan lokal. Nama jalan, jenis jalan, dan letaknya dapat dilihat pada Tabel 5.1. Jenis kendaraan yang disurvei yaitu sepeda motor, kendaraan penumpang bensin (mobil, angkot, taksi), kendaraan penumpang diesel (*mini bus*, *pick up* / *box*, *mini truck*), bus besar, dan truk besar.

Tabel 5.1 Jalan yang di survei

No.	Jenis Jalan	Nama Jalan	Lokasi
1	Arteri Primer	Jl. Stasiun Wonokromo / Arjuno	Surabaya Selatan
2		Jl. Perak Timur	Surabaya Utara
3		Jl. Perak Barat	Surabaya Utara
4		Jl. Diponegoro	Surabaya Pusat
5	Arteri Sekunder	Jl. Indrapura	Surabaya Barat
6		Jl. Mayjend Sungkono	Surabaya Selatan
7		Prof. Dr. Moestopo	Surabaya Timur
8		Jl. Kertajaya Indah	Surabaya Timur
9	Kolektor Primer	Jl. Basuki Rahmat	Surabaya Pusat
10	Kolektor Sekunder	Jl. PB Sudirman	Surabaya Pusat
11		Jl. Pemuda	Surabaya Pusat
12	Lokal	Jl. Urip Sumoharjo	Surabaya Pusat

No.	Jenis Jalan	Nama Jalan	Lokasi
13		Jl. Embong Malang	Surabaya Pusat
14		Jl. Bubutan	Surabaya Pusat
15		Kedungdoro	Surabaya Pusat

Sumber: DISHUB Kota Surabaya

Langkah – langkah menghitung emisi CO_2 pada kegiatan transportasi adalah sebagai berikut.

1. **Menghitung Jumlah Kendaraan Rata-Rata Pada Tiap Jalan dan Jenis Jalan**

   Jumlah kendaraan rata – rata tiap jalan diperoleh dari data sekunder hasil survei *traffic counting* oleh DISHUB Kota Surabaya pada saat jam puncak, dengan jam puncak diasumsikan pada pukul 06.00 – 08.00 WIB dan pukul 16.00 – 18.00 WIB. Data survey hasil traffic counting tersebut selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A. Data tersebut kemudian dihitung jumlah keseluruhannya dan dikategorikan sesuai jenis kendaraan serta jenis jalannya. Jumlah kendaraan tersebut kemudian dibandingkan dengan lama waktu jam puncak sehingga akan didapatkan nilai rata – rata jumlah kendaraan tiap jam.

   Contoh:
   Data jumlah kendaraan hasil survei di Jalan Stasiun Wonokromo untuk jenis kendaraan sepeda motor
   = 29.558 kendaraan / 4 jam (total durasi jam puncak)
   = 7.390 kendaraan / jam
   Setiap jenis kendaraan, yang terdiri dari sepeda motor, kendaraan penumpang bensin, kendaraan penumpang diesel, bus besar dan truk besar dihitung rata – rata kendaraan pada masing – masing jalan yang disurvei. Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Jumlah Kendaraan Rata - Rata Per Jam Tiap Jalan dan Jenis Jalan

Jenis Jalan	Jalan	Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang Bensin	Kendaraan Penumpang Diesel	Bus Besar	Truk Besar
Arteri Primer	Jl. Dipo-negoro	9.575	3.019	99	3	1
	Jl. Perak Barat	7.435	1.074	89	2	76
	Jl. Perak Timur	6.089	1.179	150	5	44
	Jl. Stasiun Wonokromo / Arjuno	7.390	2.012	104	3	32
	Rata - Rata	7.622	1.821	110	3	38
	Total	9594				
Arteri Sekunder	Jl. Indrapura	6.121	937	103	10	3
	Jl. Mayjend Sungkono	9.924	3.139	90	5	3
	Prof. Dr. Moestopo	8.586	3.308	178	6	1
	Jl. Kertajaya Indah	10.137	2.812	69	6	0
	Rata - Rata	8.692	2.549	110	7	2
	Total	11.359				
Kolektor Primer	Jl. Basuki Rahmat	8.506	1.907	51	4	0
	Rata - Rata	8.506	1.907	51	4	0
	Total	10468				
Kolektor Sekunder	Jl. PB Sudirman	5.350	2.060	46	6	1
	Jl. Pemuda	4.593	1.583	65	2	1
	Rata - Rata	4.971	1.822	55	4	1
	Total	6.853				
Lokal	Jl. Urip Sumoharjo	13.390	5.329	163	9	0
	Jl. Embong Malang	8.506	1.907	51	4	0
	Jl. Bubutan	3.713	1.764	154	6	1
	Kedungdoro	9.961	3.161	120	5	1
	Rata - Rata	8.892	3.040	122	6	0
	Total	12.061				

2. **Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp)**

   Jumlah kendaraan rata-rata tiap jenis jalan yang dikonversi, dihitung menggunakan Persamaan 3.1 dan faktor konversi kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp) yang dapat dilihat pada Tabel 3.2. Contoh perhitungan konversi jumlah kendaraan rata – rata di Jalan Arteri Primer adalah sebagai berikut:

   Jumlah Kendaraan / Jam
   - Sepeda Motor = 7.622
   - Kendaraan Penumpang Bensin = 1.821
   - Kendaraan Penumpang Diesel = 110
   - Bus Besar = 3
   - Truk Besar = 38

   Sehingga diperoleh nilai konversi nya:
   - Sepeda Motor = 7.622 x 0.25
     = 1.906 smp/jam
   - Kendaraan Penumpang Bensin = 1.821 x 1
     = 607 smp/jam
   - Kendaraan Penumpang Diesel = 110 x 1
     = 37 smp/jam
   - Bus Besar = 3 x 1.2
     = 4 smp/jam
   - Truk Besar = 38 x 1.2
     = 46 smp/jam

   Jumlah kendaraan yang dikonversi pada tiap jenis jalan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Jumlah Kendaraan Rata – Rata Hasil Konversi

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan / Jam	Jumlah Kendaraan Terkonversi (smp/jam)
Arteri Primer			
1	Sepeda Motor	7.622	1.906
2	Kendaraan Penumpang Bensin	607	607

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan / Jam	Jumlah Kendaraan Terkonversi (smp/jam)
3	Kendaraan Penumpang Diesel	37	37
4	Bus Besar	3	4
5	Truk Besar	38	46
	Total	8.307	2.599
	Arteri Sekunder		
1	Sepeda Motor	8.692	2.173
2	Kendaraan Penumpang Bensin	850	850
3	Kendaraan Penumpang Diesel	39	39
4	Bus Besar	7	8
5	Truk Besar	2	2
	Total	9.590	3.072
	Kolektor Primer		
1	Sepeda Motor	8.506	2.127
2	Kendaraan Penumpang Bensin	636	636
3	Kendaraan Penumpang Diesel	17	17
4	Bus Besar	4	5
5	Truk Besar	0	0
	Total	9.163	2.784
	Kolektor Sekunder		
1	Sepeda Motor	4.971	1.243
2	Kendaraan Penumpang Bensin	607	607
3	Kendaraan Penumpang Diesel	18	18
4	Bus Besar	4	5
5	Truk Besar	1	1
	Total	5.602	1.874
	Lokal		
1	Sepeda Motor	8.892	2.223
2	Kendaraan Penumpang Bensin	1.013	1.013
3	Kendaraan Penumpang Diesel	41	41

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan / Jam	Jumlah Kendaraan Terkonversi (smp/jam)
4	Bus Besar	6	7
5	Truk Besar	0	1
Total		9.953	3.285

3. Menghitung Emisi CO_2 Rata – Rata Tiap Jenis Jalan

Untuk menghitung emisi CO_2 rata – rata digunakan Persamaan 3.2. Data yang dibutuhkan adalah jumlah kendaraan rata – rata (smp/jam), Faktor Emisi (FE, g/L) dan konsumsi bahan bakar per 100 km (L/100km). Nilai Faktor Emisi dapat dilihat pada Tabel 3.3, sedangkan nilai Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor dapat dilihat pada Tabel 3.4. Contoh perhitungan emisi CO_2 rata-rata kendaraan adalah sebagai berikut:

Kendaraan sepeda motor pada jalan arteri primer:

- Jumlah kendaraan rata – rata (n) = 1.906 smp/jam
- Faktor Emisi (FE) = 2.597,86 g/L
- Konsumsi Energi (K) = 2,66 L/100 km = 0,026 L/km
- Jumlah Emisi CO_2 rata – rata
  = 1.906 smp/jam x 2.597,86 g/L x 0,026 L/km
  = 131.677 g/jam.km = 131,67 kg/jam.km

Setiap jenis kendaraan dihitung jumlah emisi CO_2 rata-rata yang dihasilkan dari masing-masing jenis jalan. Contoh hasil perhitungan jumlah emisi CO_2 tiap jenis kendaraan pada tiap jenis jalan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Perhitungan Emisi CO_2 Rata – Rata tiap jenis Kendaraan pada tiap jenis jalan

No.	Jenis Kendaraan	n (smp /jam)	FE CO_2 (g/L)	K (L/km)	Emisi (gr /jam.km)	Emisi (kg /jam.km)
Arteri Primer						
1	Sepeda Motor	1.906	2.597	0,03	131.676,99	131,68

No.	Jenis Kendaraan	n (smp /jam)	FE CO_2 (g/L)	K (L/km)	Emisi (gr /jam.km)	Emisi (kg /jam.km)
2	Kendaraan Penumpang Bensin	607	2.597	0,12	185.884,73	185,88
3	Mobil Bahan Bakar Solar	37	2.924	0,11	12.203,95	12,20
4	Bus Besar	4	2.924	0,23	2.538,48	2,54
5	Truk Besar	46	2.924	0,16	21.163,68	21,16
Total					353.467,84	353,50
Arteri Sekunder						
1	Sepeda Motor	2.173	2.597	0,03	150.160,98	150,16
2	Kendaraan Penumpang Bensin	850	2.597	0,12	260.223,30	260,22
3	Kendaraan Penumpang Diesel	39	2.924	0,11	13.117,69	13,12
4	Bus Besar	8	2.924	0,23	5.483,13	5,48
5	Truk Besar	2	2.924	0,16	1.040,84	1,04
Total					430.025,94	430
Kolektor Primer						
1	Sepeda Motor	2.127	2.597	0,03	146.952,01	146,95
2	Kendaraan Penumpang Bensin	636	2.597	0,12	194.671,5	194,67
3	Kendaraan Penumpang Diesel	17	2.924	0,11	5.620,88	5,62
4	Bus Besar	5	2.924	0,23	3.452,34	3,45
5	Truk Besar	0	2.924	0,16	0,00	0,00
Total					350.696,58	350,7
Kolektor Sekunder						
1	Sepeda Motor	1.243	2.597	0,03	85.884,33	85,88
2	Kendaraan Penumpang Bensin	607	2.597	0,12	185.980,44	185,98

No.	Jenis Kendaraan	n (smp /jam)	FE CO_2 (g/L)	K (L/km)	Emisi (gr /jam.km)	Emisi (kg /jam.km)
3	Kendaraan Penumpang Diesel	18	2.924	0,11	6.091,59	6,09
4	Bus Besar	5	2.924	0,23	3.350,80	3,35
5	Truk Besar	1	2.924	0,16	416,33	0,42
Total					281.723,49	281,72
Lokal						
1	Sepeda Motor	2.223	2.597	0,03	153.623,70	153,62
2	Kendaraan Penumpang Bensin	1.013	2.597	0,12	310.384,29	310,38
3	Kendaraan Penumpang Diesel	41	2.924	0,11	13.491,49	13,49
4	Bus Besar	7	2.924	0,23	4.772,35	4,77
5	Truk Besar	1	2.924	0,16	242,86	0,24
Total					**482.514,69**	**482,51**

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa emisi CO_2 rata-rata terbesar terdapat pada jalan Lokal. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah rata-rata kendaraan yang berjumlah besar yang melewati jalan tersebut, terutama untuk kendaraan jenis sepeda motor.

4. **Menghitung Jumlah Emisi CO_2 Tiap Jenis Jalan Pada Masing-Masing Kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya**

   Jumlah emisi CO_2 dari hasil kegiatan transportasi pada tiap kecamatan dapat dihitung dengan mengalikan emisi CO_2 rata-rata tiap jenis jalan dengan panjang jalan yang terdapat pada masing – masing kecamatan tersebut menggunakan Persamaan 3.3. Data panjang jalan pada masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Data Panjang Jalan Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Klasifikasi Fungsi Jalan	Panjang Jalan (km)
Kecamatan Tegalsari	Arteri Primer	2,74
	Kolektor Primer	4,05
	Lokal	39,80
Kecamatan Genteng	Kolektor primer	1,22
	Kolektor sekunder	3,70
	Lokal	8,04
Kecamatan Bubutan	Kolektor Primer	1,34
	Kolektor sekunder	1,29
	Lokal	52,33
Kecamatan Wonokromo	Arteri Sekunder	0,47
	Kolektor Sekunder	1,58
	Lokal	5,08
Kecamatan Wiyung	Lokal	18,79
Kecamatan Sawahan	Arteri Primer	0,81
	Arteri sekunder	2,37
	Kolektor Sekunder	1,40
	Lokal	52,15
Kecamatan Karangpilang	Lokal	31,98
Kecamatan Krembangan	Arteri Primer	3,28
	Arteri Sekunder	8,48
	Kolektor sekunder	3,24
	Lokal	31,83
Kecamatan Pabean Cantikan	Arteri Sekunder	2,84
	Kolektor sekunder	2,80
	Lokal	15,99
Kecamatan Asemrowo	Arteri primer	6,54
	Lokal	6,22
Kecamatan Pakal	Arteri sekunder	3,21
	Lokal	4,81
Kecamatan Tandes	Lokal	38,18
Kecamatan Sukomanunggal	Arteri Sekunder	0,78
	Kolektor Primer	1,92
	Lokal	43,71
Kecamatan Sambikerep	Lokal	35,37
Kecamatan Lakarsantri	Lokal	22,19
Kecamatan Dukuh Pakis	Arteri Sekunder	1,35
	Kolektor Sekunder	1,42
	Lokal	35,37

Kecamatan	Klasifikasi Fungsi Jalan	Panjang Jalan (km)
Kecamatan Benowo	Arteri Primer	3,95
	Kolektor Primer	0,89
	Lokal	11,12

Sumber: Dinas PUPR Kota Surabaya

Contoh perhitungan jumlah emisi CO_2 pada tiap jenis jalan adalah sebagai berikut:

Jalan Arteri Primer Kecamatan Tegalsari

- Rerata emisi CO_2 di Jalan Arteri Primer
  = 353,5 kg/jam.km
- Panjang Jalan Arteri Primer di Kecamatan Tegalsari
  = 2,74 km
- Emisi CO_2 = 353,5 kg/jam.km x 2,74 km
  = 968,5 kg/jam = 697,2 ton / bulan

Hasil perhitungan jumlah emisi CO_2 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Emisi CO_2 Sektor Transportasi di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Jenis Jalan	Rerata Emisi CO_2 (Kg/ Jam .km)	Panjang Jalan (km)	Emisi CO_2 Total (Kg/Jam)	Emisi CO_2 Total (Ton/ Bulan)
Kecamatan Tegalsari	Arteri Primer	353,47	2,74	968,50	697,32
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	4,06	1.422,43	1.024,15
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	39,80	19.206,01	13.828,33
Total				**21.596,94**	**15.549,80**
Kecamatan Genteng	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	1,23	431,01	310,32
	Kolektor	281,72	3,70	1.043,70	751,46

Kecamatan	Jenis Jalan	Rerata Emisi CO_2 (Kg/ Jam .km)	Panjang Jalan (km)	Emisi CO_2 Total (Kg/Jam)	Emisi CO_2 Total (Ton/ Bulan)
	Sekunder				
	Lokal	482,51	8,04	3.878,94	2.792,83
Total				**5.353,64**	**3.854,62**
Kecamatan Bubutan	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	1,35	472,04	339,87
	Kolektor Sekunder	281,72	1,29	363,42	261,66
	Lokal	482,51	52,33	25.249,99	18.180,00
Total				**26.085,45**	**18.781,53**
Kecamatan Wonokromo	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,47	202,11	145,52
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	1,59	447,38	322,11
	Lokal	482,51	5,08	2.452,62	1.765,89
Total				**3.102,11**	**2.233,52**
Kecamatan Wiyung	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	18,80	9.069,35	6.529,93
Total				**9.069,35**	**6.529,93**
Kecamatan Sawahan	Arteri Primer	353,47	0,81	286,31	206,14
	Arteri Sekunder	430,03	2,37	1.020,88	735,03
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	1,41	396,38	285,40

Kecamatan	Jenis Jalan	Rerata Emisi CO_2 (Kg/ Jam .km)	Panjang Jalan (km)	Emisi CO_2 Total (Kg/Jam)	Emisi CO_2 Total (Ton/ Bulan)
	Lokal	482,51	52,15	25.164,11	18.118,16
Total				**26.867,68**	**19.344,73**
Kecamatan Karang Pilang	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	31,99	15.434,68	11.112,97
Total				**15.434,68**	**11.112,97**
Kecamatan Kremba-ngan	Arteri Primer	353,47	3,28	1.159,37	834,75
	Arteri Sekunder	430,03	8,49	3.649,20	2.627,42
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	3,24	912,78	657,20
	Lokal	482,51	31,84	15.361,82	11.060,51
Total				**21.083,18**	**15.179,89**
Kecamatan Pabean Cantikan	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	2,85	1.223,42	880,87
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	2,80	789,39	568,36
	Lokal	482,51	15,99	7.716,37	5.555,79
Total				**9.729,19**	**7.005,02**
Kecamatan Asemrowo	Arteri Primer	353,47	6,54	2.313,09	1.665,43
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	6,22	3.001,24	2.160,89

Kecamatan	Jenis Jalan	Rerata Emisi CO_2 (Kg/ Jam .km)	Panjang Jalan (km)	Emisi CO_2 Total (Kg/Jam)	Emisi CO_2 Total (Ton/ Bulan)
Total				**5.314,33**	**3.826,32**
Kecamatan Pakal	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	3,21	1.378,23	992,33
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	4,81	2.320,41	1.670,70
Total				**3.698,65**	**2.663,03**
Kecamatan Tandes	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	38,18	18.422,41	13.264,14
Total				**18.422,41**	**13.264,14**
Kecamatan Suko-manunggal	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,78	335,85	241,81
	Kolektor Primer	350,70	1,93	675,09	486,07
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	43,71	21.088,79	15.183,93
Total				**22.099,73**	**15.911,80**
Kecamatan Sambikerep	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	35,37	17.067,51	12.288,61
Total				**17.067,51**	**12.288,61**

Kecamatan	Jenis Jalan	Rerata Emisi CO_2 (Kg/ Jam .km)	Panjang Jalan (km)	Emisi CO_2 Total (Kg/Jam)	Emisi CO_2 Total (Ton/ Bulan)
Kecamatan Lakarsantri	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	22,19	10.708,93	7.710,43
Total				**10.708,93**	**7.710,43**
Kecamatan Dukuh Pakis	Arteri Primer	353,47	0,00	0,00	0,00
	Arteri Sekunder	430,03	1,35	580,54	417,99
	Kolektor Primer	350,70	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Sekunder	281,72	1,42	401,17	288,85
	Lokal	482,51	35,38	17.068,96	12.289,65
Total				**18.050,67**	**12.996,48**
Kecamatan Benowo	Arteri Primer	353,47	3,95	1.396,20	1.005,26
	Arteri Sekunder	430,03	0,00	0,00	0,00
	Kolektor Primer	350,70	0,90	314,22	226,24
	Kolektor Sekunder	281,72	0,00	0,00	0,00
	Lokal	482,51	11,12	5.367,01	3.864,25
Total				**7.077,43**	**5.095,75**
Total Keseluruhan CO_2				**240.761,80**	**166.105,80**
				1.993.270,414 ton CO_2 / tahun	

Dari hasil perhitungan yang tertera pada Tabel 5.6 tersebut, jumlah emisi CO_2 dari sektor transportasi adalah 1.993.270,414 ton CO_2/tahun, dimana diperoleh bahwa daerah yang menyumbangkan emisi CO_2 terbesar adalah Kecamatan Sawahan, yaitu sebesar 19.344,73 ton CO_2/bulan atau 232.136,80 ton CO_2/tahun. Hal ini dikarenakan

Kecamatan Sawahan berada di kawasan pusat kota yang menjadi pusat aktivitas manusia sehingga banyak dilewati kendaraan. Daerah yang menyumbangkan emisi CO_2 terkecil adalah bagian daerah Kecamatan Wonokromo sebesar 2.233,52 ton CO_2/bulan atau 26.802,24 ton CO_2/tahun, hal ini dikarenakan dalam perhitungan penelitian ini daerah di Kecamatan Wonokromo yang dihitung hanya sebagian saja, yaitu sebesar 3,28 km^2, karena pada Kecamatan Wonokromo terbelah oleh Sungai Wonokromo, sehingga sisa dari daerah Kecamatan Wonokromo bagian seberang Sungai Wonokromo tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian.

5.1.2 Emisi CO_2 Kegiatan Permukiman

Penentuan jumlah emisi CO_2 dari kegiatan permukiman adalah dengan menghitung emisi CO_2 hasil respirasi manusia, respirasi hewan ternak, dan penggunaan bahan bakar LPG. Data sekunder yang digunakan untuk melakukan perhitungan emisi CO_2 diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya (BPS). Langkah – langkah untuk menghitung emisi CO_2 kegiatan permukiman adalah sebagai berikut.

1. **Menghitung Emisi CO_2 hasil respirasi manusia di tiap kecamatan**

   Langkah awal dalam menentukan emisi CO_2 hasil respirasi manusia di tiap kecamatan adalah mengumpulkan data jumlah penduduk pada masing masing kecamatan di wilayah penelitian. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Jumlah Penduduk Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)
Kecamatan Tegalsari	106.646
Kecamatan Genteng	36.702
Kecamatan Bubutan	106.399
Kecamatan Pabean Cantikan	40.956
Kecamatan Krembangan	124.419
Kecamatan Sawahan	213.760
Kecamatan Wonokromo	113.463
Kecamatan Karangpilang	75.658
Kecamatan Dukuh Pakis	62.520

Kecamatan Wiyung	72.720
Kecamatan Tandes	94.810
Kecamatan Sukomanunggal	105.917
Kecamatan Asemrowo	48.744
Kecamatan Benowo	66.062
Kecamatan Lakarsantri	59.930
Kecamatan Pakal	56.453
Kecamatan Sambikerep	64.947
Total	**1.450.106**

Sumber: BPS Kota Surabaya, 2019

Dari data tersebut kemudian dapat ditentukan jumlah emisi CO_2 nya dengan perhitungan menggunakan Persamaan 3.4. Contoh perhitungan emisi CO_2 hasil respirasi manusia adalah sebagai berikut:

- Jumlah penduduk Kecamatan Tegalsari = 106.646 jiwa
- Emisi CO_2 = n x FE (3,2 kg CO_2/jiwa.hari)
  = 106.646 jiwa x 3,2 kg CO_2/jiwa.hari
  = 341,27 kg CO_2/hari
  = 124.562,7 ton CO_2 / tahun

Hasil perhitungan jumlah emisi CO_2 hasil respirasi manusia selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Jumlah Emisi CO_2 Hasil Respirasi Manusia

No.	Kecamatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
1	Kecamatan Tegalsari	124.562,53
2	Kecamatan Genteng	42.867,50
3	Kecamatan Bubutan	124.274,03
4	Kecamatan Pabean Cantikan	47.835,60
5	Kecamatan Krembangan	145.321,39
6	Kecamatan Sawahan	249.671,68
7	Kecamatan Wonokromo	132.525,33
8	Kecamatan Karangpilang	88.368,54
9	Kecamatan Dukuh Pakis	73.023,36
10	Kecamatan Wiyung	84.936,96
11	Kecamatan Tandes	110.738,08
12	Kecamatan Sukomanunggal	123.711,06
13	Kecamatan Asemrowo	56.932,99

No.	Kecamatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
14	Kecamatan Benowo	77.160,42
15	Kecamatan Lakarsantri	69.998,24
16	Kecamatan Pakal	65.937,10
17	Kecamatan Sambikerep	75.858,10
	Total	**1.693.722,92**

Tabel 5.8 menunjukkan bahwa emisi CO_2 hasil respirasi manusia yang tertinggi terdapat pada daerah Kecamatan Sawahan dengan jumlah 249.671,68 ton CO_2, hal ini dikarenakan kecamatan tersebut memiliki jumlah penduduk paling tinggi dibandingkan kecamatan lainnya di Zona Barat Kota Surabaya, sehingga berpengaruh pada emisi CO_2 yang dihasilkan. Daerah yang menyumbangkan emisi CO_2 terkecil adalah bagian daerah Kecamatan Genteng sebesar 36.008,7 ton CO_2, hal ini dikarenakan dalam perhitungan penelitian ini daerah di Kecamatan Genteng yang dihitung hanya sebagian saja, yaitu sebesar 2,4 km^2 karena pada Kecamatan Genteng terbelah oleh Sungai Wonokromo, sehingga sisa dari daerah Kecamatan Genteng bagian seberang Sungai Wonokromo tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian.

2. **Menghitung Emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak di Zona Barat Kota Surabaya**

   Dalam menentukan emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak, digunakan data sekunder jumlah hewan ternak di Kota Surabaya yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya, yang dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Hewan Ternak di Kota Surabaya

Jenis Hewan Ternak	Jumlah (Ekor)
Sapi	527
Kerbau	26
Kambing	2.498
Domba	250
Ayam	19.623
Itik	3.196
Total	**26.120**

Sumber: BPS Kota Surabaya, 2019

Selanjutnya dari data tersebut kemudian dapat ditentukan jumlah emisi CO_2 nya dengan perhitungan menggunakan Persamaan 3.5 dan Faktor Emisi per jenis hewan yang dapat dilihat pada Tabel 3.5. Contoh perhitungan emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak berjenis Sapi dan Kerbau adalah sebagai berikut:

- Jumlah Hewan Ternak Sapi dan Kerbau
  = 527 + 26 = 553 ekor
- Emisi CO_2 = n x FE (1,702 kg CO_2/ekor.hari)
  = 553 ekor x 1,702 kg CO_2/ekor.hari
  = 941,206 kg CO_2 / hari
  = 343,54 ton CO_2 / tahun

Dari hasil perhitungan total emisi hasil respirasi hewan ternak tersebut dirangkum pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Emisi CO_2 Hasil Respirasi Hewan Ternak Kota Surabaya

Jenis Hewan	Jumlah Emisi CO_2 (ton CO_2)
Sapi & Kerbau	343,54
Kambing & Domba	314,94
Unggas	1.390,93
Total	**2.049,42**

Karena pada penelitian ini berada di ruang lingkup Zona Barat Kota Surabaya, maka dilakukan perhitungan perbandingan luas untuk memperkirakan jumlah emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak yang berada di Zona Barat Kota Surabaya dengan asumsi persebaran hewan ternak tersebut merata, dengan perbandingan sebagai berikut:

- Luas Kota Surabaya = 326,81 km^2
- Luas Zona Barat Kota Surabaya = 190,67 km^2
- Total Emisi CO_2 Hasil Respirasi Hewan Ternak Kota Surabaya = 2.049,42 ton CO_2
- Emisi CO_2 Hasil Respirasi Ternak Zona Barat Kota Surabaya
  $= \frac{190{,}67\ km^2}{326{,}81\ km^2}\ x\ 2.049{,}42\ ton\ CO_2 = 1.195{,}68\ ton\ CO_2$

Mengingat persebaran hewan ternak pada masing – masing kecamatan diasumsikan merata, maka perhitungan

persebaran emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak dapat dihitung berdasarkan luas wilayah kecamatan pada daerah Zona Barat Kota Surabaya. Contoh perhitungan emisi CO_2 pada daerah Kecamatan Tegalsari adalah sebagai berikut:

- Luas Kecamatan Tegalsari = 4,29 km^2
- Luas total Zona Barat Kota Surabaya = 190,67 km^2
- Emisi CO_2 Hasil Respirasi Ternak daerah Kecamatan Tegalsari:
  $= \frac{4{,}29\ km^2}{190{,}67\ km^2}\ x\ 1.195{,}68\ ton\ CO_2 = 26{,}903\ ton\ CO_2$

Perhitungan emisi CO_2 per kecamatan tersebut selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Emisi CO_2 Hasil Respirasi Hewan Ternak

Kecamatan	Luas Wilayah (km^2)	Emisi CO_2 (ton CO_2)
Kecamatan Tegalsari	4,29	26,90
Kecamatan Genteng	2,40	15,05
Kecamatan Bubutan	3,86	24,21
Kecamatan Pabean Cantikan	5,73	35,93
Kecamatan Krembangan	8,34	52,30
Kecamatan Sawahan	6,93	43,46
Kecamatan Wonokromo	3,28	20,57
Kecamatan Karangpilang	9,23	57,88
Kecamatan Dukuh Pakis	9,94	62,33
Kecamatan Wiyung	12,46	78,14
Kecamatan Tandes	11,07	69,42
Kecamatan Sukomanunggal	9,23	57,88
Kecamatan Asemrowo	15,44	96,82
Kecamatan Benowo	23,73	148,81
Kecamatan Lakarsantri	18,99	119,09
Kecamatan Pakal	22,07	138,40
Kecamatan Sambikerep	23,68	148,50
Total	**190,67**	**1195,69**

Tabel 5.11 menunjukkan bahwa emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak yang tertinggi terdapat pada Kecamatan Benowo dengan jumlah 148,81 ton CO_2, hal ini dikarenakan kecamatan tersebut memiliki luas daerah paling besar di Zona

Barat Kota Surabaya dan persebaran hewan ternak diasumsikan merata pada seluruh daerah, sehingga besarnya emisi yang dihasilkan tersebut mengikuti luas wilayah tersebut. Daerah yang menyumbangkan emisi CO_2 terkecil adalah bagian daerah Kecamatan Genteng sebesar 15,05 ton CO_2, hal ini dikarenakan dalam perhitungan penelitian ini daerah di Kecamatan Genteng yang dihitung hanya sebagian saja, yaitu sebesar 2,4 km^2 karena pada Kecamatan Genteng terbelah oleh Sungai Wonokromo, sehingga sisa dari daerah Kecamatan Genteng bagian seberang Sungai Wonokromo tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian.

3. **Menghitung Emisi CO_2 hasil penggunaan bahan bakar LPG di Zona Barat Kota Surabaya**

   Dalam menentukan emisi CO_2 hasil penggunaan bahan bakar LPG di Zona Barat Kota Surabaya, digunakan data sekunder jumlah konsumsi LPG di Kota Surabaya yang didapatkan dari Laporan Inventarisasi GRK 2015 oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya, serta data jumlah penduduk yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya. Jumlah konsumsi LPG di Kota Surabaya tahun 2015 adalah 123.757 ton, namun karena penelitian ini hanya mencakup Zona Barat Kota Surabaya, maka diperlukan perhitungan terkait rata – rata pemakaian LPG pada setiap rumah tangga sebagai berikut:

   - Banyaknya Rumah Tangga Kota Surabaya
     = 768.932 Rumah Tangga
   - Pemakaian Rata – Rata LPG Tahun 2015

$$\frac{\boldsymbol{Jumlah\ Konsumsi\ LPG\ Tahun\ 2015\ (kg)}}{\boldsymbol{Banyaknya\ Rumah\ Tangga\ Kota\ Surabaya\ (KK)}}$$

$$= \frac{\mathbf{123.757.000}\ \boldsymbol{kg}}{\mathbf{768.932}\ \boldsymbol{KK}} = \mathbf{160,95}\ {}^{\boldsymbol{kg}}/_{\boldsymbol{KK.tahun}}$$

   Kemudian setelah diperoleh pemakaian rata – rata LPG, dapat ditentukan jumlah pemakaian LPG tersebut dan dapat digunakan untuk menghitung emisi CO_2 yang dihasilkan dari pemakaian LPG tersebut. Penghitungan jumlah emisi CO_2

menggunakan Persamaan 3.6 dan Faktor Emisi serta nilai *Net Calorific Value* yang tertera pada Tabel 3.6. Contoh perhitungan emisi CO_2 dari pemakaian LPG di Kecamatan Tegalsari adalah sebagai berikut:

- Jumlah KK Kecamatan Tegalsari = 26.662 KK
- Penggunaan LPG rata-rata = 160,95 kg/KK.tahun
- Penggunaan LPG di Kecamatan Tegalsari
  = 26662 kk x 160,95 kg = 4.291.248,9 kg / tahun
- Emisi CO_2 = NCV x FE x Penggunaan LPG
  = 47,3 MJ/kg x 63,1 g CO_2 / MJ x 4.291.248,9 kg
  = 12.807.270.390 g CO_2 = 12.807,3 ton CO_2 / tahun

Kemudian hasil perhitungan untuk tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Emisi CO_2 hasil pemakaian LPG

No.	Kecamatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
1	Kecamatan Tegalsari	12.807,28
2	Kecamatan Genteng	4.407,55
3	Kecamatan Bubutan	12.777,62
4	Kecamatan Pabean Cantikan	4.918,37
5	Kecamatan Krembangan	14.941,67
6	Kecamatan Sawahan	25.670,76
7	Kecamatan Wonokromo	13.626,00
8	Kecamatan Karangpilang	9.085,88
9	Kecamatan Dukuh Pakis	7.508,12
10	Kecamatan Wiyung	8.733,06
11	Kecamatan Tandes	11.385,88
12	Kecamatan Sukomanunggal	12.719,73
13	Kecamatan Asemrowo	5.853,74
14	Kecamatan Benowo	7.933,49
15	Kecamatan Lakarsantri	7.197,08
16	Kecamatan Pakal	6.779,53
17	Kecamatan Sambikerep	7.799,58
	Total	**174.145,34**

Tabel 5.12 menunjukkan bahwa emisi CO_2 hasil pemakaian bahan bakar LPG yang tertinggi terdapat pada Kecamatan Sawahan dengan jumlah 25.670,76 ton CO_2, hal ini

dikarenakan kecamatan tersebut memiliki jumlah rumah tangga paling tinggi dibandingkan kecamatan lainnya di Zona Barat Kota Surabaya, sedangkan daerah yang menyumbangkan emisi CO_2 terkecil adalah bagian daerah Kecamatan Genteng sebesar 4.407,55 ton CO_2, hal ini dikarenakan dalam perhitungan penelitian ini daerah di Kecamatan Genteng yang dihitung hanya sebagian saja, sebesar 2,4 km^2 karena pada Kecamatan Genteng terbelah oleh Sungai Wonokromo, sehingga sisa dari daerah Kecamatan Genteng bagian seberang Sungai Wonokromo tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian.

Dari hasil perhitungan emisi CO_2 dari beberapa kegiatan pemukiman diatas, dapat dirangkum pada Tabel 5.13 Berikut

Tabel 5.13 Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Permukiman Zona Barat Kota Surabaya

Kegiatan	Jumlah Emisi CO_2 (ton CO_2)
Respirasi Manusia	1.693.722,92
Respirasi Hewan Ternak	1195,69
Penggunaan LPG	174.145,37
Total	**1.869.063,96**

Tabel 5.13 tersebut menunjukkan bahwa pada kegiatan permukiman menghasilkan emisi CO_2 sebesar 1.869.063,96 ton CO_2. Yang paling banyak berperan serta dalam menyumbang emisi CO_2 adalah kegiatan respirasi manusia. Hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah penduduk di Kota Surabaya yang juga merupakan kota metropolitan, dimana pada proses respirasi tersebut tiap orang menghasilkan 3,2 kg CO_2 per hari nya. Emisi CO_2 terkecil yang dihasilkan pada kegiatan permukiman berasal dari respirasi hewan ternak, yang karena selain jumlahnya sedikit, hewan ternak juga memiliki faktor emisi yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan faktor emisi dari respirasi manusia, sehingga hanya menyumbangkan sedikit emisi CO_2 yaitu sejumlah 1.195,69 ton CO_2.

5.1.3 Menghitung Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Industri di Zona Barat Kota Surabaya

Dalam menentukan emisi CO_2 hasil kegiatan industri di Zona Barat Kota Surabaya, digunakan data sekunder jumlah konsumsi energi / penggunaan bahan bakar pada sektor perindustrian yang bersumber dari penelitian terdahulu di Daerah Perindustrian Karangpilang dan Margomulyo. Jenis bahan bakar yang digunakan pada sektor industri yaitu bahan bakar fosil, batubara, serta gas alam. Data konsumsi energi spesifik perindustrian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Konsumsi Bahan Bakar Industri

No.	Kawasan Industri	Jenis Industri	Bahan Bakar Fosil (L / Tahun)	Batu Bara (kg / Tahun)	Gas Bumi (m^3 / Tahun)
1	Karangpilang*	Industri Korek Api	54.000	-	-
2		Industri Minyak Goreng	60.000	-	-
3		Industri Sandal	9.360	-	-
4		Industri Peralatan Dapur	11.880	-	1.533.000
5		Industri Semen Dan Batu Tahan Api	216.000	-	-
6		Industri Furnitur Kayu	2.400	-	-
7		Industri Pipa Baja	84.780	-	1.290.640
8		Industri Conveyor Belt	12.000	730.000	-
9		Industri Baja	89.652	-	2.711.950
10		Industri Genteng	-	584.000	365.000
11		Industri Saos	-	-	233.600
12		Industri Minyak	-	3.650.000	18.250.000

No.	Kawasan Industri	Jenis Industri	Bahan Bakar Fosil (L / Tahun)	Batu Bara (kg / Tahun)	Gas Bumi (m^3 / Tahun)
		Kelapa			
13		Industri Kertas	-	4.866.545	-
14		Industri Karet Gelang	-	182.500	-
15		Industri Keramik	-	-	69.350.000
16	Margomulyo**	Industri Furnitur Kayu	8.040	-	-
17		Industri Logam Konstruksi	192.000	-	-
18		Industri Rokok	66.000	-	-
19		Industri Biji Plastik	9.600	-	-

Sumber: *Handriyono dan Kusuma, 2017
**Rachmawati, 2011

Data yang dibutuhkan untuk menghitung emisi CO_2 adalah konsumsi energi / bahan bakar, NCV (*Net Calorific Value*), dan CEF atau *Carbon Emission Factor* (Faktor Emisi). Emisi CO_2 dihitung menggunakan Persamaan 3.7 serta Tabel 3.7 yang memuat NCV dan Faktor Emisi dari masing – masing jenis bahan bakar berdasarkan IPCC (2006). Berikut adalah contoh perhitungan emisi CO_2 dari berbagai jenis bahan bakar yang digunakan pada berbagai sektor industri:

a. Industri Korek Api
   - Konsumsi Bahan Bakar Fosil = 54.000 L / Tahun
   - NCV = 38 x 10^{-6} TJ/liter
   - FE = 74,1 ton CO_2 / TJ
   - Emisi CO_2 = 54.000 L / Tahun x 38 x 10^{-6} TJ / L x 74,1 ton CO_2 / TJ = 153,86 ton CO_2 / tahun

b. Industri Kertas
   - Konsumsi Bahan Bakar Batu Bara = 4.866.545 kg / Tahun = 4.866,545 ton / tahun

- NCV = 18,9 x 10^{-6} TJ / ton
- FE = 96,1 ton CO_2 / TJ
- Emisi CO_2 = 4.866,545 ton / Tahun x 18,9 x 10^{-6} TJ / ton x 96,1 ton CO_2 / TJ = 8,944 ton CO_2 / tahun

c. Industri Saos
- Konsumsi Bahan Bakar Gas Bumi = 233.600 m^3 / tahun
- NCV = 2,99 x 10^{-8} TJ / m^3
- FE = 56,1 ton CO_2 / TJ
- Emisi CO_2 = 233.600 m^3 / Tahun x 2,99 x 10^{-8} TJ / ton x 56,1 ton CO_2 / TJ = 0,396 ton CO_2 / tahun

Hasil perhitungan selengkapnya untuk emisi CO_2 hasil dari seluruh kegiatan industri di Kawasan Industri Karangpilang dan Margomulyo dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Industri

No.	Kawasan Industri	Jenis Industri	Emisi CO_2 (ton CO_2 / Tahun)
1	Karangpilang	Industri Korek Api	153,86
2		Industri Minyak Goreng	170,96
3		Industri Sandal	26,67
4		Industri Peralatan Dapur	36,45
5		Industri Semen Dan Batu Tahan Api	615,44
6		Industri Furnitur Kayu	6,84
7		Industri Pipa Baja	243,75
8		Industri Conveyor Belt	35,53
9		Industri Baja	260,04
10		Industri Genteng	1,69
11		Industri Saos	0,40
12		Industri Minyak Kelapa	37,68
13		Industri Kertas	8,94
14		Industri Karet Gelang	0,34
15		Industri Keramik	117,71
		Total	**1716,30**
1	Margomulyo	Industri Furnitur Kayu	22,91
2		Industri Logam Konstruksi	547,06
3		Industri Rokok	188,05
4		Industri Biji Plastik	27,35
		Total	**785,37**
		Jumlah Total Emisi CO_2	**2.501,67**

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa industri yang paling banyak menghasilkan emisi CO_2 adalah Industri Semen dan Batu Tahan Api yang terletak di Kawasan Industri Karangpilang, dengan jumlah 615,44 ton CO_2 / tahun. Hal ini dikarenakan industri tersebut menggunakan bahan bakar fosil dengan jumlah yang sangat tinggi, yaitu 216.000 Liter per tahunnya, dimana bahan bakar fosil sendiri memiliki nilai *Carbon Emission Factor* sebesar 74,1 ton CO_2 / TJ sehingga emisi karbon yang dihasilkan dari sejumlah bahan bakar fosil yang dikonsumsi tersebut sangat tinggi. Menurut IPCC (2007) dalam Ghozali, dkk (2015), industri semen merupakan salah satu kontributor terbesar dalam emisi gas rumah kaca, bersamaan dengan industri baja, industri pulp dan kertas, industri keramik, industri petrokimia, serta industri lainnya yang menggunakan bahan karbonat dalam proses produksinya.

Adapun industri yang paling sedikit menghasilkan emisi CO_2 adalah Industri Karet Gelang yang terletak di Kawasan Industri Karangpilang, dengan jumlah 0,34 ton CO_2 / tahun. Hal ini dikarenakan industri tersebut hanya menggunakan bahan bakar berupa batu bara sebanyak 182.500 kg atau sebesar 182,5 ton per tahunnya. Banyaknya konsumsi energi dari bahan bakar yang digunakan pada suatu industri akan berbanding lurus dengan emisi karbon yang dihasilkan. Semakin banyak penggunaan bahan bakar, maka akan semakin tinggi pula emisi karbon yang dihasilkan, begitupula sebaliknya, semakin sedikit penggunaan bahan bakar tersebut, maka akan semakin kecil tingkat emisi karbon yang dihasilkan.

5.1.4 Emisi CO_2 Total

Hasil perhitungan emisi dari berbagai sektor kegiatan di Zona Barat Kota Surabaya, dapat disimpulkan pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya

No.	Sektor Kegiatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
1	Transportasi	1.993.270,41
2	Permukiman	1.869.063,96
3	Perindustrian	2.501,67

No.	Sektor Kegiatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
	Total	**3.864.836,04**

Tabel 5.16 menunjukkan bahwa emisi CO_2 terbesar dihasilkan dari sektor kegiatan transportasi, yaitu sebesar 1.993.270,41 ton CO_2. Hal ini dikarenakan pada kota-kota besar di Indonesia, sektor transportasi merupakan konsumen terbesar produk minyak bumi yang juga penyumbang gas buang kendaraan bermotor yang cukup dominan, sebesar 60-70% (Nurdjanah, 2015). Emisi CO_2 terbesar berikutnya diikuti oleh hasil dari kegiatan sektor permukiman, sebesar 1.869.063,96 ton CO_2, hal ini dipengaruhi oleh besarnya emisi CO_2 hasil respirasi manusia yang mendominasi sektor tersebut. Emisi CO_2 yang paling rendah dihasilkan dari sektor perindustrian, yaitu sebesar 2.501,67 ton CO_2. Walaupun sektor industri berkontribusi rendah terhadap produksi emisi CO_2, namun apabila tidak ditangani dengan pemberlakuan berbagai kebijakan untuk mengendalikannya, pertumbuhan emisi tersebut dapat meningkat (Labiba & Pradoto, 2018).

Hasil Perhitungan emisi CO_2 juga dapat diketahui besarnya pada tiap kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya. Perhitungan emisi CO_2 total tiap kecamatan dilakukan dengan menambahkan total emisi CO_2 yang dihasilkan dari berbagai sektor kegiatan, baik kegiatan transportasi, permukiman dan perindustrian. Contoh perhitungan emisi CO_2 total pada Tegalsari adalah sebagai berikut:

- Emisi CO_2 transportasi = 15.549,8 ton CO_2 / bulan
  = 186.597,6 ton CO_2 / tahun
- Emisi CO_2 kegiatan permukiman = 124.562,528 ton / tahun (hasil respirasi manusia) + 26,903 ton / tahun (hasil respirasi hewan ternak) + 12.807,28 ton / tahun (hasil pemakaian bahan bakar LPG) = 137.396,711 ton CO_2 / tahun
- Emisi CO_2 kegiatan industri = 0 ton / tahun
- Emisi CO_2 di kecamatan Tegalsari = 186.597,6 ton CO_2 + 137.396,711 ton CO_2 + 0 ton CO_2 = 323.994,311 ton CO_2
- Emisi CO_2 Per Kapita di Kecamatan Tegalsari

$$= \frac{Emisi\ CO_2\ Per\ Kecamatan}{Jumlah\ Penduduk\ Kecamatan} = \frac{323.994{,}29\ ton\ CO_2}{106.646\ jiwa}$$

$= 5{,}69\ ton\ CO_2 / orang$ (per tahun 2020)

Hasil perhitungan selengkapnya untuk semua kecamatan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5.17 Emisi CO_2 Hasil Kegiatan Permukiman Zona Barat Kota Surabaya

No.	Kecamatan	Emisi (ton CO_2)	Emisi Per Kapita (ton CO_2/orang)
1	Kecamatan Tegalsari	323.994,29	5,69
2	Kecamatan Genteng	70.315,05	0,91
3	Kecamatan Bubutan	362.454,18	2,92
4	Kecamatan Pabean Cantikan	63.453,84	0,87
5	Kecamatan Krembangan	238.674,51	5,57
6	Kecamatan Sawahan	507.522,67	5,74
7	Kecamatan Wonokromo	279.527,54	1,92
8	Kecamatan Karangpilang	281.387,28	4,02
9	Kecamatan Dukuh Pakis	117.110,55	2,45
10	Kecamatan Wiyung	139.664,01	2,12
11	Kecamatan Tandes	154.935,05	2,04
12	Kecamatan Sukomanunggal	295.658,30	1,18
13	Kecamatan Asemrowo	253.825,21	2,05
14	Kecamatan Benowo	232.706,00	2,10
15	Kecamatan Lakarsantri	169.839,58	1,36
16	Kecamatan Pakal	228.812,79	2,69
17	Kecamatan Sambikerep	144.955,20	1,09
	Total	**3.864.836,04**	**2,28**

Tabel 5.17 menunjukkan bahwa emisi CO_2 yang tertinggi terdapat pada daerah Kecamatan Sawahan, baik emisi keseluruhan maupun emisi yang dihasilkan per kapita nya dengan jumlah 507.522,67 ton CO_2 dan penduduknya menghasilkan rata-rata 5,74 ton CO_2 per tahun. Hal ini dikarenakan kecamatan tersebut merupakan daerah padat penduduk dan padat lalu lintas sehingga banyak aktivitas manusia yang menghasilkan emisi karbon paling tinggi dibandingkan kecamatan lainnya di Zona Barat Kota Surabaya,

sedangkan daerah yang menyumbangkan emisi CO_2 terkecil, baik keseluruhan maupun per kapita nya, adalah bagian daerah Kecamatan Pabean Cantikan sebesar 63.453,84 ton CO_2 dan penduduknya menghasilkan rata-rata 0,87 ton CO_2 per tahun. Hal ini dikarenakan selain dalam perhitungan penelitian ini daerah di Kecamatan Pabean Cantikan yang dihitung hanya sebagian saja, sebesar 5,73 km^2 karena kecamatan tersebut terbelah oleh Sungai Wonokromo sehingga sisa dari daerah Kecamatan Pabean Cantikan bagian seberang Sungai Wonokromo tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian, jumlah aktivitas transportasi pada kecamatan ini pun juga menyumbangkan emisi yang kecil.

5.1.5 Proyeksi Emisi CO_2

Hasil perhitungan jumlah emisi CO_2 kemudian diproyeksikan guna mengetahui prediksi emisi CO_2 di masa depan, sehingga dapat ditentukan apakah jumlah RTH eksisting dapat memenuhi kebutuhan dalam mereduksi emisi CO_2 yang dihasilkan di masa kini dan masa depan. Tahap – tahap dalam melakukan perhitungan proyeksi adalah sebagai berikut.

1. **Mengumpulkan Data Untuk Keperluan Proyeksi**
   Dalam memproyeksikan emisi CO_2 pada setiap sektor membutuhkan data yang berbeda – beda macamnya, diantaranya adalah:

   a. Sektor Kegiatan Transportasi
      Data yang dibutuhkan untuk memproyeksikan emisi CO_2 pada sektor kegiatan transportasi adalah data survei *traffic counting* dari tahun sebelumnya yang didapatkan dari Dinas Perhubungan (DISHUB) Kota Surabaya. Data ini kemudian diolah kembali dengan cara yang sama dengan penghitungan emisi CO_2 sektor transportasi seperti yang dijelaskan pada Subbab 5.1.1.

   b. Sektor Kegiatan Permukiman
      Data yang dibutuhkan untuk memproyeksikan emisi CO_2 pada sektor kegiatan permukiman adalah data jumlah penduduk dari tahun sebelumnya untuk menghitung proyeksi emisi CO_2 hasil respirasi manusia, data jumlah KK

penduduk dari tahun sebelumnya (diperoleh dengan membagi jumlah penduduk dari tahun sebelumnya dengan rata – rata jumlah anggota keluarga di Surabaya) untuk menghitung proyeksi emisi CO_2 penggunaan bahan bakar LPG, serta data jumlah hewan ternak di Kota Surabaya pada tahun sebelumnya untuk menghitung proyeksi emisi CO_2 hasil respirasi hewan ternak. Ketiga data tersebut bersumber dari data sekunder oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya.

c. Sektor Kegiatan Industri
   Data yang dibutuhkan untuk memproyeksikan emisi CO_2 pada sektor kegiatan industri adalah data jumlah industri besar yang ada di Kota Surabaya. Data ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya. Hasil perhitungan laju pertumbuhan dari data tersebut akan digunakan untuk memproyeksikan industri yang berada di Kawasan Industri Karang Pilang dan Margomulyo.

2. Menghitung Rata – Rata Pertumbuhan dan Koefisien Korelasi

Dalam perhitungan proyeksi emisi CO_2, perlu ditentukan rata-rata pertumbuhan pertahun untuk menghitung nilai yang diprediksi di masa depan. Masing masing sektor penghasil emisi memiliki rata-rata pertumbuhan yang berbeda, tergantung dari data yang digunakan untuk menghitung proyeksi tersebut. Setelah menentukan nilai rata-rata pertumbuhan, dapat dihitung pula koefisien korelasi yang menentukan metode mana yang akan digunakan untuk memproyeksi data tersebut. Terdapat tiga metode proyeksi yang dapat digunakan, yaitu Metode Aritmatika, Geometrik, dan Metode *Least Square*.

Emisi CO_2 akan bertambah pada tiap tahunnya karena pertumbuhan penduduk dan perkembangan kegiatan manusia, maka dapat dikatakan pertumbuhan emisi tersebut linier seiring dengan berjalannya waktu. Untuk menentukan metode proyeksi, diperlukan penentuan nilai koefisien korelasi terlebih dahulu. Menurut Sugiyono (2007), Koefisien korelasi (r) adalah suatu koefisien yang mengukur kekuatan dan

hubungan linier dari dua variabel. Koefisien ini hanya mengukur kekuatan hubungan linier atau tidak nya pada hubungan non linier. Karakteristik koefisien korelasi adalah:

- Nilai r terletak antara -1 dan +1
  Nilai ini menunjukkan kekuatan hubungan linier antara kedua variabel. Semakin mendekati 1 atau -1, semakin kuat hubungan linier antara kedua variabel, dan sebaliknya, semakin mendekati nilai 0, semakin lemah hubungan linier antara kedua variabel tersebut. Nilai positif menunjukkan hubungan searah (apabila variabel X naik, maka variabel Y naik), sedangkan nilai negative menunjukkan hubungan terbalik (apabila variabel X naik, maka nilai variabel Y turun). Interpretasi nilai r terhadap hubungan linier antar kedua variabel adalah:
  0,00 – 0,19 = Sangat Rendah
  0,20 – 0,39 = Rendah
  0,40 – 0,59 = Sedang
  0,60 – 0,79 = Kuat
  0,80 – 1,00 = Sangat Kuat
- Nilai r tidak berubah apabila seluruh data pada kedua variabel dikalikan dengan suatu nilai konstanta (c) tertetu (asalkan $c \neq 0$).
- Nilai r tidak berubah apabila seluruh data pada kedua variabel ditambahkan dengan suatu nilai konstanta (c) tertetu.
- Nilai r tidak akan dipengaruhi oleh penentuan mana variabel x dan mana variabel y. Kedua variabel bisa saling dipertukarkan.
- Nilai r hanya untuk mengukur kekuatan hubungan linier, dan tidak dirancang untuk mengukur hubungan non linier

Hubungan linier yang kuat diantara kedua variabel tidak selalu memiliki hubungan sebab-akibat atau kausalitas, namun dapat juga dipengaruhi oleh suatu faktor yang membuat hubungan tersebut linier. Pada perhitungan proyeksi emisi CO_2, variabel yang terkait adalah data tahun dan data jumlah emisi CO_2 pada tahun tersebut. Tahun dan jumlah emisi CO_2 tidak memiliki hubungan sebab-akibat atau kausalitas, namun hubungan antara kedua variabel tersebut dapat dikatakan

linier karena jumlah emisi CO_2 selalu mengalami penaikan seiring berjalannya waktu. Jumlah emisi CO_2 selalu meningkat karena suatu faktor, yaitu faktor masifnya kegiatan manusia yang dipengaruhi oleh pertambahan penduduk, yang juga selalu bertambah pada tiap tahunnya. Hal ini membuktikan bahwa pengukuran koefisien korelasi bukan diukur dari keterkaitan hubungan antara dua variabel, namun ditentukan dari hubungan linier antara kedua variabel. Karena dalam penghitungan proyeksi emisi CO_2 bertujuan untuk menentukan jumlah emisi CO_2 di masa depan dan telah diketahui bahwa emisi akan selalu mengalami penaikan seiring dengan berjalannya waktu dan menunjukkan hubungan linier kea rah positif, maka setelah ditentukan dengan perhitungan koefisien korelasi dari ketiga metode proyeksi tersebut akan dipilih yang mendekati 1. Proyeksi dilakukan hingga 25 tahun sebagai indikator untuk menjamin lingkungan yang *sustainable* dengan ketercukupan RTH di masa berikutnya.

Berikut merupakan contoh perhitungan proyeksi emisi CO_2 dari kegiatan transportasi. Pengumpulan data olahan hasil survei t*raffic counting* di Zona Barat Kota Surabaya tahun 2017 hingga 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Jumlah Emisi CO_2 Transportasi Zona Barat Kota Surabaya Tahun 2017 – 2019

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			Emisi	%	
1	2017	1.646.241	1.646.241	0,000	0
2	2018	1.816.038	169.797	10,314	0,10314
3	2019	1.993.270	177.231	9,759	0,09759
Jumlah		**5.455.549**	**1.993.270**	**20**	**0,20073**
Standar Deviasi					**0,00392**
Standar Atas Data					**0,07084**
Standar Bawah Data					**0,06299**

Setelah itu, dapat dihitung presentase rata – rata pertumbuhan (*r*) emisi CO_2 per tahun sebagai berikut:

$$\frac{Jumlah\ Rasio\ Pertumbuhan}{Jumlah\ tahun\ data} = \frac{0.2007}{3\ tahun\ (2017-2019)} = \mathbf{0,06691}$$

Kemudian, nilai koefisien korelasi dan pertumbuhan penduduk dapat dicari dengan menggunakan metode-metode sebagai berikut:

a. Metode Aritmatika

Metode ini menggunakan Persamaan Perhitungan koefisien korelasi (r) dengan metode aritmatika dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut:

Tabel 5. 19 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Aritmatika

No.	Tahun	Emisi CO_2 (ton CO_2)	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
1	2017	1.646.241	1	0	0	1	0
2	2018	1.816.038	2	169.797	339.594	4	28.831.172.510
3	2019	1.993.270	3	177.232	531.695	9	31.411.160.508
Jumlah			6	347.029	871.290	14	60.242.333.019

Keterangan :
X = Urutan tahun
Y = Pertambahan emisi CO_2
n = Jumlah tahun data

Maka dapat dihitung nilai koefisien korelasi (r) metode aritmatika sebagai berikut:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2]x[n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{½}}$$

$$= \frac{3(871.290) - (6)(347.029)}{\{[3(60.242.333.019) - (347.029)^2]x[3(14) - (6)^2]\}^{½}} = \mathbf{0,88}$$

Nilai koefisien korelasi (r) yang didapatkan untuk metode aritmatika adalah sebesar 0,88

b. Metode Geometrik

Perhitungan koefisien korelasi (r) dengan metode geometrik dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut:

Tabel 5. 20 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Geometrik

No.	Tahun	Emisi CO_2 (ton CO_2)	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
1	2017	1.646.241	1	14,314	14,314	1	204,890
2	2018	1.816.038	2	14,412	28,824	4	207,710
3	2019	1.993.270	3	14,505	43,515	9	210,403
Jumlah			6	43,231	86,654	14	623,004

Keterangan:
X = Urutan tahun
Y = Pertambahan emisi CO_2 (Y = ln Emisi CO_2)
n = Jumlah tahun data

Maka dapat dihitung nilai korelasi (r) metode geometrik sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2]x[n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{½}}$$

$$= \frac{3(86{,}6542) - (6)(43{,}231)}{\{[3(623{,}004) - (43{,}231)^2]x[3(14) - (6)^2]\}^{½}} = \mathbf{0,99}$$

Nilai koefisien korelasi (r) yang didapatkan untuk metode geometrik adalah sebesar 0,99

c. Metode *Least Square*

Perhitungan koefisien korelasi (r) dengan metode *Least Square* dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut:

Tabel 5. 21 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Least Square

No.	Tahun	Emisi CO_2 (ton CO_2)	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
1	2017	1.646.241	1	1.646,241	1.646.241	1	$2{,}7 \times 10^{12}$
2	2018	1.816.038	2	1.816.038	3.632.076	4	$3{,}2 \times 10^{12}$
3	2019	1.993.270	3	1.993.270	5.979.811	9	$3{,}9 \times 10^{12}$
Jumlah			6	5.455.549	11.258.129	14	$9{,}9 \times 10^{12}$

Keterangan:
X = Urutan tahun
Y = Emisi CO_2
n = Jumlah tahun data

Maka dapat dihitung nilai korelasi (r) metode geometrik sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2]x[n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{½}}$$

$$= \frac{3(11.258.129) - (6)(5.455.549)}{\{[3(9{,}9 \text{ x } 10^2) - (5.455.549)^2]x[3(14) - (6)^2]\}^{½}} = \mathbf{0,99}$$

Nilai koefisien korelasi (r) yang didapatkan untuk metode *Least Square* adalah sebesar 0,99

Hasil perhitungan nilai koefisien korelasi (r) pada ketiga metode disajikan pada Tabel 5.22 berikut:

Tabel 5. 22 Hasil Perhitungan nilai koefisien korelasi (r)

METODE	NILAI r (KOEFISIEN KORELASI)
Aritmatika	0,88
Geometrik	0,99
Least Square	0,99

3. Perhitungan Proyeksi Emisi CO_2

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi dengan metode-metode yang ada, dari ketiga metode tersebut yang memiliki nilai koefisien korelasi mendekati angka 1 adalah Metode Geometrik dan *Least Square*, yaitu dengan koefisien korelasi yang sama sama bernilai 0,99. Namun, pada proyeksi ini akan digunakan Metode Geometrik sebagai acuan perhitungannya karena metode Geometrik lebih umum digunakan daripada metode *Least Square*. Perhitungan proyeksi menggunakan Metode Geometrik menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pn = Po \text{ x } (1 + r)^{dn}$$

Keterangan:

Pn	= Proyeksi tahun ke-*n*	r	= 0,06691
Po	= 1.993.270 ton CO_2	dn	= 25 tahun

$$Pn = 1.993.270\ x\ (1 + 0{,}06691)^{25}$$
$$= \mathbf{10.064.189}\ \textbf{ton } \mathbf{CO_2}$$

Sehingga didapatkan proyeksi nilai emisi CO_2 hasil kegiatan transportasi pada 25 tahun kedepan (tahun 2045) adalah 10.064.189 ton CO_2.

Untuk perhitungan proyeksi pada sektor lainnya (kegiatan permukiman dan industri) juga menggunakan cara yang sama seperti perhitungan proyeksi pada sektor kegiatan transportasi. Rincian perhitungan proyeksi tersebut dapat dilihat di Lampiran B. Hasil proyeksi emisi CO_2 dari berbagai sektor dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5. 23 Proyeksi Emisi CO_2 Tahun 2045

No.	Sektor Kegiatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
1	Transportasi	10.064.177
2	Permukiman	2.725.469,4
3	Perindustrian	3.360,998
	Total	**12.793.007,4**

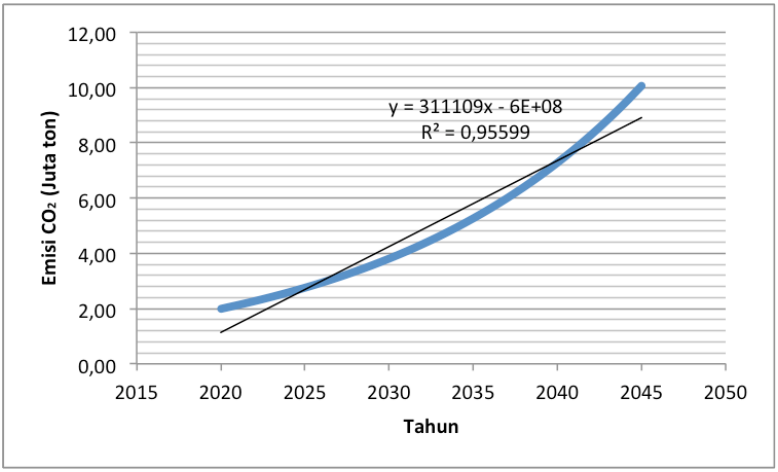
Hasil perhitungan proyeksi emisi CO_2 total per daerah kecamatan dapat dirangkum pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5. 24 Proyeksi Emisi CO_2 Tahun 2045 di Zona Barat Kota Surabaya

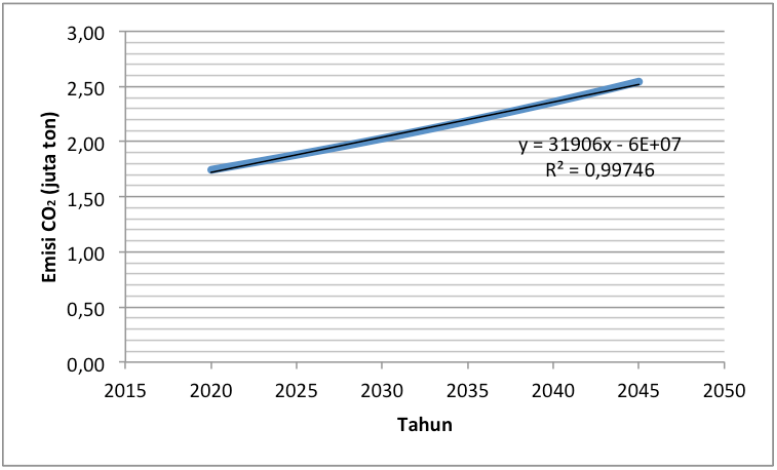
Kecamatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
Kecamatan Asemrowo	1.055.778,28
Kecamatan Benowo	868.856,86
Kecamatan Bubutan	1.337.834,81
Kecamatan Dukuh Pakis	301.898,73
Kecamatan Genteng	185.213,22
Kecamatan Karangpilang	1.064.231,35
Kecamatan Krembangan	629.411,26
Kecamatan Lakarsantri	579.908,97
Kecamatan Pabean Cantikan	130.821,35
Kecamatan Pakal	893.683,18
Kecamatan Sambikerep	430.955,83
Kecamatan Sawahan	1.573.639,37
Kecamatan Sukomanunggal	1.002.686,54

Kecamatan	Emisi CO_2 (ton CO_2)
Kecamatan Tandes	340.586,96
Kecamatan Tegalsari	1.142.495,52
Kecamatan Wiyung	368.536,92
Kecamatan Wonokromo	886.468,30
Total	**12.793.007,45**

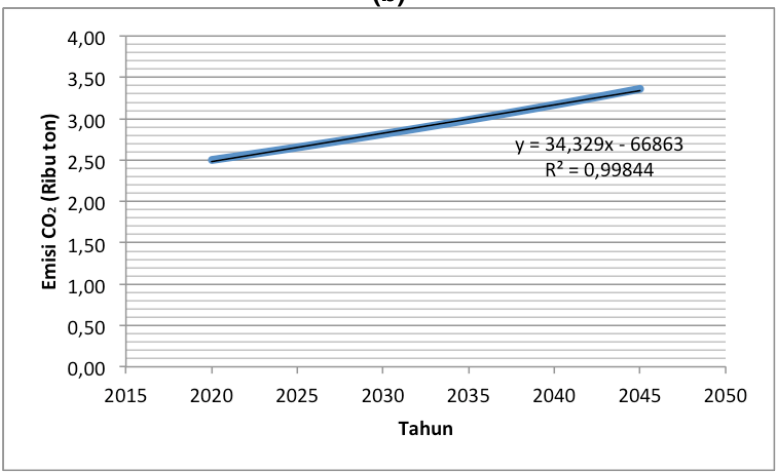
Dari hasil perhitungan proyeksi tersebut didapatkan nilai emisi CO_2 pada 25 tahun ke depan (tahun 2045) sebesar 12.793.007,4 ton CO_2 atau sekitar 3,3 kali lipat lebih besar dari emisi CO_2 yang dihasilkan pada tahun 2020. Hal ini dikarenakan sektor transportasi, permukiman, dan perindustrian yang semakin berkembang di masa depan sehingga emisi CO_2 yang dihasilkan juga akan semakin tinggi, berbanding lurus dengan banyaknya produsen emisi tersebut. Hasil proyeksi emisi CO_2 pada tiap sektor selama 25 tahun dirangkum pada Gambar 5.1 berikut.



(a)



(b)



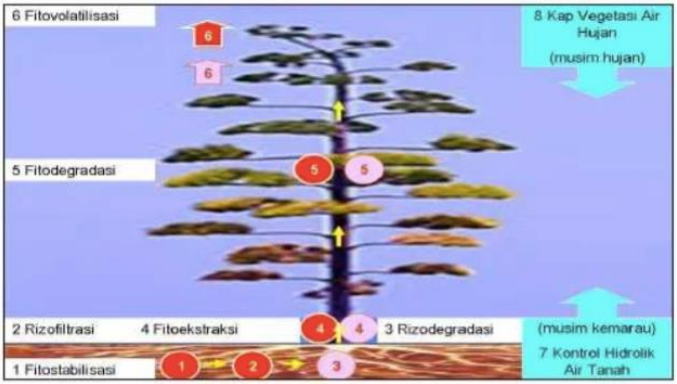
(c)

Gambar 5.1 Emisi CO_2 Zona Barat Kota Surabaya Pada Tahun 2020 - 2045
(a) Sektor Permukiman
(b) Sektor Transportasi
(c) Sektor Industri

Gambar 5.1 menunjukkan penaikan emisi CO_2 pada masing masing ketiga sektor di Zona Barat Kota Surabaya, dengan penaikan yang paling signifikan pada sektor transportasi yang ditunjukkan pada Gambar (b). Gambar tersebut menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan pesat pada emisi CO_2 sektor transportasi, yaitu sebesar 504% atau 5 kali lipat lebih besar selama 25 tahun. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2011) dalam Nurdjanah (2015) pertumbuhan pesat emisi tersebut salah satunya karena faktor perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang signifikan (eksponensial), yang apabila tanpa adanya tindakan untuk mengurangi intensitas karbon tersebut akan berpengaruh terhadap perubahan iklim. Pertumbuhan emisi CO_2 berikutnya diikuti oleh emisi yang berasal dari sektor permukiman (a) yang mengalami kenaikan sebesar 146%, dan emisi dari sektor industri (c) yang mengalami kenaikan sebesar 134%.

5.2 Ruang Terbuka Hijau Zona Barat Kota Surabaya

Penataan luas dan sebaran RTH ditujukan untuk menyerap karbondioksida dari hasil aktivitas manusia untuk mencegah dampak lingkungan yang buruk, melalui proses yang terdapat pada struktur tanaman atau fitoproses. Prinsip fitoproses tersebut memanfaatkan proses yang terjadi pada tumbuhan dalam pengolahan kontaminan (Widowati, 2008).



Gambar 5.2 Ragam Fitoproses Pada Tumbuhan
Sumber: Mangkoedihardjo, 2008

Dalam hal mereduksi CO_2 terdapat fitoproses yang terjadi, antaralain adalah proses fitosequestrasi, fitodegradasi, dan fitovolatilisasi. Karbon dioksida diserap oleh tumbuhan melalui stomata, kemudian tumbuhan melakukan proses fitosequestrasi pada tumbuhan tersebut. Proses fitosequestrasi sebenarnya merupakan bagian dari proses fitoekstraksi yang secara khusus menyerap dan menyimpan zat ke dalam sistem tumbuhan, dimana proses ini bekerja umumnya untuk udara, misalnya CO_2. Dalam pengertiannya sendiri, fitoekstraksi merupakan proses pengambilan kontaminan dan terdistribusi ke dalam berbagai organ tumbuhan (Mangkoedihardjo, 2008). Pada proses ini, emisi CO_2 diserap oleh tumbuhan melalui stomata yang berada pada bagian epidermis atas dan bawah pada daun tumbuhan.

Fitoproses yang terjadi selanjutnya yaitu fitodegradasi, dimana terjadi penguraian kontaminan yang telah terserap oleh tumbuhan dengan proses metabolisme atau proses enzimatik pada tumbuhan tersebut (Mangkoedihardjo, 2008). Dalam proses ini, CO_2 yang telah diserap oleh tumbuhan digunakan untuk proses fotosintesis, pada proses tersebut CO_2 berikatan dengan molekul organik yang kemudian akan mereduksi karbon yang telah terfiksasi tersebut menjadi karbohidrat dengan penambahan elektron. Reaksi tersebut dapat ditunjukkan dengan persamaan $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$.

Setelah mengalami fitodegradasi, emisi karbon tersebut kemudian akan mengalami proses fitovolatilisasi yang merupakan proses pelepasan kontaminan ke udara setelah terserap oleh tumbuhan. Kontaminan yang terserap tersebut dapat berubah struktur kimia nya sebelum lepas ke udara, pada emisi karbon ini struktur kimia karbon dioksida (CO_2) setelah mengalami proses akan berubah struktur kimia nya menjadi gugus karbohidrat dan oksigen, dan oksigen tersebut yang akan dilepaskan ke udara (Mangkoedihardjo, 2008). Proses fitovolatilisasi dipengaruhi oleh transpirasi, dimana tumbuhan menyerap air tanah dan akan mengeluarkannya sebagai uap air pada stomata daun tumbuhan dan mempengaruhi proses buka-tutup pada stomata. Proses buka-tutup stomata ini juga berperan sebagai media masuknya CO_2 ke dalam tumbuhan dan keluarnya O_2 sebagai produk dari proses fotosintesis.

Ruang terbuka hijau di Zona Barat Kota Surabaya terdiri atas RTH Taman dan Jalur Hijau, RTH Hutan Kota, RTH dari Fasilitas Umum, RTH Lapangan dan Stadion, RTH Telaga, Waduk, dan Boezem, serta RTH Makam, difungsikan sebagai kawasan hijau yang difungsikan secara ekologis dan estetika. Menurut PermenPU No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, proporsi RTH publik di kawasan perkotaan adalah sebesar 20%, terdiri dari 12,5% taman kota, 6% jalur hijau, dan 1,5% lainnya.

5.2.1 Jumlah RTH Publik Eksisting Zona Barat Kota Surabaya

Dalam menentukan jumlah RTH publik eksisting Zona Barat Kota Surabaya, data yang didapatkan berasal dari data sekunder dari berbagai macam sumber, yaitu data sekunder Rekap RTH Taman Aktif dan Pasif Tahun 2019 yang didapatkan dari DKRTH Kota Surabaya, buku Publikasi Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya 2018 (Publikasi KEHATI) oleh DLH Kota Surabaya, Laporan IKPLHD Tahun 2018 oleh DLH Kota Surabaya, serta data sekunder dari publikasi Surabaya Dalam Angka oleh BPS Kota Surabaya. Data tersebut kemudian diolah menggunakan serangkaian perhitungan untuk menentukan jumlah RTH publik eksisting Zona Barat Kota Surabaya.

1. RTH Taman dan Jalur Hijau

Data mengenai RTH Taman dan Jalur hijau di Zona Barat Kota Surabaya ini didapatkan dari DKRTH Kota Surabaya yang selengkapnya terlampir pada Lampiran C. RTH Taman dan Jalur Hijau yang dikelola dan terdata oleh DKRTH Kota Surabaya di Zona Barat Kota Surabaya dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya

No.	KECAMATAN	JENIS RTH	LUAS (m^2)
1	Benowo	Taman Aktif	2.070
		Taman Pasif	3.247
Total			**5317**

No.	KECAMATAN	JENIS RTH	LUAS (m^2)
2	Dukuh Pakis	Taman Aktif	118
		Taman Pasif	77.125
Total			**77.243**
3	Genteng	Taman Aktif	26.945
		Taman Pasif	5.461
Total			**32.406**
4	Karangpilang	Taman Pasif	641
Total			**641**
5	Krembangan	Taman Aktif	6.813
		Taman Pasif	31.167
Total			**37.980**
6	Lakarsantri	Taman Aktif	334
		Taman Pasif	30
Total			**364**
7	Pabean Cantikan	Taman Aktif	292
		Taman Pasif	5.883
Total			**6.175**
8	Pakal	Taman Aktif	7.919
		Taman Pasif	114.928
Total			**122.848**
9	Sambikerep	Taman Aktif	992
		Taman Pasif	1.158
Total			**2.150**
10	Sawahan	Taman Aktif	5.061
		Taman Pasif	19.647
Total			**24.708**
11	Sukomanunggal	Taman Aktif	2.128
		Taman Pasif	56.453
Total			**58.581**
12	Tandes	Taman Aktif	4.565
		Taman Pasif	44.680
Total			**49.246**
13	Tegalsari	Taman Pasif	42.691
Total			**42.691**
14	Wiyung	Taman Aktif	5.069
		Taman Pasif	8.501
Total			**13.570**
15	Wonokromo	Taman Aktif	28.111
		Taman Pasif	56.000
Total			**84.111**

No.	KECAMATAN	JENIS RTH	LUAS (m^2)
Luas RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya			**558.030**

Sumber: DKRTH Kota Surabaya, 2019

Menurut DKRTH Kota Surabaya (2019), RTH Taman dan Jalur Hijau Kota Surabaya yang terdata adalah seluas 1.506.118,90 m^2 atau seluas 150,6 ha. Data RTH Taman dan Jalur Hijau oleh DKRTH tahun 2019 tersebut belum dapat merepresentasikan total luas seluruh RTH Taman dan Jalur Hijau di Kota Surabaya karena tidak semua RTH Taman dan Jalur hijau tersebut terdata secara rinci, mengacu pada total luas nya yang tidak sesuai dengan jumlah luas total aktual RTH taman berdasarkan buku Publikasi Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya 2018 (Publikasi KEHATI) yang dapat dilihat pada Tabel 2.2, di mana total luasan tersebut jauh lebih luas dari data yang diperoleh DKRTH, yaitu RTH taman sebesar 1.646,1 ha. Maka dari itu, untuk mengasumsikan luas total aktual dari RTH Taman dan Jalur Hijau di Zona Barat Kota Surabaya dilakukan analogi dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

- Luas RTH Taman dan Jalur hijau Kecamatan Benowo:
  = 5317 m^2
- Luas total RTH Taman dan Jalur Hijau Kota Surabaya menurut Data DKRTH 2019
  = 1.506.118,90 m^2
- Persen luas RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya
  = $\frac{5317\ m^2}{1.506.118{,}90\ m^2} = \mathbf{0{,}0035}\%$
- Luas total RTH Taman dan Jalur Hijau Kota Surabaya menurut Publikasi KEHATI = 1646,10 ha
- Sehingga dapat dihitung Luas RTH Taman dan Jalur hijau Kecamatan Benowo
  = 0,0035% x 1646,10 ha = 5,81 ha

Hasil Perhitungan untuk luas RTH taman dan jalur hijau pada kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Luas RTH Taman dan Jalur Hijau di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)
Kecamatan Asemrowo	0,00
Kecamatan Benowo	5,81
Kecamatan Bubutan	0,00
Kecamatan Dukuh Pakis	84,42
Kecamatan Genteng	35,42
Kecamatan Karangpilang	0,70
Kecamatan Krembangan	41,51
Kecamatan Lakarsantri	0,40
Kecamatan Pabean Cantikan	6,75
Kecamatan Pakal	134,27
Kecamatan Sambikerep	2,35
Kecamatan Sawahan	27,00
Kecamatan Sukomanunggal	64,03
Kecamatan Tandes	53,82
Kecamatan Tegalsari	46,66
Kecamatan Wiyung	14,83
Kecamatan Wonokromo	91,93
Total	**609,89**

Tabel 5.26 menunjukkan bahwa jumlah luas RTH Taman dan Jalur hijau Zona Barat Kota Surabaya adalah sebesar 609,89 ha. Daerah yang memiliki RTH Publik paling tinggi adalah RTH di daerah Kecamatan Pakal, yaitu sebesar 134,27 ha, sedangkan daerah yang memiliki luas RTH paling kecil adalah Kecamatan Lakarsantri, yaitu sebesar 0,4 m^2. Terdapat juga kecamatan yang tidak memiliki RTH Taman dan Jalur Hijau yang dikelola oleh pemerintah, yaitu Kecamatan Asemrowo dan Kecamatan Bubutan.

2. RTH Hutan Kota

Data mengenai RTH Hutan Kota per kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya didapatkan dari data sekunder Laporan IKPLHD Kota Surabaya oleh DLH Kota Surabaya. Luas masing – masing hutan kota di Zona Barat Kota Surabaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.27 Berikut

Tabel 5.27 RTH Hutan Kota di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas (ha)
Kecamatan Lakarsantri	3,28
Kecamatan Pakal	12,4
Kecamatan Wiyung	4,3
Total	**19,98**

Sumber: DLH Kota Surabaya, 2018

Tabel 5.27 menunjukkan bahwa jumlah luas RTH Hutan Kota di Zona Barat Kota Surabaya adalah sebesar 19,98 ha dan tersebar pada 3 kecamatan. Daerah yang memiliki RTH hutan kota paling besar adalah Kecamatan Pakal, yaitu seluas 12,4 ha.

3. RTH Fasilitas Umum

Data mengenai RTH Fasilitas Umum didapatkan Publikasi Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya 2018 (Publikasi KEHATI), yang dapat dilihat pada Tabel 2.2. Untuk menentukan luas masing – masing RTH Fasilitas Umum pada tiap kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya, RTH Fasilitas Umum ini diasumsikan merata pada masing masing daerah kecamatan dan dihitung porsi nya berdasarkan luas masing – masing daerah kecamatan tersebut. Contoh perhitungan Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

- Luas Kota Surabaya = 326,81 km^2
- Luas Kecamatan Asemrowo = 15,44 km^2
- Luas RTH Fasilitas Umum Kota Surabaya = 205,5 ha
- Luas RTH Fasilitas Umum Kecamatan Asemrowo

  $= \frac{15{,}44\ km^2}{326{,}81\ km^2}\ x\ 205{,}5\ ha = 9{,}71\ ha$

Hasil perhitungan untuk luas RTH Fasilitas Umum pada kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 RTH Fasilitas Umum di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)
Kecamatan Asemrowo	9,71
Kecamatan Benowo	14,92
Kecamatan Bubutan	2,43

Kecamatan	Luas RTH (ha)
Kecamatan Dukuh Pakis	6,25
Kecamatan Genteng	1,51
Kecamatan Karangpilang	5,80
Kecamatan Krembangan	5,24
Kecamatan Lakarsantri	11,94
Kecamatan Pabean Cantikan	3,60
Kecamatan Pakal	13,88
Kecamatan Sambikerep	14,89
Kecamatan Sawahan	4,36
Kecamatan Sukomanunggal	5,80
Kecamatan Tandes	6,96
Kecamatan Tegalsari	2,70
Kecamatan Wiyung	7,83
Kecamatan Wonokromo	2,06
Total	**205,5**

Tabel 5.28 menunjukkan bahwa jumlah luas RTH Fasilitas Umum di Zona Barat Kota Surabaya adalah sebesar 205,5 ha dan tersebar merata pada masing masing kecamatan. Daerah yang memiliki RTH fasilitas umum paling besar adalah Kecamatan Benowo, yaitu seluas 14,92 ha.

4. RTH Lapangan dan Stadion

Data mengenai RTH Lapangan dan Stadion didapatkan Publikasi Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya 2018 (Publikasi KEHATI), yang dapat dilihat pada Tabel 2.2. Sama seperti menentukan luas masing – masing RTH Fasilitas Umum pada tiap kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya, RTH Lapangan dan Stadion ini diasumsikan merata pada masing masing daerah kecamatan dan dihitung porsi nya berdasarkan luas masing – masing daerah kecamatan tersebut. Contoh perhitungan Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

- Luas Kota Surabaya = 326,81 km^2
- Luas Kecamatan Asemrowo = 15,44 km^2
- Luas RTH Lapangan dan Stadion Kota Surabaya = 355,35 ha
- Luas RTH Lapangan dan Stadion Kecamatan Asemrowo

$$= \frac{15{,}44\ km^2}{326{,}81\ km^2}\ x\ 355{,}35\ ha = 16{,}78\ ha$$

Hasil perhitungan untuk luas RTH Lapangan dan Stadion pada kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 RTH Lapangan dan Stadion di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)
Kecamatan Asemrowo	16,79
Kecamatan Benowo	25,80
Kecamatan Bubutan	4,20
Kecamatan Dukuh Pakis	10,81
Kecamatan Genteng	2,61
Kecamatan Karangpilang	10,04
Kecamatan Krembangan	9,07
Kecamatan Lakarsantri	20,65
Kecamatan Pabean Cantikan	6,23
Kecamatan Pakal	24,00
Kecamatan Sambikerep	25,75
Kecamatan Sawahan	7,54
Kecamatan Sukomanunggal	10,04
Kecamatan Tandes	12,04
Kecamatan Tegalsari	4,66
Kecamatan Wiyung	13,55
Kecamatan Wonokromo	3,57
Total	**207,32**

Tabel 5.29 menunjukkan bahwa jumlah luas RTH Lapangan dan Stadion di Zona Barat Kota Surabaya adalah sebesar 207,32 ha dan tersebar merata pada masing masing kecamatan. Daerah yang memiliki RTH Lapangan dan Stadion paling besar adalah Kecamatan Sambikerep, yaitu seluas 25,8 ha.

5. RTH Telaga / Waduk / Boezem

Data mengenai RTH Telaga / Waduk / Boezem per kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya didapatkan dari data sekunder Publikasi Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya 2018 (Publikasi KEHATI) oleh DLH Kota

Surabaya. Luas masing – masing RTH Telaga, Waduk, dan Boezem di Zona Barat Kota Surabaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.30 Berikut

Tabel 5.30 RTH Telaga, Waduk, dan Boezem di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)
Kecamatan Benowo	0,88
Kecamatan Dukuh Pakis	0,50
Kecamatan Karangpilang	14,35
Kecamatan Krembangan	25,89
Kecamatan Lakarsantri	5,41
Kecamatan Sambikerep	2,1
Kecamatan Sukomanunggal	0,4
Kecamatan Wiyung	5,32
Total	**54,87**

Sumber: DLH Kota Surabaya, 2018

Tabel 5.30 menunjukkan bahwa jumlah luas RTH Telaga, Waduk, dan Boezem di Zona Barat Kota Surabaya adalah sebesar 54,87 ha dan tersebar pada 8 kecamatan. Daerah yang memiliki RTH Telaga, Waduk, dan Boezem paling besar adalah Kecamatan Krembangan, yaitu seluas 25,89 ha.

6. RTH Pemakaman

Data mengenai RTH Pemakaman di Zona Barat Kota Surabaya didapatkan dari data sekunder publikasi Surabaya Dalam Angka 2019 oleh BPS Kota Surabaya. Luas masing – masing RTH Pemakaman di Zona Barat Kota Surabaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.31 Berikut

Tabel 5.31 RTH Pemakaman di Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)
Kecamatan Bubutan	16,8
Kecamatan Krembangan	7,0
Kecamatan Pakal	9,32
Kecamatan Sawahan	50,7
Kecamatan Sukomanunggal	14
Total	**97,82**

Sumber: BPS Kota Surabaya, 2019

Tabel 5.31 menunjukkan bahwa jumlah luas RTH Pemakaman di Zona Barat Kota Surabaya adalah sebesar 97,82 ha dan tersebar pada 5 kecamatan. Daerah yang memiliki RTH Pemakaman paling besar adalah Kecamatan Sawahan, yaitu seluas 50,7 ha.

7. RTH Kawasan Lindung

Zona Barat Kota Surabaya memiliki RTH Kawasan Lindung berupa Kebun Binatang Surabaya yang terletak di Kecamatan Wonokromo dengan luas 15 ha. (DLH, 2018)

Setelah ditentukan luas RTH publik pada masing – masing kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya, luas RTH tersebut dapat dirangkum pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Luas RTH Zona Barat Kota Surabaya

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Luas (ha)
1	Kecamatan Asemrowo	Fasilitas Umum	9,71
		Lapangan & Stadion	15,44
	Total		25,15
2	Kecamatan Benowo	Taman & Jalur Hijau	5,81
		Fasilitas Umum	14,92
		Lapangan & Stadion	23,73
		Waduk & Boezem	0,88
	Total		45,34
3	Kecamatan Bubutan	Fasilitas Umum	2,43
		Lapangan & Stadion	3,86
		Makam	16,80
	Total		23,09
4	Kecamatan Dukuh Pakis	Taman & Jalur Hijau	84,42
		Fasilitas Umum	6,25
		Lapangan & Stadion	9,94
		Waduk & Boezem	0,51
	Total		101,12
5	Kecamatan Genteng	Taman & Jalur Hijau	35,42
		Fasilitas Umum	1,51
		Lapangan & Stadion	2,40
	Total		39,33
6	Kecamatan Karangpilang	Taman & Jalur Hijau	0,70
		Fasilitas Umum	5,80

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Luas (ha)
		Lapangan & Stadion	9,23
		Waduk & Boezem	14,35
	Total		30,08
7	Kecamatan Krembangan	Taman & Jalur Hijau	41,51
		Fasilitas Umum	5,24
		Lapangan & Stadion	8,34
		Waduk & Boezem	25,89
		Makam	7,00
	Total		87,98
8	Kecamatan Lakarsantri	Taman & Jalur Hijau	0,40
		Hutan Kota	3,28
		Fasilitas Umum	11,94
		Lapangan & Stadion	18,99
		Waduk & Boezem	5,42
	Total		40,02
9	Kecamatan Pabean Cantikan	Taman	6,75
		Fasilitas Umum	3,60
		Lapangan & Stadion	5,73
	Total		16,08
10	Kecamatan Pakal	Taman & Jalur Hijau	134,27
		Hutan Kota	12,40
		Fasilitas Umum	13,88
		Lapangan & Stadion	22,07
		Makam	9,33
	Total		191,94
11	Kecamatan Sambikerep	Taman & Jalur Hijau	2,35
		Fasilitas Umum	14,89
		Lapangan & Stadion	23,68
		Waduk & Boezem	2,10
	Total		43,02
12	Kecamatan Sawahan	Taman & Jalur Hijau	27,00
		Fasilitas Umum	4,36
		Lapangan & Stadion	6,93
		Makam	50,70
	Total		88,99
13	Kecamatan Sukomanunggal	Taman & Jalur Hijau	64,03
		Fasilitas Umum	5,80
		Lapangan & Stadion	9,23
		Waduk & Boezem	0,40
		Makam	14,00

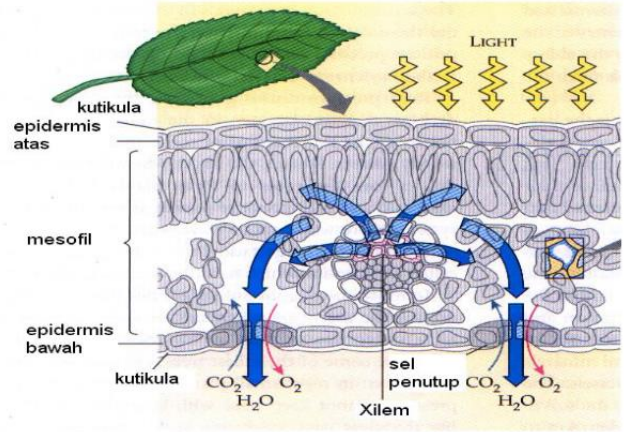
No.	Kecamatan	Jenis RTH	Luas (ha)
	Total		93,46
14	Kecamatan Tandes	Taman & Jalur Hijau	53,82
		Fasilitas Umum	6,96
		Lapangan & Stadion	11,07
	Total		71,85
15	Kecamatan Tegalsari	Taman & Jalur Hijau	46,66
		Fasilitas Umum	2,70
		Lapangan & Stadion	4,29
	Total		53,65
16	Kecamatan Wiyung	Taman & Jalur Hijau	14,83
		Hutan Kota	4,30
		Fasilitas Umum	7,83
		Lapangan & Stadion	12,46
		Waduk & Boezem	5,32
	Total		44,75
17	Kecamatan Wonokromo	Taman & Jalur Hijau	91,93
		Fasilitas Umum	2,06
		Lapangan & Stadion	3,28
		Kawasan Lindung	15,00
	Total		112,27
Total			**1108,13**

Tabel 5.32 menunjukkan bahwa luas total RTH publik di Zona Barat Kota Surabaya adalah seluas 1108,13 ha. Daerah yang memiliki luas RTH publik paling besar adalah daerah Kecamatan Pakal yang memiliki luas RTH publik sebesar 191,94 ha, sendangkan daerah yang memiliki RTH publik paling kecil adalah Kecamatan Pabean Cantikan dengan RTH publik sebesar 16,08 ha.

5.2.2 Daya Serap RTH Eksisting Zona Barat Kota Surabaya

Tiap tumbuhan pada RTH eksisting memiliki kemampuan daya serap terhadap emisi CO_2. Penyerapan CO_2 pada tanaman merupakan kemampuan suatu tanaman untuk menyerap emisi tersebut melalui pori stomata yang banyak terdapat pada permukaan daun tumbuhan (Salisbury & Ross, 1995). Karbondioksida tersebut nantinya akan digunakan dalam proses fotosintesis oleh tanaman untuk mendapatkan energi dan

merubahnya dalam bentuk gugus gula dan oksigen. Menurut Purwaningsih (2007), Proses fotosintesis tersebut dapat digunakan sebagai parameter untuk menghitung kemampuan tanaman dalam menyerap CO_2 karena jumlah massa karbon dioksida dalam proses fotosintesis berbanding lurus dengan jumlah karbon yang terikat dalam karbohidrat selama fotosintesis, ditunjukkan pada persamaan reaksi fotosintesis $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$. Proses fotosintesis terjadi pada bagian tumbuhan yang memiliki banyak zat hijau / klorofil, yaitu pada bagian daun tumbuhan.



Gambar 5.3 Jaringan Daun
Sumber: Suyitno, 2006

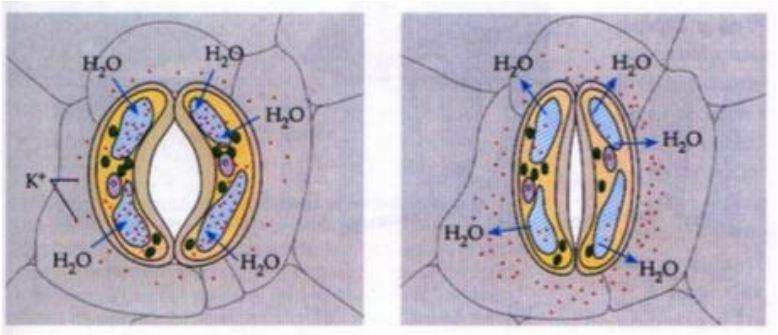
Tumbuhan menyerap dan mengeluarkan zat – zat dari lingkungannya. Tumbuhan memiliki alat khusus untuk melakukan pertukaran zat tersebut, salahsatunya adalah stomata. Stomata merupakan suatu modifikasi sel epidermis daun. Strukturnya sangat bervariasi pada antar tumbuhan apabila dibandingkan dengan variasi lingkungan hidup masing masing tumbuhan tersebut karena stomata menunjukkan kemampuan adaptifnya dalam perubahan lingkungannya. Stomata berada di bagian epidermis atas dan bawah daun, namun jumlahnya lebih banyak berada di epidermis bawah daun. Hal ini disebabkan pada epidermis atas daun dilapisi kutikula yang berfungsi menahan

agar kadar air pada daun tidak banyak menguap ketika terpapar sinar matahari di siang hari. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Steven (2006), jumlah stomata berpengaruh terhadap daya serap karbon dioksida dan tiap jenis tanaman memiliki daya serap yang berbeda karena dipengaruhi oleh luas daun dan ketebalan relatif daun.

Suyitno (2006) menjelaskan bahwa stomata tersusun atas dua sel penutup dan beberapa sel tetangga yang mengelilinginya. Di antara sel penutup, terdapat rongga atau ruang stomata yang menghubungkan dengan ruang antar sel pada mesofil daun. Pada saat penyerapan gas, gas dari atmosfer masuk ke ruang stomata melalui stomata secara difusi. Adanya gradien tekanan gas secara parsial dan beda potensial kimia gas antara atmosfer dan ruang stoma mendorong gas gas di sekeliling stomata tersebut masuk ke dalam mesofil daun untuk selanjutnya diproses oleh tumbuhan dalam fotosintesis. Pada sianghari, ketika stomata pada daun membuka, gas CO_2 di sekeliling daun masuk ke dalam bagian mesofil daun karena tekanan parsial CO_2 pada atmosfer lebih besar apabila dibandingkan dengan tekanan parsial pada ruang antar sel dan stoma, dalam mekanisme inilah proses difusi terjadi. Pada saat yang bersamaan, O_2 yang telah dihasilkan oleh tumbuhan mengalir keluar karena tekanan parsial O_2 di ruang antar sel lebih besar daripada atmosfer. Selain itu, uap air (H_2O) yang merupakan sisa metabolisme tumbuhan juga mengalir keluar sehingga kehilangan air tersebut mengtur tingkat konduktivitas / mekanisme buka-tutup stomata.

Mekanisme buka-tutup stomata terjadi karena perubahan tekanan turgor pada sel penutup stomata. Tekanan turgor terbentuk oleh adanya aliran air dari sel tetangga atau sel – sel sekitar stomata tersebut. Keluar – masuk nya air dari dan ke sel penutup stomata dipengaruhi oleh peristiwa osmosis, masuknya air secara osmosis ke sel penutup membuat stomata membuka, sebaliknya, keluarnya air dari sel penutup ke sel tetangga akan mengakibatkan sel stomata tertutup. Tidak hanya itu, banyak faktor kondisi lingkungan yang mempengaruhi aktivitas buka-tutup nya stomata, diantaranya adalah

konsenterasi CO_2, suhu, kelembapan udara, intensitas pencahayaan, dan kecepatan angin.



Gambar 5.4 Proses Membuka dan Menutupnya Stomata
Sumber: Suyitno, 2006

Dalam proses penentuan daya serap CO_2 pada RTH publik eksisting yang berada di Zona Barat Kota Surabaya dihitung berdasarkan luas RTH yang telah disajikan pada Tabel 5.32. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui kemampuan RTH publik dalam menyerap emisi CO_2 per satuan luas. Tahap – tahap dalam menentukan daya serap RTH tersebut adalah sebagai berikut:

1. **Menentukan laju serapan CO_2 RTH**
   Menentukan nilai laju serapan vegetasi terhadap CO_2 dihitung berdasarkan hubungan antara laju serapan dan luas tajuk pohon / RTH yang diformulasikan secara matematis pada Persamaan 3.8. Dalam perhitungan ini menggunakan Intensitas cahaya yang disesuaikan dengan iklim Kota Surabaya, yaitu iklim tropis, maka digunakan intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang dapat dilihat pada Tabel 3.9. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

   - I (Bulan Januari) = 409,3 watt/m^2
   - $S = 0{,}2278 \times e^{(0{,}0048 \times 409{,}3)}$
   - 1,6251 µg/cm^2/menit
   - $2{,}71 \times 10^{-8}$ g/cm^2/detik

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.33 Laju Serapan CO_2 oleh RTH

Bulan	I	S	S
	watt/m^2	µg/cm^2/menit	g/cm^2/detik
Januari	409,34	1,625	2,708 x 10^{-8}
Februari	467,06	2,143	3,573 x 10^{-8}
Maret	425,83	1,758	2,931 x 10^{-8}
April	424,86	1,750	2,917 x 10^{-8}
Mei	389,46	1,477	2,461 x 10^{-8}
Juni	389,46	1,477	2,461 x 10^{-8}
Juli	384,12	1,439	2,399 x 10^{-8}
Agustus	397,70	1,536	2,561 x 10^{-8}
September	432,14	1,813	3,021 x 10^{-8}
Oktober	420,01	1,710	2,851 x 10^{-8}
November	423,41	1,738	2,897 x 10^{-8}
Desember	402,07	1,569	2,615 x 10^{-8}
Rata-rata			**2,783 x 10^{-8}**

Sumber: Murti (2015)

Setelah dilakukan perhitungan akan diperoleh hasil rata – rata serapan CO_2 oleh RTH, yaitu sebesar 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik. Laju serapan ini akan digunakan sebagai salah satu faktor pengali untuk menentukan laju serapan CO_2 oleh RTH yang menggunakan pendekatan luasan area. Selain itu, digunakan pula laju serapan yang sebagai faktor pengali sesuai jenis tutupan lahan tergantung pada masing – masing jenis RTH. Laju serapan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.8

2. Menentukan Daya Serap CO_2 RTH Publik Eksisting

Daya serap CO_2 RTH publik Zona Barat Kota Surabaya dilakukan berdasarkan pendekatan luas RTH tersebut dengan menggunakan Persamaan 3.9. Kerapatan tajuk dalam satu area RTH publik ditentukan secara penilaian visual berdasarkan ketebalan tutupan daun dari pohon tersebut yang membentuk kanopi, yang mengacu pada Gambar 3.1. Penentuan kerapatan tajuk tersebut diasumsikan berdasarkan hasil survei menggunakan Google Earth. Berikut merupakan

contoh perhitungan daya serap masing – masing RTH Publik Eksisting.

a. Daya Serap RTH Taman dan Jalur Hijau

Pada perhitungan daya serap RTH Taman dan Jalur Hijau diasumsikan kerapatan tajuk yaitu sebesar 100%.

(a) **(b)**

Gambar 5.5 Kerapatan Tajuk pada RTH
(a) Taman Kota; (b) Jalur Hijau
Sumber: *Google Earth*

Contoh perhitungan daya serap pada Kecamatan Benowo adalah sebagai berikut:

- Luas RTH Taman dan Jalur Hijau Kecamatan Benowo = 5,81 ha = 5.810.000.000 cm^2
- %Kerapatan = 100%
- S = 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik
- Daya Serap Area = 5.810.000.000 cm^2 x 100% x 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik = 16,175 g CO_2/detik = 507,196 ton CO_2/tahun

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5. 34 Daya Serap RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Asemrowo	0,00	0,00	0,00

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Benowo	5,81	16,18	507,20
Bubutan	0,00	0,00	0,00
Dukuh Pakis	84,42	234,98	7.368,14
Genteng	35,42	98,58	3.091,16
Karangpilang	0,70	1,95	61,11
Krembangan	41,51	115,54	3.622,87
Lakarsantri	0,40	1,11	34,76
Pabean Cantikan	6,75	18,79	589,05
Pakal	134,27	373,72	11.718,38
Sambikerep	2,35	6,54	205,10
Sawahan	27,00	75,16	2.356,84
Sukomanunggal	64,03	178,21	5.587,99
Tandes	53,82	149,81	4.697,53
Tegalsari	46,66	129,87	4.072,26
Wiyung	14,83	41,28	1.294,46
Wonokromo	91,93	255,88	8.023,29
Total	**609,89**	**1697,61**	**53.230,15**

Tabel 5.34 diatas menunjukkan daya serap RTH Taman dan Jalur Hijau Zona Barat Kota Surabaya sebesar 53.230,15 ton CO_2/tahun. Dari tujuh belas kecamatan yang berada di daerah Zona Barat Kota Surabaya, terdapat dua kecamatan yang tidak memiliki RTH Taman dan Jalur hijau yang tidak termasuk dalam daftar RTH yang dikelola DKRTH Kota Surabaya, yaitu Kecamatan Asemrowo dan Bubutan. Daerah dengan daya serap RTH terbesar adalah Kecamatan Pakal dengan daya serap sebesar 11718,38 ton CO_2/tahun.

b. Daya Serap RTH Hutan Kota

Pada perhitungan daya serap RTH Hutan Kota diasumsikan kerapatan tajuk yaitu sebesar 100%.

Contoh perhitungan daya serap RTH Hutan kota pada Kecamatan Lakarsantri adalah sebagai berikut:

- Luas RTH Hutan Kota Kecamatan Lakarsantri = 3,28 ha = 3.280.000.000 cm^2
- %Kerapatan = 100%
- S = 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik

- Daya Serap Area = 3.280.000.000 cm^2 x 100% x 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik = 9,129 g CO_2/detik = 286,27 ton CO_2/tahun

Gambar 5.6 Kerapatan Tajuk pada RTH Hutan Kota
Sumber: *Google Earth*

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5. 35 Daya Serap RTH Hutan Kota Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Lakarsantri	3,28	9,129	286,27
Pakal	12,4	34,51	1.082,24
Wiyung	4,3	11,96	375,29
Total	**19,98**	**55,61**	**1.743,8**

Tabel 5.35 diatas menunjukkan daya serap RTH Hutan Kota Zona Barat Kota Surabaya sebesar 1.743,8 ton CO_2/tahun. Dari tujuh belas kecamatan yang berada di daerah Zona Barat Kota Surabaya, hanya terdapat tiga kecamatan yang memiliki RTH Hutan Kota yang termasuk dalam daftar RTH yang dikelola DKRTH Kota Surabaya, yaitu Kecamatan Lakarsantri, Pakal, dan Wiyung. Daerah dengan daya serap RTH Hutan Kota terbesar adalah Kecamatan Pakal dengan daya serap sebesar 1082,24 ton CO_2/tahun.

c. **Daya Serap RTH Fasilitas Umum**

Pada perhitungan daya serap RTH Fasilitas Umum diasumsikan kerapatan tajuk yaitu sebesar 60%.

Gambar 5.7 Kerapatan Tajuk RTH Fasilitas Umum
Sumber: *Google Earth*

Contoh perhitungan daya serap RTH Fasilitas Umum pada Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

- Luas RTH Fasilitas Umum Kecamatan Asemrowo = 9,71 ha = 9.710.000.000 cm^2
- %Kerapatan = 60%
- S = 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik
- Daya Serap Area = 9.710.000.000 cm^2 x 60% x 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik = 16,21 g CO_2/detik = 508,42 ton CO_2/tahun

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Daya Serap RTH Fasilitas Umum Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Asemrowo	9,71	16,21	508,42
Benowo	14,92	24,92	781,39
Bubutan	2,43	4,05	127,10
Dukuh Pakis	6,25	10,44	327,31
Genteng	1,51	2,52	79,03
Karangpilang	5,80	9,69	303,93

Krembangan	5,24	8,76	274,62
Lakarsantri	11,94	19,94	625,31
Pabean Cantikan	3,60	6,02	188,68
Pakal	13,88	23,18	726,73
Sambikerep	14,89	24,87	779,75
Sawahan	4,36	7,28	228,19
Sukomanunggal	5,80	9,69	303,93
Tandes	6,96	11,63	364,52
Tegalsari	2,70	4,51	141,26
Wiyung	7,83	13,08	410,29
Wonokromo	2,06	3,44	108,01
Total	**205,50**	**200,23**	**6.278,46**

Tabel 5.36 diatas menunjukkan daya serap RTH Fasilitas Umum Zona Barat Kota Surabaya sebesar 6278,46 ton CO_2/tahun. Dari tujuh belas kecamatan yang berada di daerah Zona Barat Kota Surabaya, daerah dengan daya serap RTH Fasilitas Umum terbesar adalah Kecamatan Benowo dengan daya serap sebesar 781,39 ton CO_2/tahun.

d. Daya Serap RTH Lapangan dan Stadion

Pada perhitungan daya serap RTH Lapangan dan Stadion menggunakan faktor pengali laju serapan padang rumput karena area lapangan dan stadion tersebut di dominasi oleh padang rumput. Laju serapan mengacu pada Tabel 3.8.

Gambar 5.8 Kerapatan Tajuk RTH Lapangan dan Stadion
Sumber: *Google Earth*

Contoh perhitungan daya serap RTH Fasilitas Umum pada Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

- Luas RTH Lapangan dan Stadion Kecamatan Asemrowo
  = 16,79 ha
- S = 0,3805 g CO_2/ha/detik
- Daya Serap Area = 16,79 ha x 0,3805 g CO_2/cm^2/detik
  = 5,88 g CO_2/detik = 184,24 ton CO_2/tahun

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Daya Serap RTH Lapangan dan Stadion Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Asemrowo	16,79	5,88	184,24
Benowo	25,80	9,03	283,16
Bubutan	4,20	1,47	46,06
Dukuh Pakis	10,81	3,78	118,61
Genteng	2,61	0,91	28,64
Karangpilang	10,04	3,51	110,14
Krembangan	9,07	3,17	99,52
Lakarsantri	20,65	7,23	226,60
Pabean Cantikan	6,23	2,18	68,37
Pakal	24,00	8,40	263,35
Sambikerep	25,75	9,01	282,57
Sawahan	7,54	2,64	82,69
Sukomanunggal	10,04	3,51	110,14
Tandes	12,04	4,21	132,09
Tegalsari	4,66	1,63	51,19
Wiyung	13,55	4,74	148,68
Wonokromo	3,57	1,25	39,14
Total	**207,32**	**72,56**	**2.275,21**

Tabel 5.37 diatas menunjukkan daya serap RTH Lapangan dan Stadion Zona Barat Kota Surabaya sebesar 2.275,21 ton CO_2/tahun. Dari tujuh belas kecamatan yang berada di daerah Zona Barat Kota Surabaya, daerah dengan daya serap RTH Lapangan dan Stadion terbesar adalah

Kecamatan Benowo dengan daya serap sebesar 283,16 ton CO_2/tahun.

e. Daya Serap RTH Telaga / Waduk / Boezem

Pada perhitungan daya serap RTH Telaga / Waduk / Boezem menggunakan faktor pengali laju serapan semak belukar karena area Telaga / Waduk / Boezem tersebut di dominasi oleh semak belukar. Laju serapan mengacu pada Tabel 3.8.

Gambar 5.9 Kerapatan Tajuk RTH Telaga / Waduk / Boezem
Sumber: *Google Earth*

Contoh perhitungan daya serap RTH Telaga / Waduk / Boezem pada Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

- Luas RTH Telaga / Waduk / Boezem Kecamatan Benowo = 0,88 ha
- S = 1,743 g CO_2/ha/detik
- Daya Serap Area = 0,88 ha x 1,743 g CO_2/cm^2/detik = 1,54 g CO_2/detik = 48,14 ton CO_2/tahun

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Daya Serap RTH Telaga / Waduk / Boezem Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Benowo	0,88	1,54	48,14
Dukuh Pakis	0,51	0,89	27,80
Karangpilang	14,35	25,03	784,72
Krembangan	25,89	45,15	1415,78
Lakarsantri	5,42	9,44	296,14
Sambikerep	2,10	3,66	114,84
Sukomanunggal	0,40	0,70	21,87
Wiyung	5,32	9,28	291,13
Total	**54,87**	**95,69**	**3.000,42**

Tabel 5.38 diatas menunjukkan daya serap RTH Telaga/Waduk/Boezem Zona Barat Kota Surabaya sebesar 3.000,42 ton CO_2/tahun. RTH Telaga / Waduk / Boezem terdapat pada delapan kecamatan yang berada di daerah Zona Barat Kota Surabaya, daerah dengan daya serap RTH Telaga / Waduk / Boezem terbesar adalah Kecamatan Krembangan dengan daya serap sebesar 3.000,42 ton CO_2/tahun.

f. Daya Serap RTH Pemakaman

Pada perhitungan daya serap RTH Pemakaman menggunakan faktor pengali laju serapan padang rumput karena area pemakaman tersebut di dominasi oleh padang rumput. Laju serapan mengacu pada Tabel 3.8.

Contoh perhitungan daya serap RTH Pemakaman pada Kecamatan Bubutan adalah sebagai berikut:

- Luas RTH Pemakaman Kecamatan Bubutan = 16,80 ha
- S = 0,3805 g CO_2/ha/detik
- Daya Serap Area = 16,80 ha x 0,3805 g CO_2/cm^2/detik = 6,39 g CO_2/detik = 200,47 ton CO_2/tahun

Gambar 5.10 Kerapatan Tajuk RTH Pemakaman
Sumber: *Google Earth*

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Daya Serap RTH Pemakaman Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas RTH (ha)	Daya Serap	
		g CO_2 / s	ton CO_2 / tahun
Bubutan	16,80	6,39	200,47
Pakal	9,33	3,55	111,28
Sawahan	50,70	19,29	604,99
Sukomanunggal	14,00	5,33	167,06
Total	**97,83**	**34,56**	**1083,80**

Tabel 5.39 diatas menunjukkan daya serap RTH Pemakaman Zona Barat Kota Surabaya sebesar 1083,80 ton CO_2/tahun. Dari tujuh belas kecamatan yang berada di daerah Zona Barat Kota Surabaya, RTH Pemakaman hanya berada pada empat kecamatan dan daerah dengan daya serap RTH Pemakaman terbesar adalah Kecamatan Sukomanunggal dengan daya serap sebesar 604,99 ton CO_2/tahun.

g. Daya Serap RTH Kawasan Lindung

Pada perhitungan daya serap RTH Kawasan Lindung diasumsikan kerapatan tajuk yaitu sebesar 100%.

Gambar 5.11 Kerapatan Tajuk RTH Kawasan Lindung
Sumber: *Google Earth*

Contoh perhitungan daya serap RTH Kawasan Lindung pada Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

Luas RTH Kawasan Lindung Zona Barat Kota Surabaya = 15 ha = 1.500.000.000 cm^2

- %Kerapatan = 100%
- S = 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik
- Daya Serap Area = 1.500.000.000 cm^2 x 100% x 2,783 x 10^{-8} g CO_2/cm^2/detik = 41,75 g CO_2/detik = 1.309,165 ton CO_2/tahun

Dari hasil perhitungan berikut dapat diketahui bahwa daya serap area RTH kawasan lindung di Zona Barat Kota Surabaya adalah sejumlah 1.309,165 ton CO_2/tahun.

Setelah dilakukan perhitungan jumlah daya serap RTH Publik eksisting di wilayah Zona Barat Kota Surabaya, total daya serap RTH tersebut dapat dijumlahkan dan dirangkum pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Daya Serap RTH Publik Eksisting Zona Barat Kota Surabaya

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Daya Serap (ton CO_2/yr)	Emisi CO_2 (ton CO_2 / tahun)	Persen Penye-rapan CO_2 (%)
1	Kecamatan Asemrowo	Fasilitas Umum	508,42	323.994,29	0,21

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Daya Serap (ton CO_2/yr)	Emisi CO_2 (ton CO_2 / tahun)	Persen Penye-rapan CO_2 (%)
		Lapangan & Stadion	184,24		
	Total		692,66		
2	Kecamatan Benowo	Taman dan Jalur Hijau	507,20	70.315,05	2,30
		Fasilitas Umum	781,39		
		Lapangan & Stadion	283,16		
		Waduk & Boezem	48,14		
	Total		1.619,89		
3	Kecamatan Bubutan	Fasilitas Umum	127,10	362.454,18	0,10
		Lapangan & Stadion	46,06		
		Makam	200,47		
	Total		373,63		
4	Kecamatan Dukuh Pakis	Taman dan Jalur Hijau	7.368,14	63.453,84	12,36
		Fasilitas Umum	327,31		
		Lapangan & Stadion	118,61		
		Waduk & Boezem	27,80		
	Total		7.841,86		
5	Kecamatan Genteng	Taman dan Jalur Hijau	3.091,16	238.674,51	1,34
		Fasilitas Umum	79,03		
		Lapangan & Stadion	28,64		
	Total		3.198,82		
6	Kecamatan Karangpilang	Taman dan Jalur Hijau	61,11	507.522,67	0,25
		Fasilitas Umum	303,93		
		Lapangan & Stadion	110,14		
		Waduk & Boezem	784,72		
	Total		1.259,90		

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Daya Serap (ton CO_2/yr)	Emisi CO_2 (ton CO_2 / tahun)	Persen Penye-rapan CO_2 (%)
7	Kecamatan Krembangan	Taman dan Jalur Hijau	3.622,87	279.527,54	1,97
		Fasilitas Umum	274,62		
		Lapangan & Stadion	99,52		
		Waduk & Boezem	1.415,78		
		Makam	83,53		
	Total		5.496,32		
8	Kecamatan Lakarsantri	Taman dan Jalur Hijau	34,76	281.387,28	0,52
		Hutan Kota	286,27		
		Fasilitas Umum	625,31		
		Lapangan & Stadion	226,60		
		Waduk & Boezem	296,14		
	Total		1.469,08		
9	Kecamatan Pabean Cantikan	Taman dan Jalur Hijau	589,05	117.110,55	0,72
		Fasilitas Umum	188,68		
		Lapangan & Stadion	68,37		
	Total		846,10		
10	Kecamatan Pakal	Taman dan Jalur Hijau	11.718,38	139.664,01	9,95
		Hutan Kota	1.082,24		
		Fasilitas Umum	726,73		
		Lapangan & Stadion	263,35		
		Makam	111,28		
	Total		13.902		
11	Kecamatan Sambikerep	Taman dan Jalur Hijau	205,10	154.935,05	0,89
		Fasilitas Umum	779,75		
		Lapangan & Stadion	282,57		

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Daya Serap (ton CO_2/yr)	Emisi CO_2 (ton CO_2 / tahun)	Persen Penye-rapan CO_2 (%)
		Waduk & Boezem	114,84		
	Total		1.382,25		
12	Kecamatan Sawahan	Taman dan Jalur Hijau	2.356,84	295.658,30	1,11
		Fasilitas Umum	228,19		
		Lapangan & Stadion	82,69		
		Makam	604,99		
	Total		3.272,72		
13	Kecamatan Sukomanunggal	Taman dan Jalur Hijau	5.587,99	253.825,21	2,44
		Fasilitas Umum	303,93		
		Lapangan & Stadion	110,14		
		Waduk & Boezem	21,87		
		Makam	167,06		
	Total		6.190,99		
14	Kecamatan Tandes	Taman dan Jalur Hijau	4.697,53	232.706	2,23
		Fasilitas Umum	364,52		
		Lapangan & Stadion	132,09		
	Total		5.194,14		
15	Kecamatan Tegalsari	Taman dan Jalur Hijau	4.072,26	169.839,58	2,51
		Fasilitas Umum	141,26		
		Lapangan & Stadion	51,19		
	Total		4.264,71		
16	Kecamatan Wiyung	Taman dan Jalur Hijau	1.294,46	228.812,79	1,10
		Hutan Kota	375,29		
		Fasilitas Umum	410,29		
		Lapangan & Stadion	148,68		

No.	Kecamatan	Jenis RTH	Daya Serap (ton CO_2/yr)	Emisi CO_2 (ton CO_2 / tahun)	Persen Penye-rapan CO_2 (%)
		Waduk & Boezem	291,13		
	Total		2.519,86		
17	Kecamatan Wonokromo	Taman dan Jalur Hijau	8.023,29	144.955,20	6,54
		Fasilitas Umum	108,01		
		Lapangan & Stadion	39,14		
		Kawasan Lindung	1.309,17		
	Total		9.479,60		
Total			**69.004,54**	**3.864.836**	**46,55**

Tabel 5.40 menunjukkan bahwa kemampuan daya serap RTH publik di Zona Barat Kota Surabaya terhadap emisi CO_2 adalah sebesar 69.004,54 ton CO_2 / tahun, dimana nilai tersebut mencakup total 46,55% dari emisi CO_2 yang dihasilkan pada tiap kecamatannya masing - masing. Daerah yang memiliki persen penyerapan CO_2 paling tinggi yaitu Kecamatan Pakal dengan nilai penyerapan 9,95% dari seluruh emisi CO_2 yang dihasilkan, sedangkan daerah yang memiliki persen penyerapan CO_2 paling rendah yaitu Kecamatan Bubutan dengan nilai penyerapan 0,1% dari seluruh emisi CO_2 yang dihasilkan. Daya serap dari RTH eksisting tersebut dapat disimpulkan belum mampu menyerap keseluruhan emisi CO_2 yang dihasilkan di Zona Barat Kota Surabaya.

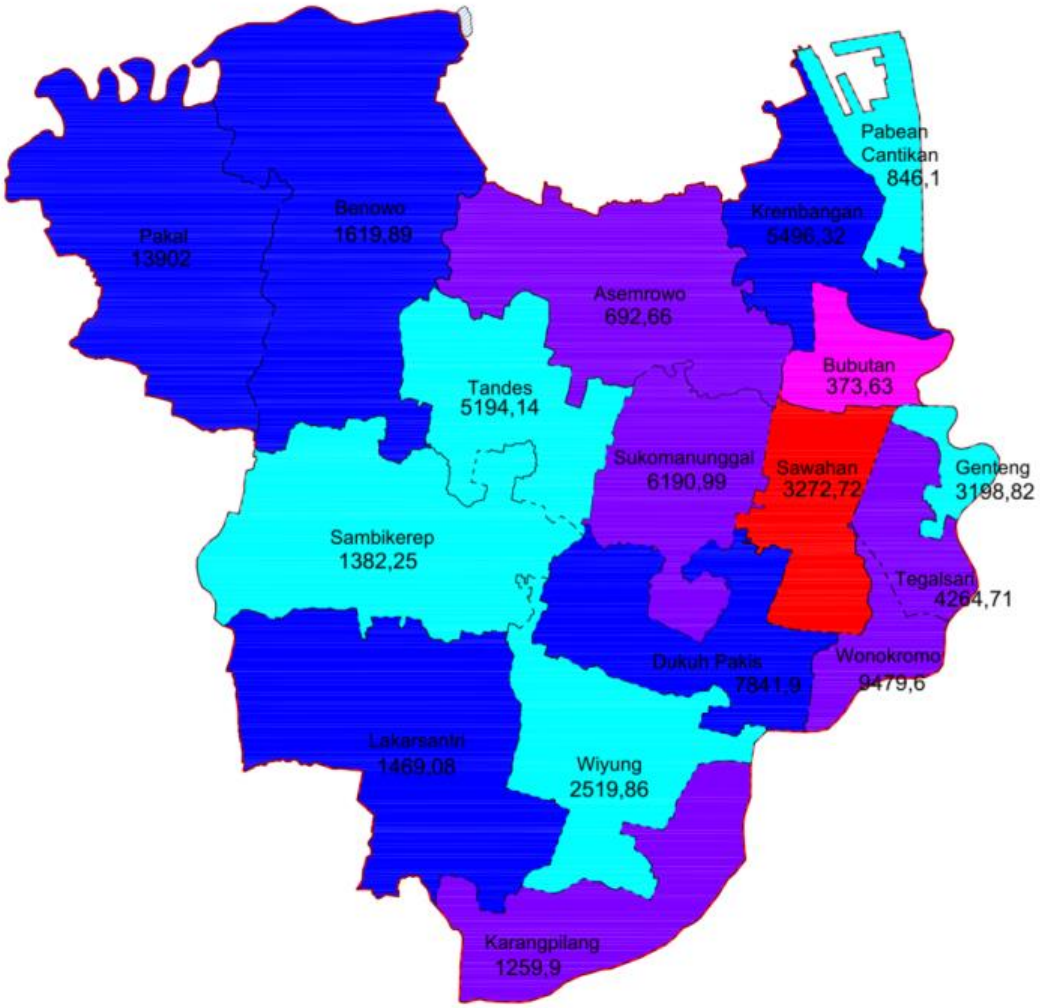
3. **Pemetaan Emisi CO_2 dan Daya Serap CO_2 oleh RTH Eksisting**

   Visualisasi hasil perhitungan tersebut digambarkan melalui pemetaan hasil emisi CO_2 dan daya serap emisi CO_2 pada setiap daerah di Zona Barat Kota Surabaya yang dapat dilihat pada halaman berikut. Emisi CO_2 dipetakan berdasarkan klasterisasi tingkatan emisi CO_2 di tiap kecamatan yang ditunjukkan pada Tabel 5.41 berikut, sedangkan nilai daya serap CO_2 ditunjukkan dengan angka.

Tabel 5. 41 Klasterisasi Emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya

Klaster emisi CO_2	Batasan Jumlah Emisi CO_2 (ton CO_2)	Kecamatan
Klaster I	80.000 - 170000	Genteng
		Pabean Cantikan
		Wiyung
		Tandes
		Sambikerep
Klaster II	170.001 - 260.000	Krembangan
		Dukuh Pakis
		Benowo
		Lakarsantri
		Pakal
Klaster III	260.001 - 350.000	Tegalsari
		Wonokromo
		Karangpilang
		Sukomanunggal
		Asemrowo
Klaster IV	350.001 - 440.000	Bubutan
Klaster V	> 440.000	Sawahan

Daya serap dari RTH publik Zona Barat Kota Surabaya ini nilainya lebih kecil daripada emisi CO_2 yang dihasilkan di Zona Barat Kota Surabaya dan tidak cukup untuk menutupi kebutuhan daya serap pada jumlah emisi yang dihasilkan tersebut. Maka dari itu, diperlukan perhitungan untuk menentukan kebutuhan luasan RTH tambahan yang diperlukan. Hasil pemetaan tersebut dapat dilihat pada halaman 111.



iTS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil,
Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL PETA

Pemetaan Emisi CO_2 dan Daya Serap CO_2 oleh RTH di Zona Barat Kota Surabaya

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

LEGENDA

- Batas Kecamatan
- Batas Wilayah
- Emisi CO_2 Klaster I (80.000 - 170.000 ton/tahun)
- Emisi CO_2 Klaster II (170.001 - 260.000 ton/tahun)
- Emisi CO_2 Klaster III (260.001 - 350.000 ton/tahun)
- Emisi CO_2 Klaster IV (350.001 - 440.000 ton/tahun)
- Emisi CO_2 Klaster V (> 440.000 ton/tahun)
- Angka Daya serap CO_2 RTH (ton/tahun)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

5.2.3 Menentukan Luas Kebutuhan RTH

Fungsi ekologis yang dimiliki oleh RTH memberikan perlindungan terhadap manusia dan lingkungannya. Keseimbangan ekologis di wilayah perkotaan harus menjadi poin penting dalam pertimbangan pembangunan kota tersebut, agar keseimbangan ekosistem tetap terjaga. Melihat kekurangan daya penyerapan emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya, maka diperlukan luas tambahan RTH agar daya serap emisi CO_2 di

wilayah tersebut meningkat. Untuk menentukan nilai luas tambahan RTH dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Emisi CO_2 Zona Barat Kota Surabaya = 3.864.836,04 ton CO_2
- Daya serap RTH eksisting = 69004,54 ton CO_2
- Sisa Emisi CO_2 = (3.864.836,04 – 69004,54) ton CO_2
  = 3.795.831,5 ton CO_2
- Laju Serapan Pohon (Berdasarkan Tabel 3.8)
  = 569,7 ton/ha/tahun
- Luas Kebutuhan RTH = $\frac{3.795.831{,}5 \text{ ton } CO_2}{569{,}7\ ton/ha/tahun}$ = 6662,86 ha

Hasil perhitungan luas kebutuhan RTH tambahan untuk menyerap emisi CO_2 eksisting adalah 6662,86 ha. Dengan cara yang sama, luas kebutuhan RTH tersebut pun dapat dihitung berdasarkan kebutuhan tiap kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.42 berikut.

Tabel 5.42 Luas Kebutuhan RTH Zona Barat Kota Surabaya

Kecamatan	Luas Kebutuhan RTH
Kecamatan Asemrowo	567,49
Kecamatan Benowo	120,58
Kecamatan Bubutan	635,56
Kecamatan Dukuh Pakis	97,62
Kecamatan Genteng	413,33
Kecamatan Karangpilang	888,65
Kecamatan Krembangan	481,01
Kecamatan Lakarsantri	491,34
Kecamatan Pabean Cantikan	204,08
Kecamatan Pakal	220,75
Kecamatan Sambikerep	269,53

Kecamatan	Luas Kebutuhan RTH
Kecamatan Sawahan	513,23
Kecamatan Sukomanunggal	434,67
Kecamatan Tandes	399,35
Kecamatan Tegalsari	290,64
Kecamatan Wiyung	397,21
Kecamatan Wonokromo	237,80
Total	**6.662,86**

Untuk mencapai keseimbangan lingkungan, perlu ditentukan penyediaan RTH yang memadai untuk mengakomodasi kebutuhan penduduk yang meningkat pada setiap tahunnya. Penambahan luasan RTH yang dibutuhkan hingga tahun 2045 dapat dihitung dengan cara yang sama seperti menentukan luasan RTH tambahan pada kondisi eksisting, namun data pembanding yang digunakan adalah data emisi CO_2 hasil proyeksi per kecamatan pada tahun 2045 yang dapat dilihat pada Tabel 5.24. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Emisi CO_2 Zona Barat Kota Surabaya tahun 2045
  = 12.793.007,45 ton CO_2
- Daya serap RTH eksisting = 69.004,54 ton CO_2
- Sisa Emisi CO_2 = (12.793.007,45 - 69004,54) ton CO_2
  = 12.724.002,90 ton CO_2
- Laju Serapan Pohon (Berdasarkan Tabel 3.8)
  = 569,7 ton/ha/tahun
- Luas Kebutuhan RTH = $\frac{12.724.002{,}90 \text{ ton } CO_2}{569{,}7\ ton/ha/tahun}$ = 22.334,56 ha

Dengan cara yang sama, luas kebutuhan RTH tersebut pun dapat dihitung berdasarkan kebutuhan tiap kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Luas Kebutuhan RTH Pada Tahun 2045

Kecamatan	Luas Kebutuhan RTH (ha)
Kecamatan Asemrowo	2.004,22
Kecamatan Benowo	322,26
Kecamatan Bubutan	2.347,66
Kecamatan Dukuh Pakis	215,87
Kecamatan Genteng	1.099,20

Kecamatan	Luas Kebutuhan RTH (ha)
Kecamatan Karangpilang	2.760,01
Kecamatan Krembangan	1.546,38
Kecamatan Lakarsantri	1.865,48
Kecamatan Pabean Cantikan	528,44
Kecamatan Pakal	622,49
Kecamatan Sambikerep	595,41
Kecamatan Sawahan	1.754,28
Kecamatan Sukomanunggal	1.842,35
Kecamatan Tandes	1.516,00
Kecamatan Tegalsari	1.010,43
Kecamatan Wiyung	1.564,27
Kecamatan Wonokromo	739,82
Total	**22.334,57**

Dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan bahwa jumlah penambahan luasan RTH yang dibutuhkan hingga 25 tahun mendatang (2045) untuk mencukupi penyerapan emisi CO_2 total adalah sebesar 22.334,57 ha.

5.3 Rencana dan Evaluasi Ruang Terbuka Hijau Zona Barat Kota Surabaya

Surabaya merupakan kota teratas yang mampu menyediakan ruang terbuka hijau sesuai dengan syarat ideal ketersediaan Ruang Terbuka Hijau pada UU no. 26 tahun 2007 tentang penataan ruang. Penataan ruang yang terintegrasi dengan tepat dan baik dapat menjadi salah satu solusi dalam menekan konsentrasi emisi CO_2 (Ulfa, 2018). Dalam pembangunan Kota Surabaya, menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 8 Tahun 2018 tentang Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kota Surabaya Tahun 2018-2038, Ruang Terbuka Hijau sebagai zona lindung akan ditingkatkan kualitasnya dari segi penataan ruang dan infrastruktur kota tersebut, agar mewujudkan pengembangan kota dengan memanfaatkan fungsi ekologis dari RTH tersebut. Fungsi ekologis dari RTH diharapkan dapat berkontribusi dalam mengurangi polusi udara, salahsatunya adalah emisi CO_2. Untuk memaksimalkan fungsi ekologis tersebut, RTH hendaknya memiliki proporsi area dengan komposisi optimal (Ernawati, 2015).

5.3.3 Alternatif penambahan daya serap RTH

Berdasarkan hasil perhitungan daya serap RTH publik terhadap emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya, dapat diketahui bahwa daya serap RTH tersebut belum mencukupi dalam penyerapan total emisi CO_2 yang dihasilkan dan luas kebutuhan RTH untuk menunjang penyerapan total emisi CO_2 yang dihasilkan dalam jumlah besar. Menurut Rijal (2008), Optimalisasi atau usaha pengembangan RTH dapat dilaksanakan dengan cara Intensifikasi dan cara Ekstensifikasi. Cara Intensifikasi adalah usaha penanaman tanaman dengan memperbaiki dan meningkatkan kualitas mutu RTH tersebut, sedangkan cara ekstensifikasi adalah upaya pengembangan RTH dengan menambah luasannya, namun untuk daerah yang padat penduduk, ekstensifikasi merupakan upaya yang cukup sulit karena membutuhkan ketersediaan lahan yang besar dan dibatasi oleh keterbatasan lahan.

Pada Zona Barat Kota Surabaya, direncanakan upaya alternatif intensifikasi dan ekstensifikasi RTH yang dilakukan untuk menjaga dan mengoptimalkan fungsi ekologis dari RTH publik tersebut sesuai dengan perundangan yang berlaku, yaitu Perda Kota Surabaya No. 7 Tahun 2002, sebagai berikut:

1. Intensifikasi RTH

Rencana metode intensifikasi yang dapat diterapkan di Zona Barat Kota Surabaya adalah penggantian jenis dan penambahan vegetasi pada RTH. Upaya intensifikasi RTH dilakukan dengan penambahan daya serap RTH dilakukan dengan mengganti dan menambahkan jenis vegetasi yang digunakan pada RTH eksisting dengan jenis tumbuhan yang memiliki daya serap tinggi. Pada perencanaan ini, penggantian vegetasi di implementasikan terkhusus pada jalur hijau dan sempadan sungai, sedangkan penambahan pohon pada RTH diterapkan pada pulau jalan. Hal ini dimaksudkan agar RTH lebih efektif dalam menyerap emisi CO_2, terutama emisi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi.

Dalam penggantian jenis vegetasi ini, jenis tumbuhan yang digunakan adalah jenis tanaman (pohon) pelindung yang memiliki daya serap tinggi terhadap emisi CO_2. Pada

perencanaan ini, vegetasi pada taman pasif jalur hijau akan diganti dengan Pohon Buni (*Antidesma bunius*), Pohon Kenitu (*Chrysophyllum cainito*), dan Pohon Tanjung (*Mimusops elengi*), vegetasi pada taman pasif sempadan sungai akan diganti dan ditambahkan dengan Pohon Buni (*Antidesma bunius*), dan vegetasi pada pulau jalan akan ditambahkan dengan Pohon Buni (*Antidesma bunius*), Pohon Kenitu (*Chrysophyllum cainito*), Pohon Trembesi (*Samanea Saman*), dan Pohon Pucuk Merah (*Syzygium oleina*). Daya serap pada masing – masing pohon tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Daya Serap Rencana Vegetasi Pengganti

Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap	
		g CO_2 / pohon / jam	ton CO_2 / pohon / tahun
Pohon Buni*	*Antidesma bunius*	13.136,05	31,31
Pohon Kenitu**	*Chrysophyllum cainito*	2.702,04	23,67
Pohon Tanjung*	*Mimusops elengi*	2.113,76	5,04
Pohon Trembesi**	*Samanea aman*	3.247,50	28,44
Pohon Pucuk Merah***	*Syzygium oleina*	155,58	1,36

Sumber: * Gratimah, 2009
** Fatnawati, 2018
*** Aulia dkk, 2019

Perencanaan penggantian vegetasi dan penambahan pohon pada jalur hijau, sempadan sungai, dan pulau jalan dilakukan berdasarkan rencana RTH dari RTRW Kota Surabaya tahun 2018-2038. RTH yang akan diganti dan ditambahkan vegetasinya dapat dilihat pada Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5.45 RTH Rencana Penggantian dan Penambahan Vegetasi

No	Kecamatan	RTH	Luas (m^2)	Panjang (m)
Pulau Jalan				
1	Asemrowo	Pulau Jalan Tol Dupak	80.126	
2	Karangpilang	Pulau Jalan Tol Surabaya - Mojokerto	7.559	

3	Pabean Cantikan	Sisingamangaraja – Jl. Jakarta	550	
4		Rot. Petekan	245	
5	Sukomanunggal	Pulau Jalan Tol Banyu Urip	12.151	
6	Dukuh Pakis	Sempadan Sungai Jl. Gunungsari	6.830	
Jalur Hijau Besar				
7	Benowo	Median Jl. Raya Sememi	1.925	896
8	Bubutan	Jl. Demak	3.592	2.395
9	Genteng	Median JL Genteng kali	855	570
10	Pabean Cantikan	Jl. Jakarta	767	212
11	Sawahan	Jl. Banyu Urip	4.724	2.362
12	Sukomanunggal	Jl. Sukomanunggal	4.625	1.850
13	Tandes	Jl. Manukan Tama	7.033	1.250
14	Wiyung	Setia Tamara - Jl. Wiyung	3.957	1.600
Jalur Hijau Kecil dan Sempadan Sungai				
15	Asemrowo	Jl. Raya pantura		1.729
16	Benowo	Tol Surabaya - Gresik		5.521
17	Dukuh Pakis	Median Jl. Gunung Sari		1.306
18	Karangpilang	Tol Surabaya - Mojokerto		4.040
19	Krembangan	Jl. Tanjung Sadari		1.791
20	Lakarsantri	Jl. Bangkingan		702
21	Pakal	Jl. Jawar Surabaya		4.703
22	Sambikerep	Jl. Raya Sambikerep		1.253
23	Tandes	Pintu tol Tandes Timur - jl. Raya Pantura		2.904
24	Tegalsari	Jl. Kedungdoro		1.012
25	Pabean Cantikan	Stren Kali Kalimas Barat		1.552
26	Wonokromo	Jl. Kutai		446

Perencanaan penggantian dan penambahan vegetasi pada RTH taman pasif ini adalah sebagai berikut

a. RTH Jalur Hijau Besar (Tipe 1)

   Pada rencana penggantian vegetasi dan penambahan pohon pada RTH jalur hijau direncanakan penanaman pohon pelindung berupa 60% Pohon Buni (*Antidesma bunius*), 30% Pohon Kenitu (*Chrysophyllum cainito*), dan 10% Pohon Tanjung (*Mimusops elengi*), serta penutup lahan berupa rumput, dan semak / perdu dengan porsi 60% rumput dan 40% semak / perdu. Pepohonan masing – masing ditanam dengan jarak 5 m dan asumsi diameter batang pohon 0,5 m. Contoh perhitungan terkait banyaknya pohon yang akan diganti dan ditambahkan adalah sebagai berikut:

- Jalur Hijau Jl. Sememi
  Panjang Jalur Hijau = 896 m
  Luas Jalur Hijau = 1.925 m^2
  Luas Rumput (60%) = 60% x 1.925 m^2 = 1.347 m^2
  Luas Semak (40%) = 40% x 1.925 m^2 = 577,5 m^2
  Banyak pohon yang ditambahkan
  $= \frac{\textbf{Panjang Jalur Hijau}}{(\textbf{jarak antar pohon+diameter pohon})}$
  $= \frac{\mathbf{896\ m}}{(\mathbf{5+0,5})\ \boldsymbol{m}} =$ 163 pohon
  60% Pohon Buni = 60% x 163 = 98 pohon
  30% Pohon Kenitu = 30% x 163 = 49 pohon
  10% Pohon Tanjung = 10% = 16 pohon

b. RTH Jalur Hijau Kecil dan Sempadan Sungai (Tipe 2)
   Rencana penggantian vegetasi dan penambahan pohon RTH Jalur Hijau Kecil dan Sempadan Sungai sama seperti rencana pada RTH Jalur Hijau Besar yaitu menggunakan pohon pelindung berupa 60% Pohon Buni (*Antidesma bunius*), 30% Pohon Kenitu (*Chrysophyllum cainito*), dan 10% Pohon Tanjung (*Mimusops elengi*), namun tidak mengganti atau menambahkan penutup lahan seperti rumput dan semak/perdu. Khusus untuk RTH Jalur Hijau pada pada Jl. Gunungsari dan Jl. Kutai hanya menggunakan Pohon Pucuk Merah (*Syzygium oleina*) karena luas jalur hijau tersebut sangat kecil dan terletak pada median jalan. Pepohonan masing – masing ditanam dengan jarak 5 m dan asumsi diameter batang pohon 0,5 m. Contoh perhitungan banyaknya pohon yang dibutuhkan pada RTH Stren Kali Jl. Kalimas Barat adalah sebagai berikut:
   - Panjang Jalur Hijau Jl. Gunungsari = 1.306 m
     $= \frac{\textbf{Panjang Jalur Hijau}}{(\textbf{jarak antar pohon+diameter pohon})}$
     $= \frac{\mathbf{1.306\ m}}{(\mathbf{5+0,5})\ \boldsymbol{m}} =$ 237 Pohon Pucuk Merah
   - Panjang Sempadan Stren Kali Jl. Kalimas = 1.552 m
     Banyak pohon yang ditambahkan
     $= \frac{\textbf{Panjang Sempadan Sungai}}{(\textbf{jarak antar pohon+diameter pohon})}$

$= \frac{1552{,}89\ m}{(5+0{,}5)\ m}$ = 282 pohon

60% Pohon Buni = 60% x 282 = 169 pohon
30% Pohon Kenitu = 30% x 282 = 85 pohon
10% Pohon Tanjung = 10% x 282 = 28 pohon

c. RTH Pulau Jalan

Pada rencana penggantian vegetasi dan penambahan pohon pada RTH pulau jalan, direncanakan RTH memiliki porsi pepohonan 70% dengan penutup lahan berupa 60% rumput dan 40% semak dan perdu. Hal ini dimaksudkan agar menambah keefektifan RTH dalam menyerap emisi CO_2. Porsi Pohon yang digunakan adalah 60% Pohon Buni (*Antidesma bunius*), 20% Pohon Kenitu (*Chrysophyllum cainito*), dan 20% Pohon Trembesi (*Samanea Saman*). Pepohonan masing – masing ditanam dengan jarak 5 m dan asumsi diameter batang pohon 0,5 m. Contoh perhitungan terkait banyaknya Pohon Buni yang akan ditambahkan pada pulau jalan Tol Banyu Urip adalah sebagai berikut:

- Luas RTH = 12.151 m^2
- Porsi pohon pada lahan RTH = 70%
- Porsi jenis pohon pada lahan RTH = 60%
- Jarak antar pohon (r) = (Jarak antar pohon + diameter pohon) / 2 = (5 m + 0,5 m) / 2 = 2,75 m
- Luas ruang untuk satu pohon = πr^2 = 3,14 x $(2{,}75)^2$ = 23,746 m^2
- Banyak Pohon Buni yang akan ditambahkan = $\frac{(70\%\ x\ 12151{,}25\ m^2)\ x\ 60\%}{23{,}746\ m^2}$ = 215 Pohon
- Banyak Pohon Trembesi yang akan ditambahkan = $\frac{(70\%\ x\ 12151{,}25\ m^2)\ x\ 20\%}{23{,}746\ m^2}$ = 72 Pohon
- Banyak Pohon Kenitu yang akan ditambahkan = $\frac{(70\%\ x\ 12151{,}25\ m^2)\ x\ 60\%}{23{,}746\ m^2}$ = 72 Pohon

Selain pepohonan, dipertimbangkan juga penutup lahan lainnya yaitu rumput seluas 60% luas lahan dan semak /

perdu seluas 40% luas lahan. Perhitungan luas rumput dan semak / perdu adalah sebagai berikut

- Luas penutup rumput = 60% x 12151,25 m^2 = 7290,95 m^2
- Luas penutup semak / perdu = 40% x 12151,25 m^2 = 4860,5 m^2

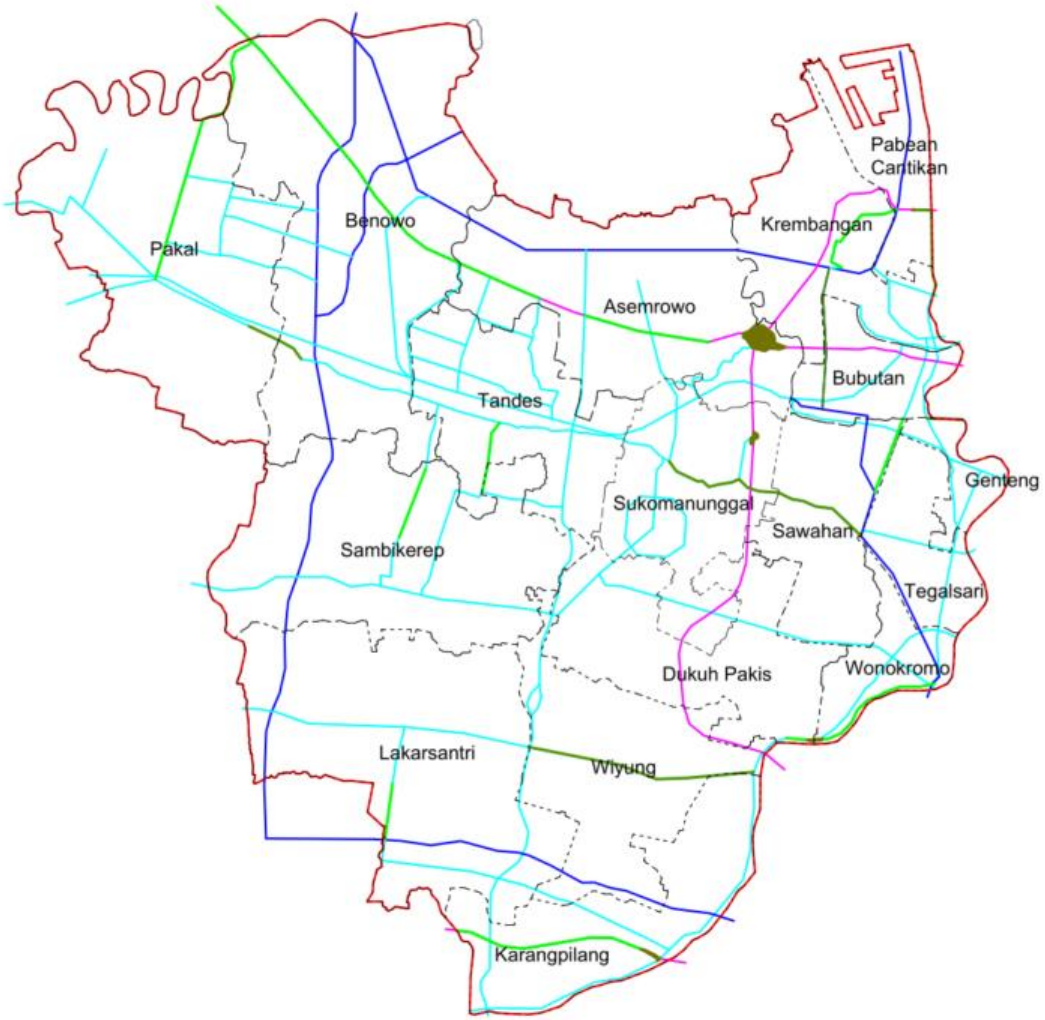
Setelah dihitung total pohon yang akan diganti dan ditambahkan serta luasan penutupnya, dapat dihitung pula daya serap dari masing – masing vegetasi tersebut. Daya serap masing – masing pohon dan penutup lahan dihitung dengan mengalikan jumlah pohon dan luasan RTH dengan kemampuan penyerapan vegetasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan 5.44. Persen penambahan daya serap dari RTH rencana tersebut juga dapat ditentukan dengan membandingkan hasil penyerapan RTH tambahan per kecamatan dengan emisi CO_2 yang dihasilkan pada tahun 2045 yang tertera pada Tabel 5.24.

Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Daya Serap RTH Rencana

No	Kecamatan	Nama RTH	Daya Serap CO_2 (ton CO_2)
1	Asemrowo	Pulau Jalan Tol Dupak	69.226,74
2		JH Jl. Raya pantura	8.296,39
3	Benowo	JH Median Jl. Raya Sememi	4.304,14
4		JH Tol Surabaya - Gresik	26.491,84
5	Bubutan	JH Jl. Demak	11.501,06
6	Dukuh Pakis	JH Jl. Gunungsari	323,62
7		Pulau Sempadan Sungai Jl. Gunungsari	1.490,19
8	Genteng	JH Median Jl. Genteng kali	2.737,20
9	Karangpilang	JH Tol Surabaya - Mojokerto	19.385,45
10		Pulau Jalan Tol Surabaya - Mojokerto	6.530,77
11	Krembangan	JH Jl. Tanjung Sadari	8.593,89
12	Lakarsantri	JH Jl. Bangkingan	3.368,46
13	Pabean Cantikan	Pulau Jalan Sisingamangaraja – Jl. Jakarta	475,18
14		Rot. Petekan	212,28
15		Stren Kali Kalimas Barat	7.451,35
16		JH Jl. Jakarta	1.022,05
17	Pakal	JH Jl. Jawar Surabaya	22.566,77
18	Sambikerep	JH Jl. Raya Sambikerep	6.012,37
19	Sawahan	JH Jl. Banyu Urip	11.345,53

No	Kecamatan	Nama RTH	Daya Serap CO_2 (ton CO_2)
20	Suko-manunggal	Pulau Jalan Tol Banyu Urip	10.498,35
21		JH Jl. Sukomanunggal	8.888,51
22	Tandes	JH Jl. Manukan Tama	6.015,48
23		JH Pintu Tol Tandes Timur - Jl. Raya Pantura	13.934,49
24	Tegalsari	JH Jl. Kedungdoro	4.858,84
25	Wiyung	JH Jl. Wiyung	7.687,26
26	Wonokromo	JH Jl. Kutai	110,52
Total			**267.739,5**

Berdasarkan Tabel 5.46, total daya serap RTH yang direncanakan adalah sebesar 267.739,5 ton CO_2. Apabila dibandingkan dengan daya serap RTH eksisting, daya serap RTH rencana optimalisasi dengan intensifikasi RTH ini mengalami penaikan secara signifikan. Pemetaan rencana intensifikasi RTH dapat dilihat di gambar pada halaman – halaman berikut.



ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL PETA

Rencana Penggantian Jenis dan Penambahan Vegetasi di Zona Barat Kota Surabaya

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

LEGENDA

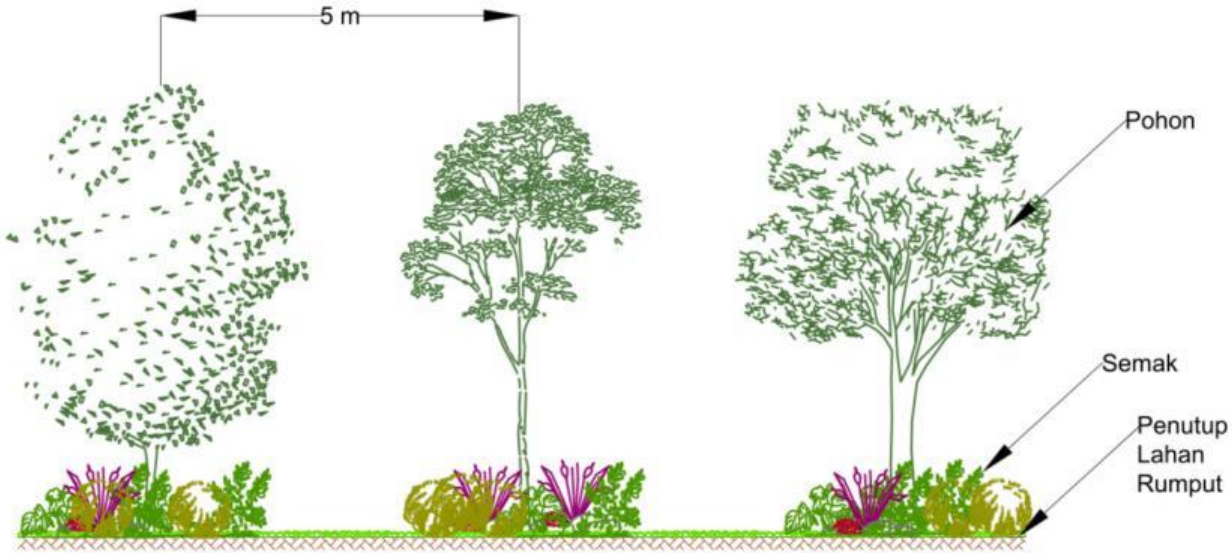
- Jalan Tol
- Jalan Arteri Primer
- Jalan Arteri Sekunder
- Rencana Jalur Hijau Tipe 1
- Rencana Jalur Hijau Tipe 2 dan Sempadan Sungai
- Rencana Pulau Jalan

U
B T
S

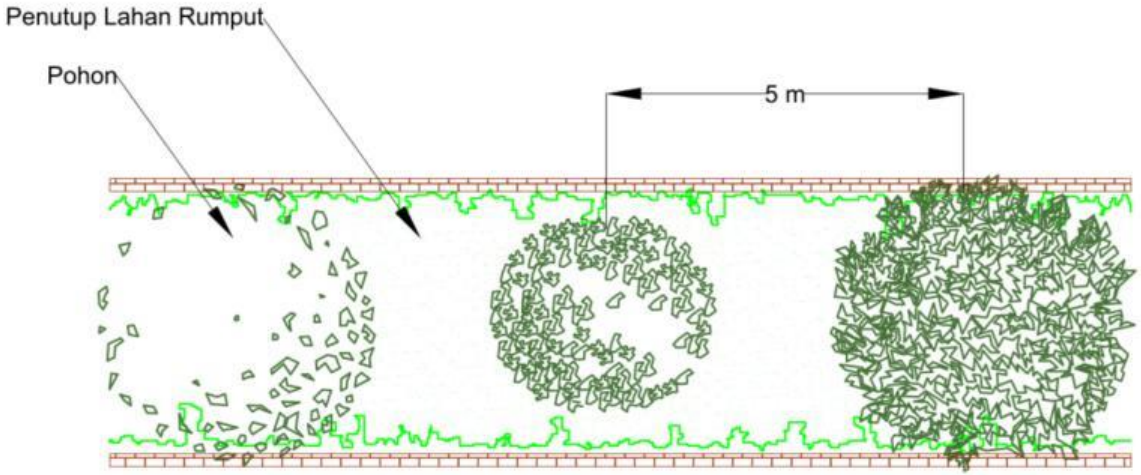
SKALA : 1:65.000

0 1.250 2.500 5.000 M

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



Tampak Samping



Tampak Atas

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil,
Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL GAMBAR

Rencana Penggantian Jenis dan Penambahan Vegetasi Pada Jalur Hijau Tipe 1

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

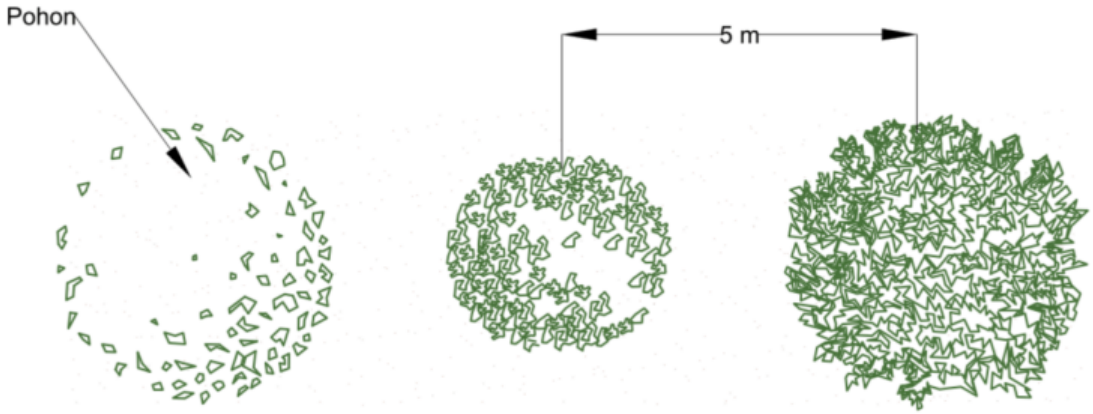
LEGENDA

SKALA

1 : 100

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Tampak Samping



Tampak Atas

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil,
Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL GAMBAR

Rencana Penggantian Jenis dan Penambahan Vegetasi Jalur Hijau Tipe 2 & Sempadan Sungai

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

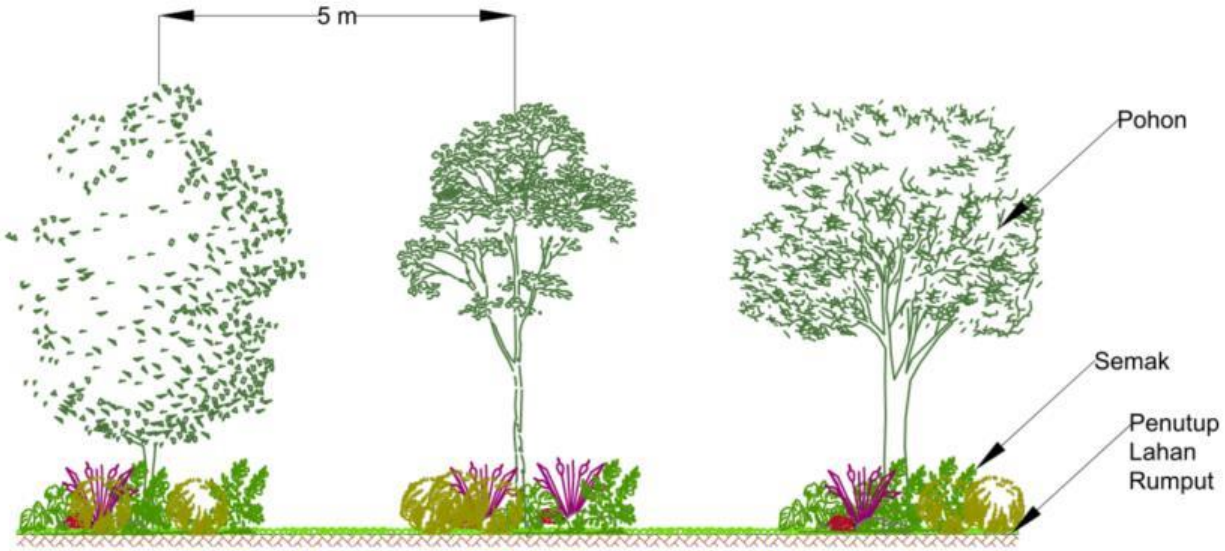
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

LEGENDA

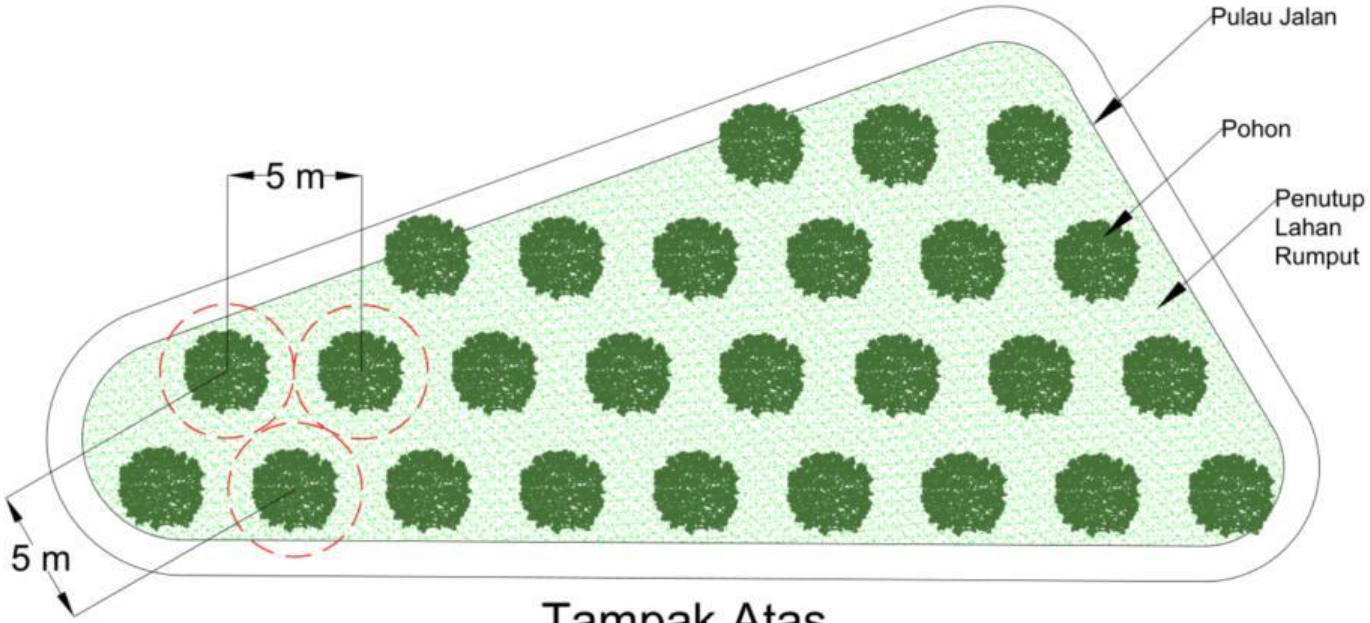
SKALA

1 : 100

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



Tampak Samping



Tampak Atas

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil,
Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

JUDUL GAMBAR

Rencana Penggantian Jenis dan Penambahan Vegetasi Pada Pulau Jalan

MAHASISWA

Salma Nuradzkia Syafaati
03211640000122

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
19540824 198403 1 001

LEGENDA

SKALA

1 : 100

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

2. Ekstensifikasi RTH: Penambahan Luas RTH

Dalam rencana menambah daya serap RTH untuk mencukupi penyerapan emisi CO_2 yang dihasilkan, dapat dilakukan pula cara ekstensifikasi dengan menambahkan luasan RTH. Mengacu pada hasil perhitungan pada Tabel 5.42 dan Tabel 5.43 mengenai kebutuhan luas RTH tambahan Zona Barat Kota Surabaya pada kondisi eksisting dan pada tahun 2045, Untuk menambahkan RTH seluas nilai tersebut tidak memungkinkan karena berdasarkan RTRW Kota Surabaya Tahun 2018-2038 tidak memiliki luasan yang cukup sebesar nilai tersebut untuk lahan ruang terbuka hijau, maka alternatif lainnya adalah menambahkan luasan RTH dengan implementasi metode *Vertical Garden* dan *Roof Garden*. Meskipun tingkat keefekifan nya lebih rendah dari penanaman pohon pelindung pada RTH karena tanaman yang dapat ditanam cenderung memiliki daya serap CO_2 yang lebih rendah, namun kedua metode tersebut layak menjadi alternatif komplementer dalam upaya mereduksi emisi CO_2 yang dihasilkan.

a. *Vertical Garden*

Menurut Syafiq (2017), *Vertical Garden* atau Taman Vertikal adalah sistem melampirkan vegetasi pada dinding bangunan atau fasad, baik sebagian maupun seluruhnya. Beberapa manfaat yang diperoleh dari mengaplikasikan taman vertikal ini adalah:

- Meningkatkan kualitas udara, disebabkan oleh penyerapan karbon dioksida dan penghasilan oksigen oleh tanaman
- Memberikan pengaruh ekologi, taman vertikal dapat berperan sebagai sumber makanan untuk serangga dan disukai oleh burung dan kelelawar (Kohler, 2008)
- Memberikan pengaruh pada suhu lingkungan, Menurut Krusche, dkk (1982) dan Dunnet & Kingsbury (2004) dalam Syafiq (2017), proses transpirasi dan evaporasi oleh tanaman menghasilkan uap air ke udara dan dedaunan yang lebat dapat mencegah radiasi matahari dan mengurangi kecepatan angin sehingga terjadi penurunan suhu udara.

Menurut Muhammad dan Setiawan (2013), Kelebihan dari penerapan taman vertikal adalah:

- Pengaplikasian nya tidak memakan banyak lahan dan memanfaatkan lahan yang sempit secara maksimal
- Ramah lingkungan
- Efektif di terapkan di kota padat penduduk seperti Kota Surabaya karena dapat diterapkan di lahan sempit

Bila ditinjau dari segi efektivitas, kemampuan daya serap CO_2 metode taman vertikal dibandingkan dengan RTH publik adalah sebagai berikut:

- Meskipun sama sama menggunakan tanaman yang dapat menyerap emisi CO_2, namun daya serap tanaman yang digunakan pada taman vertikal tersebut tidak sebesar tanaman pohon pelindung karena menurut Syafiq (2017) diperlukan vegetasi yang sesuai untuk sistem taman vertikal, terkhusus penggunaan berdasarkan sistem aplikasinya, sehingga tanaman yang digunakan mayoritas adalah tanaman semak / hias karena berukuran kecil dan menyesuaikan kebutuhan lahan. Tanaman semak dan hias tidak memiliki daya serap sebesar kemampuan daya serap emisi CO_2 yang dimiliki oleh tanaman pelindung, sehingga efektivitas penyerapan CO_2 oleh taman vertikal relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan daya serap oleh RTH publik. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Marchi, dkk (2014) menunjukkan bahwa sebesar 98 m^2 taman vertikal dengan spesies tanaman herba yang berbeda, diantaranya *S. Spurium, S. Nemorosa, R. officinalis, G. Sanguineum, C. brunnea,* dan *F. japonica* yang jumlah dan strukturnya didistribusikan secara sama, dapat menyerap hingga 1640,27 kg CO_2 per tahunnya. Apabila dibandingkan dengan daya serap tanaman pelindung Pohon Buni yang terdapat pada RTH publik, pohon tersebut memiliki daya serap sebesar 31,31 ton CO_2 / tahun per pohon nya (Gratimah, 2009) yang jauh lebih tinggi daripada kemampuan daya serap dari taman vertikal.

- Berkaitan dengan hal sebelumnya, volume daun tanaman yang digunakan pada taman vertikal lebih kecil daripada

volume daun tanaman pada RTH publik karena jenis tanaman yang digunakan, sehingga daya serap CO_2 dari taman vertikal tersebut juga lebih kecil daripada daya serap CO_2 dari RTH publik.

Namun, meskipun tingkat efektivitasnya dalam penyerapan emisi CO_2 lebih rendah daripada RTH Publik, metode *vertical garden* tetap layak menjadi alternatif tambahan di samping RTH publik sebagai agen penyerap emisi CO_2 untuk membantu dalam mereduksi emisi CO_2 yang dihasilkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kusumaningrum (2016), pemilihan cara tanam dengan metode taman vertikal dapat membantu menambah volume daun tanaman, dimana daun tanaman tersebut akan kontak dengan udara yang mengandung emisi CO_2 sehingga efektif dalam meningkatkan reduksi polusi udara. Maka dari itu, disarankan opsi untuk menerapkan metode taman vertikal untuk menambah luasan penyerapan emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya.

Dalam penyerapannya, Taman Vertikal dapat dikelola dengan beberapa cara berikut:

1. **Fasad dinding hijau dengan pola aplikasi tanaman rambat**

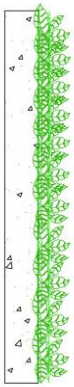
   Konsep taman vertikal tersebut menerapkan vegetasi tanaman rambat pada permukaan dinding fasad. Menurut Syafiq (2017), metode ini tidak membutuhkan sistem penyiraman khusus karena tanaman mengambil air dari sumber air alami, seperti air hujan dan air tanah.

   Metode tersebut dapat diaplikasikan pada pagar – pagar yang biasa digunakan untuk pembatas lahan kosong, dan juga tembok sempadan rel kereta api. Dinding tersebut dapat ditanami berbagai tanaman rambat yang memiliki daya serap terhadap CO_2, contohnya Daun Ivy (*Hedera helix*) yang dapat menyerap 2.351 kg CO_2 per tahun pada lahan dinding seluas 1.000 m^2.

Gambar 5.12 Taman Vertikal pada Dinding Fasad
Sumber: Tokopedia.com

Contoh rencana pengaplikasiannya adalah memanfaatkan tembok sempadan rel kereta api menjadi fasad hijau, sebagai berikut:

(a)



(b) **(c)**

Gambar 5.13 Tembok Sempadan Rel Kereta Api Sepanjang Jl. Cepu hingga Banjar Sugihan

(a) Letak Tembok Sempadan Rel Kereta Api
(b) Tampak Depan Tembok Sempadan Rel Kereta Api
(c) Tampak Samping Pola Penanaman Fasad Hijau

Sumber: *Google Earth*

Tembok tersebut memiliki

- Panjang = 7.730 m;
- Tinggi = 2,5 m;
- Luas = 19.325 m^2
- Daya Serap tanaman *Hedera helix* = 2.351 kg CO_2/1000 m^2/ tahun = 2,351 kg CO_2 /m^2/tahun
- Daya Serap Fasad Hijau rencana = 19.325 m^2 x 2,351 kg CO_2/m^2/ tahun = 45.433,08 kg CO_2 / tahun

Contoh fasad yang direncanakan tersebut dapat menyerap 45.433,08 kg CO_2 / tahun atau sebesar 45,43 ton CO_2 / tahun. Pemanfaatan fasad ini dapat membantu meningkatkan efisiensi penyerapan CO_2 yang dihasilkan di Zona Barat Kota Surabaya.

2. **Tanaman yang ditanam pada wadah**

Metode penanaman tanaman dengan menggunakan wadah juga dapat diaplikasikan pada rencana taman

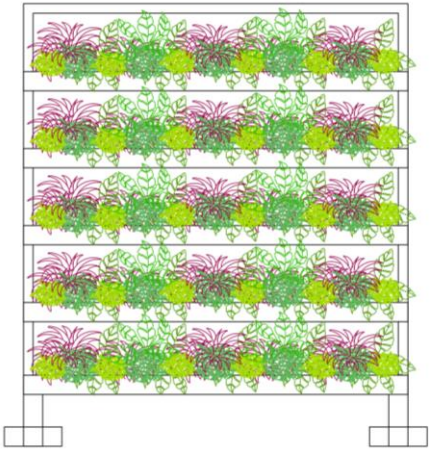
vertikal. Rencana taman tersebut dapat diterapkan di median jalan sebagai pengganti jalur hijau kecil, atau diletakkan pada jembatan. Wadah penanam ditempatkan pada fasad hijau.

Gambar 5.14 Penggunaan Wadah Pada Aplikasi Taman Vertikal
Sumber: Malang Times

Teknik ini memerlukan sistem penyiraman karena tanaman ditempatkan pada wadah dan tidak berakar langsung ke tanah dan juga memerlukan banyak wadah untuk menempatkan tanaman tersebut. Tanaman yang digunakan juga pada umumnya menggunakan tanaman hias, seperti tanaman Puring (*Codiaeum interuptum*), tanaman Sirih Belanda (*Scindapsus aureus*), tanaman Akalipa Merah (*Acalypa wilkesiana*), dan tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*). Menurut Imaniar dkk (2016), Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) memiliki daya serap CO_2 sebesar 871,8 gram CO_2 / hari sehingga dapat diterapkan dalam penanaman taman vertikal tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Marchi, dkk pada tahun 2014 membuktikan bahwa seluas 98 m^2 *vertical planting* dapat menyerap hingga 1.640,27 kg CO_2 per tahunnya atau sebesar 16,7 kg CO_2 / m^2 per

tahunnya, maka perhitungan contoh penerapan metode tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Rencana lokasi penerapan *vertical planting*
  1. Jalan Tambak Langon = 1.650 m
  2. Jalan Tembok Dukuh = 826,8 m
- Dimensi rencana *vertical planting*
  Area Penanaman = 2 m x 2 m = 4 m^2
  Tinggi Unit = 2,3 m



Gambar 5.15 Rencana Pola Penanaman Vertical Planting

- Jarak penanaman antar unit = 5 m
- Banyak unit *vertical planting* dibutuhkan

  1. Jalan Tambak Langon = $\frac{1.650\ m}{(5\ m+2\ m)} = \mathbf{236\ unit}$
     Daya Serap = 236 unit x 4 m^2 x 16,7 kg CO_2 / m^2
     = 15.797 kg CO_2 = 15,79 ton CO_2 / tahun
  2. Jalan Tembok Dukuh = $\frac{826{,}8\ m}{(5\ m+2\ m)} = \mathbf{119\ unit}$
     Daya Serap = 119 unit x 4 m^2 x 16,7 kg CO_2 / m^2
     = 7.965 kg CO_2 = 7,96 ton CO_2 / tahun

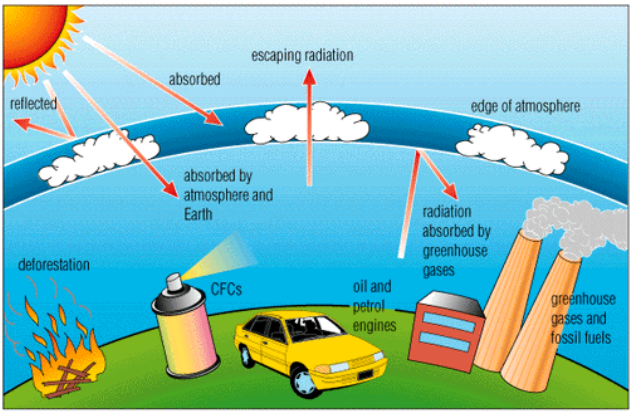
Maka, total penaikan daya serap yang diperoleh apabila menerapkan metode *vertical planting* adalah sebesar 23.762 kg CO_2 / tahun atau 23,76 ton CO_2 / tahun.

b. *Roof Garden*

Menurut Sari (2013), pengimplementasian *Roof Garden* (taman atap) dapat berpotensi sebagai salah satu RTH pada bangunan yang berfungsi untuk meningkatkan luasan RTH kota. *Roof Garden* atau taman atap adalah ruang bervegetasi yang terletak di atas level bangunan, dek atap, atau teras bangunan yang memiliki manfaat dalam nilai kenyamanan dan keindahan, nilai lingkungan, serta nilai ekonomi (Townshend & Duggie, 2007). Dalam penerapannya, taman atap menggunakan media tambahan seperti pot dengan berbagai ukuran, sesuai lahan yang tersedia.

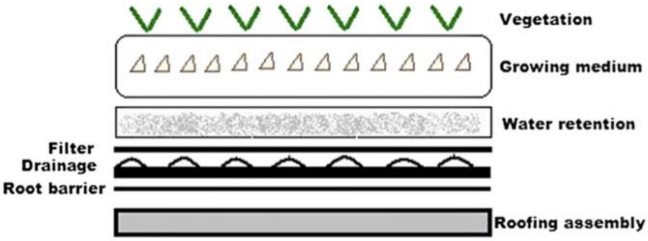
Sumber emisi CO_2 yang dihasilkan mayoritas berada di daratan, namun emisi tersebut tetap dapat diserap oleh tanaman pada taman atap yang terletak di bagian atas bangunan. Hal ini dikarenakan emisi CO_2 yang dihasilkan akan naik ke udara seiring dengan prinsip siklus gas rumah kaca, dimana naiknya emisi CO_2 ke udara tersebut dipengaruhi oleh kenaikan suhu udara yang disebabkan oleh radiasi cahaya matahari. Siklus tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 5.12.

Menurut Pratama (2019), ketika cahaya matahari mengenai permukaan bumi, sekitar 70% dari energi panas tersebut diserap oleh bumi, namun tidak selamanya tersimpan di permukaan bumi, melainkan akan diradiasikan kembali oleh emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan manusia sehingga emisi tersebut lama kelamaan akan terakumulasi dan naik ke atas serta terperangkap pada atmosfer. Berdasarkan hal tersebut, peranan taman atap dapat membantu untuk mereduksi emisi CO_2 yang dihasilkan dari segala kegiatan manusia.



Gambar 5.16 Siklus Gas Rumah Kaca
Sumber: Sainsme

Perencanaan dan perancangan taman atap mempertimbangkan beberapa faktor terkait jenis dan sifat pertumbuhan tanaman, lingkungan media tumbuh, daya dukung slop, fasilitas pembuangan dan konservasi air perlu dipertimbangkan (Sulistyantara, Agung, & Jimmy, 2004).



Gambar 5.17 Potongan Melintang Lapisan Taman Atap
Sumber: Bianchini dan Hewage, 2012

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008, aspek yang harus diperhatikan dalam pembuatan taman atap bangunan adalah:

- Struktur bangunan;

- Lapisan kedap air (*waterproofing*);
- Sistem utilitas bangunan;
- Media tanam;
- Pemilihan material;
- Aspek keselamatan dan keamanan;
- Aspek pemeliharaan peralatan tanaman

Taman atap memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bianchini dan Hewage (2012), Kelebihan dari metode ini adalah:

- Memberikan manfaat bagi lingkungan, seperti mereduksi suhu udara, dapat menjadi pelindung bangunan yang menjadi insulator panas dan mengurangi radiasi sinar matahari terhadap bangunan secara efektif, dapat berperan sebagai lapisan penahan air dan dapat dimanfaatkan untuk menyimpan air hujan dan dapat di daur ulang, meredam suara bising, dan menyaring polusi udara
- Metode ini dapat diterapkan tanpa membutuhkan lahan yang luas sehingga cocok diterapkan pada daerah padat penduduk.

Bila ditinjau dari segi efektivitas, kemampuan daya serap CO_2 metode taman atap dibandingkan dengan RTH publik adalah sebagai berikut:

- Menurut Li, dkk (2010) pada penelitiannya terkait dengan pengujian efisiensi daya serap taman atap setinggi 8 meter dengan area hijau seluas 18,5 m x 11,8 m atau seluas 218,3 m^2 dan terdistribusi tanaman *Ixora chinensis* dengan ukuran tanaman yang sama, area hijau tersebut dapat menyerap 13,8 g CO_2 per menit nya atau sebesar 7,253 ton CO_2 per tahun atau sebesar 33,2 kg CO_2 per meter persegi tiap tahunnya. Efisiensi kemampuan daya serap area hijau tersebut relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan daya serap tanaman pelindung, contohnya Pohon Buni yang banyak ditanam pada RTH publik yang memiliki efisiensi penyerapan sebesar 31,31 ton CO_2 per tahun tiap pohonnya (Gratimah, 2009).
- Li, dkk (2010) juga menjelaskan bahwa efektivitas dari

taman atap terkait dengan daya serap emisi CO_2 bergantung pada kecepatan angin, Semakin rendah kecepatan angin tersebut, semakin signifikan penyerapan emisi CO_2 tersebut dan sebaliknya, semakin tinggi kecepatan angin semakin kurang efektif, sehingga daya serap dari taman atap tersebut tergantung keadaan cuaca. Berkaitan dengan lokasi taman atap yang berada di atas bangunan dan mengalami banyak kontak dengan angin, maka efektivitas penyerapan emisi CO_2 dari taman atap tersebut relatif lebih rendah apabila dibandingkan dengan vegetasi pada RTH publik.

- Menurut PermenPU No.5 Tahun 2008, Jenis tanaman yang digunakan pada tanaman atap pun terbatas karena memiliki kriteria, seperti tidak berakar dalam sehingga mampu tumbuh baik dalam pot atau bak tanaman, relatif tahan terhadap kekurangan air, perakaran dan pertumbuhan batang tidak mengganggu struktur bangunan, dan mudah dalam pemeliharaannya, sehingga tanaman yang digunakan pada metode taman atap adalah tanaman semak dan perdu yang daya serap nya tidak sebesar pohon pelindung.

Namun, meskipun tingkat efektivitasnya dalam penyerapan emisi CO_2 relatif lebih rendah daripada RTH Publik, metode *roof garden* tetap layak menjadi alternatif tambahan di samping RTH publik sebagai agen penyerap emisi CO_2 untuk membantu dalam mereduksi emisi CO_2 yang dihasilkan. Menurut Bianchini dan Hewage (2012), terdapat banyak dampak positif dan keuntungan mereduksi polusi udara dalam pembangunan taman atap tersebut sebagai suatu opsi untuk menerapkan konsep *sustainable environment* pada lingkungan dan sosial. Maka dari itu, disarankan opsi untuk menerapkan metode taman atap untuk menambah luasan penyerapan emisi CO_2 di Zona Barat Kota Surabaya.

Gambar 5.18 Taman Atap Pada Bangunan
Sumber: Rumah123.com

Metode Taman Atap dapat diterapkan pada bagian atap atau bagian teras pada gedung – gedung instansi pemerintahan, sebagai bentuk ekstensifikasi RTH publik yang dikelola oleh pemerintah. Karena tidak terdapat data rinci terkait jumlah gedung instansi pemerintahan tersebut, maka perhitungan luas RTH tersebut dapat dilakukan berdasarkan jumlah penduduk seperti pada Persamaan 3.12 menggunakan data populasi pegawai negeri sipil di Zona Barat Kota Surabaya yang diperoleh dengan mengalikan jumlah tersebut dengan perbandingan luas area Kota Surabaya dengan Zona Barat Kota Surabaya dengan asumsi sebaran pegawai negeri sipil merata di seluruh Kota Surabaya, sebagai berikut:

- Jumlah Pegawai Negeri Sipil Kota Surabaya
  = 50.134 Orang
- Jumlah Pegawai Negeri Sipil di Zona Barat Kota Surabaya
  = 50.134 orang x $\frac{190{,}67\ km^2}{326{,}81\ km^2}$ = 29.250 orang
- Kebutuhan RTH = $29P^{0,7} - 3{,}2P$ (P dalam jutaan orang)
  $29(0{,}02925^{0,7}) - 3{,}2(0{,}02925)$ = 2.353.669,6 m^2
- Daya Serap RTH = 33,2 kg CO_2 / m^2 x 2.353.669,6 m^2
  = 78.200,5 ton CO_2

Karena diasumsikan persebaran pegawai negeri sipil di Zona Barat Kota Surabaya merata di seluruh Zona Barat Kota

Surabaya, maka dapat diasumsikan pula persebaran gedung instansi pemerintah tersebut juga merata di seluruh Zona Barat Kota Surabaya. Sebaran penerapan RTH metode taman atap tersebut pun juga diasumsikan merata, termasuk daya serapnya, dan untuk menentukan nilai nya pada masing – masing kecamatan dilakukan perbandingan luas kecamatan tersebut dengan luas Zona Barat Kota Surabaya. Contoh perhitungan sebaran daya serap penerapan RTH pada daerah Kecamatan Tegalsari adalah sebagai berikut:

- Luas Kecamatan Tegalsari = 4,29 km^2
- Luas total Zona Barat Kota Surabaya = 190,67 km^2
- Daya serap rencana RTH Taman Atap daerah Kecamatan Tegalsari:
  $= \frac{4{,}29\ km^2}{190{,}67\ km^2}\ x\ 78.200{,}5 = 1.759\ ton\ CO_2$

Dari perhitungan tersebut, dapat ditentukan sebaran daya serap rencana penerapan RTH taman atap pada masing – masing daerah kecamatan, yang dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5. 47 Sebaran Daya Serap Rencana Penerapan RTH Taman Atap

Kecamatan	Daya Serap RTH Taman Atap (ton CO_2)
Asemrowo	6.332
Benowo	9.732
Bubutan	1.583
Dukuh Pakis	4.077
Genteng	984
Karangpilang	3.786
Krembangan	3.421
Lakarsantri	7.788
Pabean Cantikan	2.350
Pakal	9.052
Sambikerep	9.712
Sawahan	2.842
Sukomanunggal	3.786
Tandes	4.540

Kecamatan	Daya Serap RTH Taman Atap (ton CO_2)
Tegalsari	1.759
Wiyung	5.110
Wonokromo	1.345
Total	78.200,5

Jenis tanaman yang cocok untuk taman atap diantaranya dalah jenis semak / perdu seperti Tanaman Puring (*Codiaeum varigatum*), Daun Mangkokan (*Notophanax scutelarium*), Sikas (*Cycas revolata*), serta jenis tanaman ground cover seperti Rumput Gajah (*Axonophus compressus*), Lantana Ungu (*Lantana camara*), dan Rumput Kawat (*Cynodon dactylon*).

Kemudian dapat dihitung daya serap RTH pasca optimalisasi RTH tersebut, dengan cara menjumlahkan daya serap RTH eksisting dengan daya serap tambahan yang diperoleh pasca optimalisasi RTH tersebut yang mengacu pada Tabel 5.46, RTH rencana ekstensifikasi taman atap yang mengacu pada Tabel 5.47, dan perhitungan lengkap yang tertera pada Tabel 5.48. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Total Daya Serap CO_2 pada tahun 2045 Kecamatan Asemrowo
- Daya Serap RTH Eksisting = 694 ton CO_2 / tahun
- Daya Serap RTH Rencana Intensifikasi = 77.523 ton CO_2
- Daya Serap RTH Rencana Ekstensifikasi
  a. Vertical Planting di Sepanjang Jalan Tambak Langon, Asemrowo = 15,79 ton CO_2
  b. Rencana Taman Atap = 6.332 ton CO_2
- Daya Serap Total RTH 2045 Kecamatan Asemrowo = Daya Serap RTH Eksisting + Daya Serap RTH Rencana Intensifikasi + Daya Serap RTH Rencana Ekstensifikasi = 84.564 ton CO_2

Upaya optimalisasi dengan metode intensifikasi dan ekstensifikasi RTH menghasilkan penaikan daya serap emisi CO_2 menjadi sejumlah 415.014 ton CO_2 yang diperoleh dari penggantian dan penambahan jenis vegetasi pada RTH, penerapan taman vertikal metode fasad hijau dan *vertical*

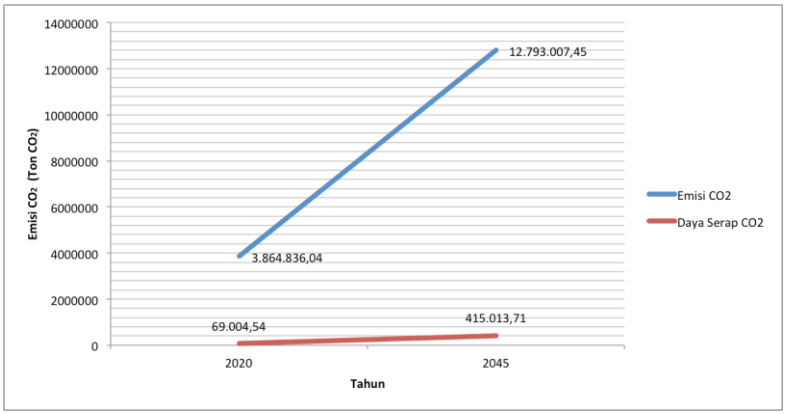
planting, serta penerapan metode taman atap pada bagian atap dan teras gedung milik instansi pemerintah. Daya serap yang dihasilkan tersebut dapat menyerap emisi CO_2 sebesar total 86,80% dari emisi CO_2 yang dihasilkan pada tahun 2045 per daerah masing – masing kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya.

Tabel 5.48 Daya Serap CO_2 oleh RTH

Kecamatan	Emisi CO_2 Per Kecamatan (ton CO_2)		Total Daya Serap CO_2 (ton CO_2)		Persen Serapan CO_2 (%)	
	2020	2045	2020	2045	2020	2045
Asemrowo	323.994	1.142.496	693	84.564	0,21	7,40
Benowo	70.315	185.213	1.620	42.148	2,30	22,76
Bubutan	362.454	1.337.835	374	13.466	0,10	1,01
Dukuh Pakis	63.454	130.821	7.842	18.143	12,36	13,87
Genteng	238.675	629.411	3.199	6.920	1,34	1,10
Karangpilang	507.523	1.573.639	1.260	30.962	0,25	1,97
Krembangan	279.528	886.468	5.496	17.511	1,97	1,98
Lakarsantri	281.387	1.064.231	1.469	12.626	0,52	1,19
Pabean Cantikan	117.111	301.899	846	12.357	0,72	4,09
Pakal	139.664	368.537	13.902	45.520	9,95	12,35
Sambikerep	154.935	340.587	1.382	17.107	0,89	5,02
Sawahan	295.658	1.002.687	3.273	17.460	1,11	1,74
Sukomanunggal	253.825	1.055.778	6.191	29.363	2,44	2,78
Tandes	232.706	868.857	5.194	29.730	2,23	3,42
Tegalsari	169.840	579.909	4.265	10.883	2,51	1,88
Wiyung	228.813	893.683	2.520	15.317	1,10	1,71
Wonokromo	144.955	430.956	9.480	10.935	6,54	2,54
Total	**3.864.836**	**12.793.007**	**69.005**	**415.014**	**46,55**	**86,80**

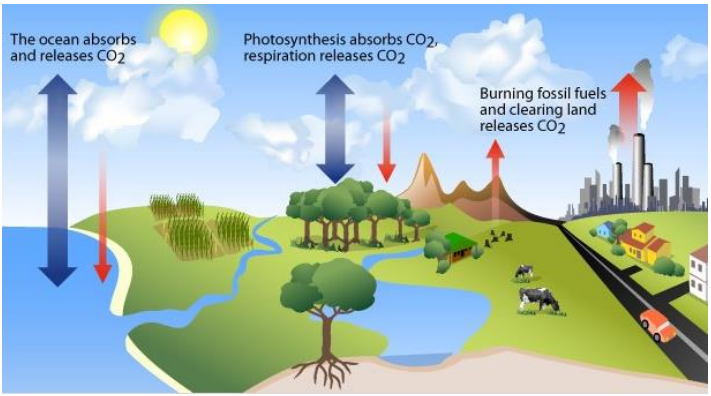
Tabel 5.48 menunjukkan bahwa RTH di Zona Barat Kota Surabaya akan mengalami penaikan nilai serapan pada sebagian besar masing – masing kecamatannya apabila dilakukan optimalisasi menggunakan metode intensifikasi dan ekstensifikasi RTH, namun daya serap RTH di Zona Barat Kota Surabaya akan semakin menurun efektivitasnya pada 25 tahun ke depan karena akan semakin meningkatnya emisi CO_2 yang dihasilkan pada daerah tersebut sehingga RTH tidak dapat mencukupi untuk melakukan penyerapan total emisi CO_2 tersebut, meskipun telah dilakukan optimalisasi untuk menambah

daya serap. Pada tahun 2020, RTH eksisting dapat menyerap total sebesar 46,55% dari emisi yang dihasilkan per masing – masing kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya, sedangkan pada tahun 2045 setelah dilakukan intensifikasi dan ekstensifikasi persen serapan total sebesar 86,80% dari emisi yang dihasilkan per masing – masing kecamatan di Zona Barat Kota Surabaya.



Gambar 5.19 Perbandingan Emisi CO_2 dan Daya Serap CO_2

Gambar 5.19 menunjukkan perbandingan antara nilai emisi dan daya serap CO_2. Pada keduanya mengalami penaikan, namun penaikan nilai daya serap CO_2 pada tahun 2045 berbanding jauh dengan emisi CO_2 pada 2045, sehingga dapat dikatakan bahwa efisiensi penyerapan RTH tersebut berkurang. Meskipun daya serap oleh RTH mempunyai nilai yang kecil, hal ini tak lantas membuat upaya optimalisasi RTH sia –sia karena daya serap RTH tersebut tetap mengalami penaikan, selain itu pada konsep daur global CO_2 tidak seluruhnya emisi CO_2 diserap oleh vegetasi, pada kenyataannya emisi tersebut akan terdispersi oleh angin. Menurut Odum pada tahun 1996, pada prosentase kesetimbangan CO_2 sebesar 0,05% emisi tersebut akan diserap oleh tumbuhan, 1,75% akan tetap berada di atmosfer, dan 98,2% akan larut di dalam lautan.



Gambar 5.20 Daur Global CO_2
Sumber: ABC Science Australia

Penaikan emisi CO_2 yang sangat signifikan pada 25 tahun kedepan memberikan bentuk kontribusi terhadap menurunnya efisiensi daya serap RTH publik ini, maka dari itu diperlukan upaya alternatif untuk mengurangi produksi emisi CO_2, antara lain dengan cara sebagai berikut:

a. Pengelolaan Tanah
   Secara alami, tanah juga menyerap dan menyimpan karbon. Untuk meningkatkan kandungan karbon dalam tanah, menanam tanaman penutup seperti rumput saat lahan tidak ditanami atau digunakan akan dapat memperpanjang siklus fotosintesis dan dapat menyerap emisi CO_2 (Mulligan dkk, 2018).

b. *Carbon Capture and Storage (CCS)*
   Teknologi ini mencakup penangkapan CO_2 yang diproduksi dari berbagai sektor, kemudian mengompresinya untuk selanjutnya dialirkan dan di injeksi kan ke dalam formasi batuan yang sangat dalam untuk di simpan dan digunakan untuk keperluan pembangkit listrik atau fasilitas industri. CCS sudah diterapkan pada beberapa dekade ini, namun metode tersebut membutuhkan biaya yang sangat besar (Bustomi & Kuntoro, 2017).

c. *Bio Energy Carbon Capture and Storage (BECCS)*
Hampir sama seperti metode CCS, namun teknologi ini menggabungkan antara metode CCS dan bio-energi dengan memanfaatkan pohon dan tanaman dalam sistem pembangkit tenaga listrik, pada sektor industri, atau transportasi dan menggunakan biomassa tersebut untuk menyimpan karbon. Karbon tersebut diserap seblum dilepaskan kembali ke atmosfer, kemudian disimpan di bawah tanah. BECCS juga dapat mengonversi limbah, seperti hasil pertanian atau sampah, menjadi bahan bakar. Namun karena sulit diaplikasikan dan masih dalam tahap pengembangan, penerapan metode ini masih belum menjadi prioritas. (Fridahl & Lehtveer, 2018).

d. *Direct Air Capture*
Metode ini merupakan proses kimiawi penangkapan karbon dioksida langsung dari udara normal untuk disimpan di bawah tanah. Teknologi ini juga mirip dengan CCS, hanya saja Direct Air Capture tidak hanya mengurangi emisi, namun menghapus karbon dari atmosfer secara langsung. Namun, teknologi ini boros energi, membutuhkan sumber panas dan daya yang besar dan memiliki biaya penerapan yang mahal (Mulligan dkk, 2018)

e. *Seawater Capture*
Metode ini hamper sama dengan direct air capture, hanya saja karbon dioksida tersebut diambil dari laut. Dengan mengurangi kadar CO_2 di lautan, air laut akan menyerap lebih banyak emisi karbon dari udara untuk mencapai kesetimbangan. Karbon yang ditangkap akan menjadi bahan bakar. Sulitnya pemasangan teknologi ini di lautan menjadi tantangan tersendiri, dan biaya untuk investasi nya juga mahal, namun teknologi ini dapat menjadi salah satu alternatif yang baik untuk jangka panjang (Mulligan dkk, 2018).

f. Efisiensi Energi
Penghematan pemakaian energi dapat sangat membantu dalam mengurangi emisi CO_2. Upaya tersebut diantaranya penghematan pemakaian energi fossil dan menggantinya dengan energi yang lebih ramah lingkungan, seperti tenaga

air, tenaga angin untuk pembangkit listrik, tenaga surya, dan tenaga listrik untuk kendaraan bermotor. Upaya lainnya yaitu mengurangi pemakaian transportasi dan penggunaan kendaraan pribadi dan beralih ke penggunaan transportasi massal sehingga emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi berkurang, atau dapat juga dapat beralih ke kendaraan yang tidak menggunakan bahan bakar fossil yang menghasilkan emisi CO_2, seperti menggunakan sepeda, becak, delman, atau berjalan kaki. (Samiaji, 2009)

5.3.2 Pemeliharaan RTH

Dalam upaya optimalisasi RTH dengan cara intensifikasi, RTH eksisting harus dipelihara dengan baik. Ketentuan pemeliharaan RTH berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH, yaitu pemupukan, penyiraman, dan pemangkasan.

a. Pemupukan

Prinsip dasar pemupukan adalah mensuplai hara tambahan yang dibutuhkan sehingga tanaman tidak kekurangan makanan. Pupuk yang diberikan pada tanaman dapat berupa pupuk organik maupun pupuk anorganik (misalnya NPK atau urea). Pupuk yang digunakan untuk pohon-pohon taman biasanya pupuk majemuk NPK.

b. Penyiraman

Tujuan penyiraman tanaman, selain untuk mennyeimbangkan laju evapotranspirasi, juga berfungsi melarutkan garam-garam mineral dan juga sebagai unsur utama pada proses fotosintesis. Waktu penyiraman pada dasarnya dapat dilakukan kapan saja saat dibutuhkan. Waktu penyiraman terbaik adalah pada pagi atau sore hari. Penyiraman siang hari hendaknya dilakukan langsung pada permukaan tanah, tidak pada permukaan daun tanaman.

c. Pemangkasan

Tujuan pemangkasan tanaman adalah untuk menjaga keamanan dan kesehatan tanaman. Waktu pemangkasan yang tepat adalah setelah masa pertumbuhan generatif

tanaman (setelah selesai masa pembungaan) dan sebelum pemberian pupuk. Pemangkasan tanaman dapat dilakukan dengan tujuan untuk kesehatan pohon, untuk keamanan penggunaan taman, untuk keamanan pengguna jalan, serta untuk tujuan estetis

d. Pengendalian Hama dan penyakit Tanaman

Hama tanaman dapat disebabkan oleh hewan, baik berupa serangga, molusca maupun hewan lainnya seperti burung, kambing, kelinci dan sebagainya. Sedangkan penyakit tanaman disebabkan oleh jamur, bakteri, virus, nematoda dan penyakit fisiologis. Pengendalian hama dan penyakit tanaman dapat dilakukan dengan cara karantina, mekanis, fisik, teknik budidaya, biologi dan kimiawi.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah produksi emisi CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman, dan industri di Zona Barat Kota Surabaya adalah sejumlah 3.864.836,04 ton CO_2 / tahun. Hasil proyeksi dari emisi CO_2 untuk 25 tahun ke depan (2045) adalah 12.793.007,4 ton CO_2
2. Kemampuan daya serap pada RTH publik eksisting di Zona Barat Kota Surabaya adalah 69.004,54 ton CO_2 / tahun, dimana nilai tersebut mencakup 46,55% dari emisi CO_2 yang dihasilkan total tiap kecamatannya
3. Rencana hasil evaluasi terhadap daya serap RTH eksisting bertujuan untuk meningkatkan daya serap pada RTH dan mengoptimalisasi fungsi RTH. Peningkatan daya serap RTH eksisting dapat diterapkan dengan 2 alternatif:
   a. Melakukan Intensifikasi RTH dengan mengganti jenis dan menambahkan jumlah vegetasi pohon pelindung pada jalur hijau, pulau jalan, dan sempadan sungai.
   b. Menerapkan penambahan luas RTH dengan mengaplikasikan metode *vertical garden* dan *roof garden* sebagai solusi dari ekstensifikasi RTH pada lahan yang terbatas di wilayah Zona Barat Kota Surabaya
   c. Hasil optimalisasi RTH dengan melakukan intensifikasi dan ekstensifikasi ini dapat meningkatkan daya penyerapan menjadi sebesar 415.014 ton CO_2 atau sebesar total 86,80% dari emisi CO_2 di masing masing kecamatan pada Zona Barat Kota Surabaya tahun 2045.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat direkomendasikan untuk analisis kecukupan RTH sebagai penyerap CO_2 pada masa mendatang, antaralain:

1. Menghitung daya serap RTH privat di Zona Barat Kota Surabaya karena RTH Privat juga berkontribusi besar dalam penyerapan emisi CO_2

2. Menganalisa dengan spesifik terkait RTH yang berada pada sempadan sungai, sempadan pantai, area SUTT, dan sempadan rel kereta api pada Zona Barat Kota Surabaya karena RTH yang berada pada daerah tersebut juga berperan penting dalam penyerapan emisi CO_2

DAFTAR PUSTAKA

_____. 2007. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.*

_____. 2008. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan.*

Adiastari, R. 2010. *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Menyerap Emisi Karbon di Kota Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Aulia, W., Kusnoputranto, H., dan Utomo, Suyud W. 2019. *Optimasi Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Melalui Perhitungan Potensi Rosot Karbon (Suatu Studi di PLTU XYZ).* IJEEM: Indonesian Journal of Environmental Education and Management Vol.4 No. 2.

Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya (BLH). 2018. *Laporan Akhir Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 2018*. Surabaya: BLH

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2012. *Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Di Indonesia.* Jakarta : BMKG.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. *Data Statistik Angka Harapan Hidup Indonesia*. Jakarta: BPS

Bianchini, Fabricio dan Hewage, Kasun. 2012. *Elsevier Building and Environment: How "green" are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials*. Canada: University of British Columbia.

Bustomi, Tabironi A., dan Kuntoro, P. 2017. *Teknologi Carbon Capture and Storage (CCS) System Dengan Menggunakan Metode Perancangan Pinch*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dahlan, E.N. 2004. *Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota*. Bogor: IPB Press

Dahlan, E. N. 2008. *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO_2 Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut

Pertanian Bogor.
Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2018. *Profil Keanekaragaman Hayati & Ekosistem Kota Surabaya 2018*. Surabaya, Jawa Timur: Pemerintah Kota Surabaya.
Dwiyani, R. 2013. *Mengenal Tanaman Pelindung di Sekitar Kita*. Bali: Udayana University Press.
Eckbo, G. 1964. *Urban Landscape Design*. United States of America: McGrawHill, Inc.
Ernawati, R. 2015. *Optimalisasi Fungsi Ekologis Ruang Terbuka Hijau di Kota Surabaya*. EMARA Indonesian Journal of Architecture , 1 (2), 60-68.
Fatnawati, E. 2018. *Studi Perbandingan Gas Buang Kendaraan Bermotor SMA Se-Bandar Lampung*. Bandar Lampung: Universitas Islam Negeri Raden Intan Bandar Lampung.
Fridahl, M. dan Lehtveer, M. 2018. Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS): Global potential, investment preferences, and deployment barriers. Energy Research & Social Science 42; 115-165.
Ghozali, A., Pamungkas, A., & Santoso, E. B. 2017. *Faktor Keseimbangan Lingkungan Terhadap Emisi Gas CO_2 di Wilayah Perkotaan Gresik.* Prosiding SENATEK 2017.
Gratimah, R. G. 2009. Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO_2 Antropogenik di Pusat Kota Medan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
Hakim dan Utomo. 2004. *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap*. Jakarta: Bumi Aksara.
Handriyono, R. E., & Kusuma, M. N. 2017. *Estimasi Beban Emisi SO2 dan NOx Dari Kegiatan Industri di Karang Pilang Surabaya. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V (p. 22)*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
Hariyati. 2009. *Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas Di Kota Makassar.* Surabaya: Simposium XII FSTPT Universitas Kristen Petra Surabaya
Imaniar, D., Mawardi, M., dan Ngadisih. 2016. *Analisis Laju dan Efisiensi Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh*

Tanaman Lidah Mertua (Sansevieria trifasciata lorentii). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *IPCC Guidelines for National Green House Gas Inventories Chapter 2: Stationary Combustion.* USA: IPCC

Irwan, Z. Djamal. 2005. *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Jakarta: Bumi Aksara.

Junaedi, Ahmad. 2008. *Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida*. Riau: Info Hutan Vol. V No. 1 : 1-7, 2008

Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II – Volume I: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Buku Informasi Statistik – PUPR 2017*. Jakarta: Pusat data dan informasi (PUSDATIN)

Kohler, M. 2008. *Green Façades - A View Back And Some Visions. Urban Ecosyst*, 423-426.

Kurdi. 2008. *Pengaruh Emisi CO_2 dari Sektor Perumahan Perkotaan Terhadap Kualitas Lingkungan Global*. Bandung: Jurnal Urban Planning

Kusumaningrum, Nanny. 2016. *Efektivitas Polusi Udara dengan Metode Vertical Garden.* Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Labiba, D., & Pradoto, W. 2018. *Sebaran Emisi CO_2 dan Implikasinya Terhadap Penataan Ruang Area Industri di Kendal. Jurnal Pengembangan Kota*, 6 (2), 164-173.

Li, Jian-Feng, Wai, Onyx W.H. Li, Y. S., Zhan, Jie-min, Ho, Y. Alexander, Li, James & Lam, Eddie. 2010. *Effect of Green Roof on Ambient CO_2 Concentration*. Hong Kong: Elsevier Building and Environment Vol. 45: 2644-2651

Lundin, N., & Ng, S. 2009. *Feasibility Study on EU-China: Low Carbon Technology and Investment Demonstration*. London: E3G

Mahmud. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: PUSTAKA SETIA

Mangkoedihardjo, S. 2008. *Integritas Fitoteknologi dalam Sanitasi Lingkungan untuk Pembangunan Berkelanjutan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Mangkoedihardjo, S. & Samudro, G. (2010). *Fitoteknologi Terapan.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Marchi, Michela., Pulselli, R. M., Marchettini, Nadia., Pulselli, F. M., dan Bastianoni, Simone. 2014. *Carbon Dioxide Sequestration Model of a Vertical Greenery System*. Italy: Elsevier Ecological Modelling.

Muhammad, Janu, dan Setiawan, Hari P. 2013. *Taman Vertikal Susun (Vertical Garden Stacking) Sebagai Solusi Degradasi Ruang Terbuka Hijau di Kota Yogyakarta*. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta.

Mulligan, J., Ellison, G., dan Levin, K. 2018. *Menghapus Polusi Karbon Dari Langit*. Jakarta: World Resources Institute Indonesia.

Mulyadin, R. M., & Gusti, R. E. 2013. *Analisis Kebutuhan Luasan Area Hijau Berdasarkan Daya Serap CO_2 di Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah*. Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan , 10 (4), 264-273.

Murti, Izzati Winda. 2015. *Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO_2 Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Novananda, Erizal & Setiawan, Rulli Pratiwi. 2015. *Persebaran Spasial Produksi Emisi Karbon Dioksida (CO_2) dari Penggunaan Lahan Permukiman di Kawasan Perkotaan Gresik Bagian Timur*. Surabaya: JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 1, (2015) ISSN: 2337-3539

Nurdjanah, N. 2015. Emisi CO_2 Akibat Kendaraan Bermotor di Kota Denpasar. Jurnal Penelitian Transportasi Darat , 17 (1), 1-2.

Odum, E. P. 1996. *Dasar – Dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Pentury, T. 2003. *Disertasi: Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO_2 Pada Tanaman Hutan Kota*. Surabaya: Universitas Airlangga.

Pratama, Riza. 2019. *Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi*. Buletin

Utama Teknik Vol. 14 No. 2, Januari 2019.

Pratiwi, S. R. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Pemukiman Dalam Menyerap Emisi CO_2 dan Memenuhi Kebutuhan O2 di Surabaya Utara (Studi Kasus: Kecamatan Kenjeran)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Purwaningsih, S. 2007. *Kemampuan Serapan Karbondioksida Pada Tanaman Hutan Kota di Kebun Raya Bogor.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Putra, E. H. 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*. Info BPK Manado , 2 (1), 46.

Rachmawati, N. D. 2011. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO_2 di Perkotaan Menggunakan Program STELLA (Studi Kasus: Surabaya Barat)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Rijal, S. 2008. *Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Makassar Tahun 2017*. Jurnal Hutan dan Masyarakat , III (1), 001-110.

Rizkatania, Radinia. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO_2 dan Memenuhi Kebutuhan O_2 Manusia di Surabaya Pusat (Studi Kasus: Kecamatan Tegalsari).* Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Roshintha, R. R. 2016. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi Gas Karbon Dioksida (CO_2) Kawasan Kampus ITS Sukolilo, Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Salim, E. 1993. Pembangunan Berwawasan Lingkungan. Jakarta: Lembaga Penelitian, Pendidikan, dan Penerangan Ekonomi dan Sosial.

Salisbury, F. B. dan Ross, C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: Penerbit ITB.

Samiaji, Tomi. 2009. *Upaya Mengurangi CO_2 di Atmosfer*. Berita

Dirgantara X (3), 92 - 95.
Sari, Suzanna Ratih, Iswanto, Dhanoe., & Indrosaptono, Djoko. 2016. *Peningkatan Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Ruang Terbuka Kota Yang Sehat, Studi Kasus: Kawasan Kota Lama Semarang*. Semarang: Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Sari, L. P. 2013. *Studi Potensi Taman Atap Untuk Meningkatkan Luasan RTH Kota*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
Steven, P. S. T. 2006. *Kemampuan Serapan Karbondioksida 5 (Lima) Jenis Tanaman Hutan Kota*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
Sugiyono. 2007. *Metodologi Penelitian Bisnis*. Jakarta: PT. Gramedia.
Sulistyantara, B., Agung, S., & Jimmy, S. 2004. *Panduan Rancang Bangun Roof Garden*. Jakarta: Suku Dinas Pertamanan.
Sutaryo, Dandun. 2009. *Penghitungan Biomassa (Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon).* Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
Suyitno, A. 2006. *Modul Pembinaan Tim Olimpiade Biologi SMAN 8 Yogyakarta*. Yogyakarta: Biologi FMIPA UNY.
Syafiq, M. 2017. *Perancangan Taman Vertikal Pada Lingkungan Koridor Padat Kota Dengan Pendekatan Konsep Sustainable Urban Landscape*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
Townshend, D., & Duggie, A. 2007. *Study on Green Roof Application in Hongkong*. Hongkong: Urbis Ltd.
Ulfa, Lina M. 2018. *Collaborative Governance Dalam Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Taman Kota Di Surabaya.* Surabaya: Program Studi Ilmu Administrasi Negara, FISIP, Universitas Airlangga
Widodo, Nur Aziz. 2014. *Analisis Estimasi Kemampuan Daya Serap Emisi Karbon Dioksida (CO_2) Berdasarkan Biomassa Hijau Melalui Pemanfaatan Citra Alos Avnir-2.* Surakarta: Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Widowati, Hening. 2008. *Aplikasi Konsep Fitoteknologi dalam Pembelajaran Biologi pada Sekolah Hijau*. Lampung: FKIP Universitas Muhammadiyah Metro.

Widyanadiari, S. Ratri. 2011. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO_2 Di Perkotaan Menggunakan Program STELLA (Studi Kasus : Surabaya Pusat & Selatan).* Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lampiran A
Data survey *traffic counting* oleh DISHUB Kota Surabaya

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Jl. Stasiun Wonokromo						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
		Motor	**Bensin**	**Diesel**		
Jam Puncak I	**1**	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
	06.00-06.10	1604	245	11	0	2
	06.10-06.20	1626	257	8	1	3
	06.20-06.30	1614	264	11	0	3
	06.30-06.40	1517	414	16	0	17
	06.40-06.50	1422	345	15	1	2
	06.50-07.00	1434	385	27	0	12
	07.00-07.10	1426	360	28	0	10
	07.10-07.20	1390	392	17	0	8
	07.20-07.30	1334	342	15	0	5
	07.30-07.40	1277	331	9	0	0
	07.40-07.50	1270	300	2	2	3
	07.50-08.00	1162	305	6	3	8
Jam Puncak II	16.00-16.10	897	314	18	0	7
	16.10-16.20	895	300	24	1	5
	16.20-16.30	976	322	26	0	3
	16.30-16.40	981	325	33	2	2
	16.40-16.50	1034	330	29	0	1
	16.50-17.00	1079	324	16	0	4
	17.00-17.10	1062	336	21	0	4
	17.10-17.20	1078	315	19	0	7
	17.20-17.30	1049	342	17	0	4
	17.30-17.40	1168	380	18	0	4
	17.40-17.50	1083	403	13	0	3
	17.50-18.00	1180	415	15	0	8
Jumlah		29558	8046	414	10	125
Rata-Rata Per Jam		7390	2012	104	3	31

Jl. Diponegoro						
Waktu		Jenis Kendaraan				
Periode	Interval	Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus Besar	Truk Besar
			Bensin	Diesel		
Jam Puncak I	1	2	3	4	9	10
	06.00-06.10	1882	513	12	0	0
	06.10-06.20	1841	464	13	1	0
	06.20-06.30	1856	389	13	1	0
	06.30-06.40	1851	324	20	0	0
	06.40-06.50	1587	350	9	0	0
	06.50-07.00	1574	367	15	0	0
	07.00-07.10	1590	379	20	1	0
	07.10-07.20	1486	384	14	1	1
	07.20-07.30	1510	374	17	2	0
	07.30-07.40	1517	354	20	0	0
	07.40-07.50	1464	330	18	1	1
	07.50-08.00	1427	330	13	0	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	1454	593	18	0	1
	16.10-16.20	1492	609	17	0	0
	16.20-16.30	1474	649	26	2	0
	16.30-16.40	1501	673	21	1	0
	16.40-16.50	1556	634	21	0	2
	16.50-17.00	1516	641	23	1	0
	17.00-17.10	1531	617	17	1	0
	17.10-17.20	1589	625	14	0	0
	17.20-17.30	1652	638	19	0	0
	17.30-17.40	1641	601	11	0	0
	17.40-17.50	1683	622	11	0	0
	17.50-18.00	1624	616	12	0	0
Jumlah		38298	12076	394	12	5
Rata-Rata Per Jam		9575	3019	99	3	1

Jl. Urip Sumoharjo						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	2981	999	20	2	1
	06.10-06.20	3178	916	17	3	3
	06.20-06.30	2672	1062	16	1	0
	06.30-06.40	2831	1276	26	3	2
	06.40-06.50	2716	1210	21	8	3
	06.50-07.00	2712	1238	18	1	0
	07.00-07.10	2550	774	30	2	0
	07.10-07.20	2908	857	30	0	2
	07.20-07.30	2833	736	38	0	3
	07.30-07.40	2962	798	32	2	2
	07.40-07.50	2985	728	47	1	1
	07.50-08.00	2566	719	39	0	1
Jam Puncak II	16.00-16.10	1716	875	30	2	0
	16.10-16.20	1691	882	34	0	0
	16.20-16.30	1694	866	26	4	2
	16.30-16.40	1670	813	22	0	0
	16.40-16.50	1626	838	23	1	0
	16.50-17.00	1565	820	21	0	1
	17.00-17.10	1641	804	35	1	0
	17.10-17.20	1612	823	25	1	0
	17.20-17.30	1638	869	21	0	0
	17.30-17.40	1623	799	27	1	0
	17.40-17.50	1612	809	29	1	0
	17.50-18.00	1579	806	24	1	0
Jumlah		53561	21317	651	35	21
Rata-Rata Per Jam		13390	5329	163	9	5

Jl. Basuki Rahmat						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	1578	439	5	2	0
	06.10-06.20	1564	469	7	0	0
	06.20-06.30	1647	457	4	0	0
	06.30-06.40	1656	455	6	1	0
	06.40-06.50	1529	394	5	4	0
	06.50-07.00	1508	385	6	2	0
	07.00-07.10	1502	362	5	1	0
	07.10-07.20	1498	373	16	0	0
	07.20-07.30	1483	337	10	2	0
	07.30-07.40	1465	350	12	1	0
	07.40-07.50	1453	360	10	1	0
	07.50-08.00	1432	366	6	0	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	1453	246	7	1	0
	16.10-16.20	1459	255	11	0	0
	16.20-16.30	1391	260	10	0	0
	16.30-16.40	1375	250	8	0	0
	16.40-16.50	1362	281	11	0	0
	16.50-17.00	1364	284	9	0	0
	17.00-17.10	1175	227	14	0	0
	17.10-17.20	1362	214	8	0	0
	17.20-17.30	1174	206	10	0	0
	17.30-17.40	1165	217	8	1	0
	17.40-17.50	1213	220	7	1	0
	17.50-18.00	1217	220	8	0	0
Jumlah		34025	7627	203	17	0
Rata-Rata Per Jam		8506	1907	51	4	0

Jl. Embong Malang						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
Jam Puncak I	**1**	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
	06.00-06.10	1211	237	6	2	1
	06.10-06.20	1139	227	12	1	0
	06.20-06.30	1050	288	10	0	0
	06.30-06.40	1471	246	15	2	0
	06.40-06.50	1363	289	13	1	0
	06.50-07.00	1275	300	8	1	0
	07.00-07.10	1226	281	11	2	0
	07.10-07.20	1306	270	12	1	0
	07.20-07.30	1407	263	9	1	0
	07.30-07.40	1352	249	6	2	0
	07.40-07.50	1236	213	4	1	0
	07.50-08.00	1116	219	2	2	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	882	199	1	0	0
	16.10-16.20	876	170	2	0	0
	16.20-16.30	877	181	1	1	0
	16.30-16.40	891	205	2	0	0
	16.40-16.50	893	226	3	1	0
	16.50-17.00	875	226	2	0	0
	17.00-17.10	973	262	1	0	0
	17.10-17.20	946	276	2	0	0
	17.20-17.30	963	250	2	0	0
	17.30-17.40	976	237	1	0	0
	17.40-17.50	932	240	0	0	0
	17.50-18.00	991	257	0	0	0
Jumlah		26227	5811	125	18	1
Rata-Rata Per Jam		6557	1453	31	5	0

Jl. Kedungdoro						
Waktu		Jenis Kendaraan				
Periode	Interval	Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus Besar	Truk Besar
			Bensin	Diesel		
	1	2	3	4	9	10
Jam Puncak I	06.00-06.10	1014	219	7	0	0
	06.10-06.20	1001	233	6	0	0
	06.20-06.30	993	213	9	0	0
	06.30-06.40	1036	212	12	1	0
	06.40-06.50	1070	228	5	0	0
	06.50-07.00	1137	210	7	0	0
	07.00-07.10	1001	207	6	0	0
	07.10-07.20	1035	227	9	0	0
	07.20-07.30	1046	239	8	1	0
	07.30-07.40	1010	243	12	0	0
	07.40-07.50	1012	296	9	0	0
	07.50-08.00	946	251	6	0	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	1065	384	14	0	0
	16.10-16.20	1106	393	14	1	0
	16.20-16.30	1187	389	14	2	0
	16.30-16.40	1149	416	12	1	0
	16.40-16.50	1145	420	16	0	0
	16.50-17.00	1210	436	15	0	0
	17.00-17.10	1226	387	9	1	0
	17.10-17.20	1227	414	13	2	0
	17.20-17.30	1207	419	8	0	0
	17.30-17.40	1212	468	10	0	0
	17.40-17.50	1273	406	12	0	0
	17.50-18.00	1212	424	8	0	0
Jumlah		26520	7734	241	9	0
Rata-Rata Per Jam		6630	1934	60	2	0

Jl. Bubutan						
Waktu		Jenis Kendaraan				
Periode	Interval	Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus Besar	Truk Besar
			Bensin	Diesel		
	1	2	3	4	9	10
Jam Puncak I	06.00-06.10	672	329	18	1	0
	06.10-06.20	243	312	10	2	0
	06.20-06.30	681	339	13	1	1
	06.30-06.40	597	321	14	3	0
	06.40-06.50	655	388	17	1	1
	06.50-07.00	697	342	10	0	0
	07.00-07.10	577	326	21	2	2
	07.10-07.20	598	308	17	1	0
	07.20-07.30	603	328	17	0	1
	07.30-07.40	582	359	26	2	2
	07.40-07.50	591	338	21	0	0
	07.50-08.00	611	399	20	1	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	602	221	31	2	0
	16.10-16.20	624	208	28	0	0
	16.20-16.30	618	202	26	1	0
	16.30-16.40	628	218	29	0	0
	16.40-16.50	631	224	33	0	0
	16.50-17.00	642	231	36	3	0
	17.00-17.10	654	269	37	0	0
	17.10-17.20	659	266	28	1	0
	17.20-17.30	668	275	37	0	0
	17.30-17.40	673	286	39	0	0
	17.40-17.50	669	279	43	0	0
	17.50-18.00	675	288	45	1	0
Jumlah		14850	7056	616	22	7
Rata-Rata Per Jam		3713	1764	154	6	2

Jl. Indrapura						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	1069	216	12	4	1
	06.10-06.20	1042	199	12	3	1
	06.20-06.30	1026	172	14	3	1
	06.30-06.40	1003	150	6	3	2
	06.40-06.50	1077	156	10	2	0
	06.50-07.00	1044	200	15	3	0
	07.00-07.10	1059	202	16	2	2
	07.10-07.20	1086	168	25	4	3
	07.20-07.30	1032	160	24	1	1
	07.30-07.40	1011	142	25	2	1
	07.40-07.50	1009	143	25	2	3
	07.50-08.00	1006	138	30	3	2
Jam Puncak II	16.00-16.10	941	111	14	2	1
	16.10-16.20	951	115	17	1	3
	16.20-16.30	962	123	17	0	3
	16.30-16.40	971	127	14	0	1
	16.40-16.50	982	120	25	0	0
	16.50-17.00	971	141	14	0	0
	17.00-17.10	1011	140	12	1	1
	17.10-17.20	1021	143	14	1	0
	17.20-17.30	1032	161	15	0	0
	17.30-17.40	1045	160	20	0	0
	17.40-17.50	1059	169	17	2	0
	17.50-18.00	1075	191	17	1	0
Jumlah		24485	3747	410	40	26
Rata-Rata Per Jam		6121	937	103	10	7

Jl. Perak Barat						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	1261	120	10	1	6
	06.10-06.20	1320	126	11	0	7
	06.20-06.30	1342	139	13	1	7
	06.30-06.40	1354	140	11	2	2
	06.40-06.50	1378	136	12	0	9
	06.50-07.00	1391	139	12	1	5
	07.00-07.10	1416	153	14	1	9
	07.10-07.20	1392	154	18	0	5
	07.20-07.30	1384	148	15	0	6
	07.30-07.40	1396	147	21	2	5
	07.40-07.50	1371	146	20	0	5
	07.50-08.00	1391	138	18	0	6
Jam Puncak II	16.00-16.10	1199	206	13	0	19
	16.10-16.20	1193	203	15	0	17
	16.20-16.30	1181	208	14	0	14
	16.30-16.40	1176	205	15	0	17
	16.40-16.50	1171	208	19	0	18
	16.50-17.00	1092	209	25	0	23
	17.00-17.10	1083	218	8	0	22
	17.10-17.20	1075	228	12	0	17
	17.20-17.30	1045	234	14	0	26
	17.30-17.40	1051	228	8	0	18
	17.40-17.50	1032	230	12	0	21
	17.50-18.00	1046	232	27	0	19
Jumlah		29740	4295	357	8	303
Rata-Rata Per Jam		7435	1074	89	2	76

Jl. Perak Timur						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	1137	179	24	1	2
	06.10-06.20	1149	174	24	0	2
	06.20-06.30	2099	158	15	1	1
	06.30-06.40	980	141	15	0	1
	06.40-06.50	911	143	16	0	1
	06.50-07.00	870	137	13	1	1
	07.00-07.10	781	132	17	0	1
	07.10-07.20	731	124	21	1	1
	07.20-07.30	699	117	24	0	3
	07.30-07.40	680	117	24	1	1
	07.40-07.50	686	128	20	0	6
	07.50-08.00	692	133	22	0	2
Jam Puncak II	16.00-16.10	892	300	27	2	11
	16.10-16.20	927	298	24	0	12
	16.20-16.30	936	293	24	1	13
	16.30-16.40	971	289	29	2	15
	16.40-16.50	986	243	37	1	14
	16.50-17.00	977	256	38	2	10
	17.00-17.10	1011	253	21	3	15
	17.10-17.20	1021	272	32	1	12
	17.20-17.30	1371	213	34	1	15
	17.30-17.40	1272	211	38	1	13
	17.40-17.50	1281	201	35	0	17
	17.50-18.00	1297	202	24	1	12
Jumlah		24357	4714	598	20	181
Rata-Rata Per Jam		6089,25	1178,5	149,5	5	45,25

Jl. Jenderal Sudirman						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	833	321	6	0	0
	06.10-06.20	781	296	11	0	0
	06.20-06.30	936	309	13	1	0
	06.30-06.40	981	280	4	2	0
	06.40-06.50	1119	269	9	0	0
	06.50-07.00	1033	252	4	2	0
	07.00-07.10	973	333	15	1	0
	07.10-07.20	920	384	19	5	0
	07.20-07.30	873	322	18	1	0
	07.30-07.40	891	310	13	1	0
	07.40-07.50	903	299	10	2	0
	07.50-08.00	866	290	14	1	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	830	366	5	2	0
	16.10-16.20	836	350	5	0	0
	16.20-16.30	833	354	4	1	0
	16.30-16.40	847	366	2	0	0
	16.40-16.50	858	375	3	0	0
	16.50-17.00	861	388	6	0	0
	17.00-17.10	871	395	2	2	0
	17.10-17.20	866	386	4	0	0
	17.20-17.30	861	392	5	0	0
	17.30-17.40	868	393	3	0	0
	17.40-17.50	879	399	2	2	0
	17.50-18.00	881	411	5	1	1
Jumlah		21400	8240	182	24	1
Rata-Rata Per Jam		5350	2060	46	6	0

Jl. Mayjend Sungkono						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	1305	328	15	1	2
	06.10-06.20	1426	361	18	0	4
	06.20-06.30	1450	376	18	1	0
	06.30-06.40	1425	381	14	0	1
	06.40-06.50	1412	358	9	1	0
	06.50-07.00	1415	343	10	2	0
	07.00-07.10	1373	351	21	0	1
	07.10-07.20	1393	375	21	2	0
	07.20-07.30	1395	397	17	0	0
	07.30-07.40	1382	393	17	1	2
	07.40-07.50	1386	416	15	2	0
	07.50-08.00	1394	410	23	0	1
Jam Puncak II	16.00-16.10	1999	607	16	1	0
	16.10-16.20	1918	684	19	0	0
	16.20-16.30	1910	660	16	2	0
	16.30-16.40	1907	616	15	2	0
	16.40-16.50	1910	672	13	0	0
	16.50-17.00	1924	677	11	0	0
	17.00-17.10	1669	693	11	1	0
	17.10-17.20	1806	698	11	0	0
	17.20-17.30	2014	684	13	0	0
	17.30-17.40	2014	670	14	2	0
	17.40-17.50	1940	724	9	0	0
	17.50-18.00	1929	681	13	1	1
Jumlah		39696	12555	359	19	12
Rata-Rata Per Jam		9924	3139	90	5	3

Jl. Pemuda						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	766	288	10	1	0
	06.10-06.20	775	294	16	0	0
	06.20-06.30	785	277	15	0	0
	06.30-06.40	760	346	14	0	0
	06.40-06.50	722	313	13	1	0
	06.50-07.00	751	300	14	0	1
	07.00-07.10	732	283	10	0	0
	07.10-07.20	721	265	11	0	0
	07.20-07.30	718	250	10	1	0
	07.30-07.40	706	239	13	0	0
	07.40-07.50	698	227	9	0	0
	07.50-08.00	712	242	10	0	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	792	186	12	0	0
	16.10-16.20	782	212	16	0	0
	16.20-16.30	793	232	13	1	0
	16.30-16.40	729	240	8	1	0
	16.40-16.50	736	240	14	2	0
	16.50-17.00	743	258	7	0	0
	17.00-17.10	793	289	11	2	0
	17.10-17.20	797	251	4	0	0
	17.20-17.30	829	290	7	0	0
	17.30-17.40	836	307	7	0	0
	17.40-17.50	843	285	7	0	1
	17.50-18.00	852	219	7	0	0
Jumlah		18371	6333	258	9	2
Rata-Rata Per Jam		4593	1583	65	2	1

Jl. Prof. Dr. Moestopo						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
	1	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
Jam Puncak I	06.00-06.10	1641	449	28	2	0
	06.10-06.20	1679	454	34	0	0
	06.20-06.30	1662	491	28	1	0
	06.30-06.40	1642	497	25	1	0
	06.40-06.50	1719	513	25	1	0
	06.50-07.00	1702	525	33	1	0
	07.00-07.10	1744	498	21	2	0
	07.10-07.20	1707	519	28	2	0
	07.20-07.30	1676	503	20	1	0
	07.30-07.40	1686	486	24	1	0
	07.40-07.50	1689	489	26	0	0
	07.50-08.00	1563	525	21	0	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	1121	542	42	1	0
	16.10-16.20	1145	553	36	2	0
	16.20-16.30	1166	553	42	2	0
	16.30-16.40	1177	570	33	1	0
	16.40-16.50	1192	590	31	1	0
	16.50-17.00	1180	608	37	0	0
	17.00-17.10	1206	618	32	1	0
	17.10-17.20	1222	621	34	1	0
	17.20-17.30	1213	635	26	0	0
	17.30-17.40	1219	652	26	3	0
	17.40-17.50	1203	671	30	0	0
	17.50-18.00	1190	670	30	1	0
Jumlah		34344	13232	712	25	0
Rata-Rata Per Jam		8586	3308	178	6	0

Jl. Kertajaya Indah						
Waktu		**Jenis Kendaraan**				
Periode	**Interval**	**Sepeda Motor**	**Kendaraan Penumpang**		**Bus Besar**	**Truk Besar**
			Bensin	**Diesel**		
Jam Puncak I	**1**	**2**	**3**	**4**	**9**	**10**
	06.00-06.10	1694	461	12	2	0
	06.10-06.20	1698	435	8	2	0
	06.20-06.30	1718	473	10	1	0
	06.30-06.40	1733	479	10	2	0
	06.40-06.50	1729	450	9	0	0
	06.50-07.00	1731	462	9	2	0
	07.00-07.10	1727	482	13	1	0
	07.10-07.20	1610	484	13	1	0
	07.20-07.30	1636	482	9	2	0
	07.30-07.40	1525	578	11	1	0
	07.40-07.50	1605	476	7	1	0
	07.50-08.00	1604	487	9	1	0
Jam Puncak II	16.00-16.10	1665	441	11	1	0
	16.10-16.20	1688	495	12	1	1
	16.20-16.30	1735	451	16	1	1
	16.30-16.40	1731	442	18	2	0
	16.40-16.50	1726	443	13	1	0
	16.50-17.00	1723	463	14	2	1
	17.00-17.10	1721	470	12	0	0
	17.10-17.20	1736	453	13	0	0
	17.20-17.30	1697	482	13	0	0
	17.30-17.40	1664	467	16	0	0
	17.40-17.50	1731	448	10	0	0
	17.50-18.00	1720	443	6	0	0
Jumlah		40547	11247	274	24	3
Rata-Rata Per Jam		10137	2812	69	6	1

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran B
Rincian Perhitungan Proyeksi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Proyeksi Emisi CO_2 pada Sektor Transportasi

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			Emisi	%	
1	2017	1.646.241	1.646.241	0,000	0
2	2018	1.816.038	169.797	10,314	0,10314
3	2019	1.993.270	177231,9399	9,759	0,09759
Jumlah		**5455549,917**	**1993270,414**	**20**	**0,200735131**
Rata - rata pertumbuhan emisi					**0,06691**
Standar Deviasi					**0,00392**
Standar Atas Data					**0,07084**
Standar Bawah Data					**0,06299**

a. Perhitungan penentuan metode proyeksi

Metode Aritmatika							
No.	Tahun	Jumlah Emisi (t CO_2)	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
1	2017	1646241	1	0	0	1	0
2	2018	1816038	2	169.797	339594	4	28831172510
3	2019	1993270	3	177.232	531695	9	31411160508
Jumlah			6	347029,3854	871290	14	60242333019
r			0,8840				

Metode Least-Square							
No.	Tahun	Jumlah Emisi (t CO_2)	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
1	2017	1646241,029	1	1646241,029	1646241,029	1	2,71011E+12
2	2018	1816038,474	2	1.816.038	3632076,949	4	3,298E+12
3	2019	1993270,414	3	1.993.270	5979811,243	9	3,97313E+12
Jumlah			6	5455549,917	11258129,22	14	9,98123E+12
r			0,9999				

Metode Geometri							
No.	Tahun	Jumlah Emisi (t CO_2)	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
1	2017	1646241	1	14,3140	14,3140	1	204,890
2	2018	1816038	2	14,4121	28,8243	4	207,710
3	2019	1.993	3	14,5052	43,51586182	9	210,4033588
Jumlah			6	43,2314	86,65420295	14	623,0046875
r			0,9999				

b. Perhitungan proyeksi Transportasi

$$Pn = Po \times (1 + r)^{dn}$$

Keterangan:

Pn = Proyeksi tahun ke-*n*

Po = 1.993.270 ton CO_2

r = 0,06691

dn = 25 tahun

$$Pn = 1.993.270\ x\ (1 + 0{,}06691)^{25}$$
$$= \mathbf{10.064.189}\ \textbf{ton } \mathbf{CO_2}$$

Proyeksi Penduduk Emisi CO_2 Sektor Permukiman

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			Jiwa	%	
1	2014	1345146	0	0,000	0
2	2015	1384969	39823	2,960	0,02960
3	2016	1417643	32675	2,359	0,02359
4	2017	1443152	25509	1,799	0,01799
5	2018	1450105	6953	0,482	0,00482
Jumlah		**7041015**	**104959**	**8**	**0,076008936**
Rata - rata pertumbuhan penduduk					**0,01520**
Standar Deviasi					**0,01058**
Standar Atas Data					**0,02578**
Standar Bawah Data					**0,00462**

a. Perhitungan penentuan metode proyeksi

Metode Aritmatika							
No.	**Tahun**	**Jumlah Penduduk (Jiwa)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2014	1345145	1	0	0	1	0
2	2015	1384968	2	39.823	79645,3	4	1585843821
3	2016	1417643	3	32.675	98023,5	9	1067623171
4	2017	1443152	4	25.509	102035	16	650708978,5
5	2018	1450105	5	6.953	34765,8	25	48346530,3
Jumlah			15	104959	314470	55	3352522501
r			-0,0037				

Metode Least-Square							
No.	**Tahun**	**Jumlah Penduduk (Jiwa)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2014	1345145	1	1345145	1345145	1	1,809E+12
2	2015	1384968	2	1384968	2769937	4	1,918E+12
3	2016	1417643	3	1417643	4252929	9	2,009E+12
4	2017	1443152	4	1443152	5772608	16	2,082E+12
5	2018	1450105	5	1450105	7250526	25	2,102E+12
Jumlah			15	7041014	21391146	55	9,922E+12
r			0,97				

Metode Geometri							
No.	**Tahun**	**Jumlah Penduduk (Jiwa)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2014	1345145	1	14,11201	14,1120	1	199,1489125

Metode Geometri							
No.	**Tahun**	**Jumlah Penduduk (Jiwa)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X²**	**Y²**
2	2015	1384968	2	14,1411	28,2823	4	199,9731982
3	2016	1417643	3	14,1645	42,4935	9	200,6332372
4	2017	1443152	4	14,1823	56,7293	16	201,1387741
5	2018	1450105	5	14,1871	70,9357	25	201,2751313
Jumlah			15	70,7871	212,5530	55	1002,169253
r			0,97				

b. Perhitungan proyeksi Penduduk

$$Pn = Po \times (1 + r)^{dn}$$

Keterangan:

Pn = Proyeksi tahun ke-*n*

Po = 1450105 jiwa

r = 0,01520

dn = 25 tahun

$$Pn = 1450105\ x\ (1 + \mathbf{0,01520})^{25}$$

$$= 2.114.516 \text{ jiwa}$$

Proyeksi Industri pada Emisi CO_2 Sektor Industri

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			Industri	%	
1	2005	202	0	0,000	0
2	2006	202	0	0,000	0,00000
3	2007	214	12	5,941	0,05941
4	2008	214	0	0,000	0,00000
5	2009	214	0	0,000	0,00000
Jumlah		**1046**	**12**	**6**	**0,059405941**
Rata - rata pertumbuhan penduduk					**0,01188**
Standar Deviasi					**0,02970**
Standar Atas Data					**0,04158**
Standar Bawah Data					**-0,01782**

a. Perhitungan penentuan metode proyeksi

Metode Aritmatika							
No.	**Tahun**	**Jumlah Industri Besar**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2005	202	1	0	0	1	0
2	2006	202	2	0	0	4	0
3	2007	214	3	12	36	9	144
4	2008	214	4	0	0	16	0
5	2009	214	5	0	0	25	0
Jumlah			15	12	36	55	144
r			0				

Metode Least-Square							
No.	**Tahun**	**Jumlah Industri Besar**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2005	202	1	202	202	1	40804
2	2006	202	2	202	404	4	40804
3	2007	214	3	214	642	9	45796
4	2008	214	4	214	856	16	45796
5	2009	214	5	214	1070	25	45796
Jumlah			15	1046	3174	55	218996
r			0,866				

Metode Geometri							
No.	**Tahun**	**Jumlah Industri Besar**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2005	202	1	5,308	5,308267697	1	28,17770595
2	2006	202	2	5,308	10,61653539	4	28,17770595

Metode Geometri							
No.	**Tahun**	**Jumlah Industri Besar**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X²**	**Y²**
3	2007	214	3	5,365	16,09792805	9	28,79369859
4	2008	214	4	5,365	21,46390406	16	28,79369859
5	2009	214	5	5,365	26,82988008	25	28,79369859
Jumlah			15	26,71	80,31651527	55	142,7365077
r			0,866				

b. Perhitungan proyeksi Industri Penduduk

$$Pn = Po \times (1 + r)^{dn}$$

Keterangan:

Pn = Proyeksi tahun ke-*n*

Po = 13 (Industri di kawasan Karangpilang dan Margomulyo)

r = 0,01188

dn = 25 tahun

$$Pn = 13\ x\ (1 + \mathbf{0,01188})^{25}$$

$$= 18 \text{ Industri}$$

Proyeksi Hewan Ternak pada Emisi CO_2 Permukiman

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			ekor	%	
1	2009	23296	0	0,000	0,00000
2	2013	25246	1949,815306	1,084	0,08370
3	2015	25560	314,4675194	1,012	0,01246
Jumlah		**74102**	**2264,282825**	**2**	**0,096152561**
Rata - rata pertumbuhan penduduk					**0,01603**
Standar Deviasi					**0,04516**
Standar Atas Data					**0,06118**
Standar Bawah Data					**-0,02913**

a. Perhitungan penentuan metode proyeksi

Metode Aritmatika							
No.	**Tahun**	**Jumlah Hewan Ternak (ekor)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2009	23296	1	0	0	1	0
2	2013	25246	2	1.950	3899,630611	4	3801779,726
3	2015	25560	3	314	943,4025581	9	98889,82073
Jumlah			6	2264	4843,033169	14	3900669,546
r			0,15				

Metode Least-Square							
No.	**Tahun**	**Jumlah Hewan Ternak (ekor)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2009	23296	1	23296	23296,26725	1	542716067,8
2	2013	25246	2	25246	50492,16511	4	637364684,4
3	2015	25560	3	25560	76681,65022	9	653341720,1
Jumlah			6	74102	150470,0826	14	1833422472
r			0,92				

Metode Geometri							
No.	**Tahun**	**Jumlah Hewan Ternak (ekor)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
1	2009	23296	1	10,05604	10,05604	1	101,1241099
2	2013	25246	2	10,13642	20,27285	4	102,7471377
3	2015	25560	3	10,14880	30,44641	9	102,9982516
Jumlah			6	30,34128	60,77531	14	306,8694992

Metode Geometri							
No.	**Tahun**	**Jumlah Hewan Ternak (ekor)**	**X**	**Y**	**X*Y**	**X^2**	**Y^2**
r			0,92				

b. Perhitungan proyeksi Hewan Ternak

$$Pn = Po \times (1 + r)^{dn}$$

Keterangan:

Pn = Proyeksi tahun ke-*n*

Po = 15276 ekor (Hewan Ternak tahun 2020

r = 0,04516

dn = 25 tahun

$$Pn = 15276\ x\ (1 + \mathbf{0,01188})^{25}$$

$$= 40.125 \text{ ekor}$$

Lampiran C
RTH Taman Aktif dan Pasif di Zona Barat Kota Surabaya

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Taman Kawasan Tengger Kandangan	Taman Aktif	Jl.Raya Tengger Kandangan Rt. 3 Sekitar Masjid Al Muslim	Benowo	284
Wisma tengger VI	Taman Aktif	Jl. Wisma Tengger RT 04 RW 04	Benowo	133
Klakah Rejo gg Raya	Taman Aktif	Jl. Klakah Rejo gg Raya	Benowo	343
Klakah Rejo Gg Sekolahan	Taman Aktif	Jl. Klakah Rejo Gg Sekolahan	Benowo	320
Pembuatan Taman Kawasan Bandarejo	Taman Aktif	Di Dalam Area Rusun	Benowo	312
Rusun Bandarejo	Taman Aktif	Sekitar Rusun Bandarejo	Benowo	278
Sememi	Taman Aktif	Jl. Kendung	Benowo	400
Tengger Kandangan	Taman Pasif	Jl. Tengger Kandangan	Benowo	1172
Kawasan Sememi	Taman Pasif	Median Jl. Sememi	Benowo	1925
Kendung	Taman Pasif	Jl. Raya Kendung	Benowo	150
Dukuh Kupang GX	Taman Aktif	Dukuh Kupang GX	Dukuh Pakis	118
Dukuh Kupang	Taman Pasif	Jl. Dukuh Kupang	Dukuh Pakis	5292
Interchange Mayjen Sungkono	Taman Pasif	Jl. Mayjen Sungkono	Dukuh Pakis	30000
Kupang Indah	Taman Pasif	Jl. Kupang Indah	Dukuh Pakis	2268
Kupang Indah III	Taman Pasif	Jl. Kupang Indah III	Dukuh Pakis	1810
Kupang Indah IX	Taman Pasif	Jl. Kupang Indah IX	Dukuh Pakis	1190
Kupang Indah VIII	Taman Pasif	Jl. Kupang Indah VIII	Dukuh Pakis	1250
Kupang Indah XV	Taman Pasif	Jl. Kupang Indah XV	Dukuh Pakis	336
Kupang Jaya	Taman Pasif	Jl. Kupang Jaya	Dukuh Pakis	2090
TMP Sepuluh November	Taman Pasif	TMP Sepuluh November Jl. Mayjend Sungkono	Dukuh Pakis	2439
Gunungsari	Taman Pasif	Jl. Gunung Sari	Dukuh Pakis	1477
Jogoloyo	Taman Pasif	Stren Kali Jl. Jogoloyo	Dukuh Pakis	74
Darmo Permai 3	Taman Pasif	Jl. Darmo Permai	Dukuh Pakis	3318

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Raya		Raya		
JH Darmo Permai	Taman Pasif	Jl. Darmo Permai	Dukuh Pakis	21280
Pedestrian HR Muhammad	Taman Pasif	Ujung barat sisi selatan hingga depan kecamatan Dukuh Pakis	Dukuh Pakis	946
Bundaran Yono Soewoyo	Taman Pasif	Jl Mayjend Yono Soewoyo	Dukuh Pakis	3355
Apsari	Taman Aktif	Jl. Gubernur Suryo	Genteng	5300
Bambu Runcing (Taman AIS Nasution)	Taman Aktif	Jl. Panglima Sudirman	Genteng	9149
Keputran	Taman Aktif	Jl. Kayoon No. 90	Genteng	1127
Kombes M. Duryat	Taman Aktif	Jl. Kombes Pol. M. Duryat	Genteng	850
Tm BMX Ketabang	Taman Aktif	Jl. Ketabang Kali	Genteng	4500
Tm Ekspresi	Taman Aktif	Jl. Genteng Kali No. 67	Genteng	6019
Balai Pemuda	Taman Pasif	Jl. Pemuda	Genteng	536
Embong Trengguli	Taman Pasif	Jl. Embong Trengguli	Genteng	437
Ex. SPBU Kombes Pol. M. Duryat	Taman Pasif	Jl. Kombes Pol M. Duryat	Genteng	1796
Karapan Sapi	Taman Pasif	Jl. Panglima Sudirman	Genteng	474
Pemuda	Taman Pasif	Jl. Pemuda	Genteng	287
Rot. Pemuda - Kayun + pojok kayun	Taman Pasif	Jl. Pemuda	Genteng	396
Rot. Yos Sudarso	Taman Pasif	Jl. Yos Sudarso	Genteng	135
Yos Sudarso	Taman Pasif	Jl. Yos Sudarso	Genteng	1400
Karang Pilang Perbatasan	Taman Pasif	Perbatasan Surabaya - Gresik	Karangpilang	13
Mastrip Surya	Taman Pasif	Jl. Mastrip Surya	Karangpilang	205
Rusun warugunung	Taman Pasif	Rusun warugunung	Karangpilang	422
Jembatan Merah (Jayenggrono) / Taman Sejarah	Taman Aktif	Jl. Rajawali - Taman Jayengrono No. 2	Krembangan	5231
Krembangan	Taman Aktif	Jl. Krembangan Barat / Timur	Krembangan	1100
Raya Sedayu	Taman Aktif	Jl. Raya Sedayu	Krembangan	482

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Rembang Selatan	Taman Pasif	Jl. Rembang Selatan	Krembangan	341
Bak Bunga Jl. Indrapura	Taman Pasif	Jl. Indrapura	Krembangan	220
Bapemil	Taman Pasif	Jl. Indrapura	Krembangan	2165
Indrapura	Taman Pasif	Jl. Indrapura	Krembangan	63
Kejaksaan Negeri Tanjung Perak Surabaya	Taman Pasif	Jl. Kemayoran Baru No.1	Krembangan	159
Palmboom	Taman Pasif	Jl. Gresik	Krembangan	1045
Parangkusuma	Taman Pasif	Jl. Parangkusuma	Krembangan	1093
Rajawali	Taman Pasif	Jl. Rajawali	Krembangan	1728
Rot. Indrapura	Taman Pasif	Jl. Indrapura	Krembangan	425
Rot. Jembatan merah	Taman Pasif	Jl. Rajawali	Krembangan	88
Rot. Jl. Gresik	Taman Pasif	Jl. Gresik	Krembangan	224
Rot. Palmboom	Taman Pasif	Rotonde palmboom	Krembangan	368
Rot. Parangkusumo	Taman Pasif	Jl. Parangkusumo	Krembangan	148
Bawah Rel Kereta Kebonrojo	Taman Pasif	Jl. Pahlawan	Krembangan	81
Demak	Taman Pasif	JH Depan Makam Mbah Ratu	Krembangan	635
Gatotan	Taman Pasif	Jl. Gatotan	Krembangan	450
Kasuari	Taman Pasif	Jl. Kasuari	Krembangan	155
Rot. Kebonrojo	Taman Pasif	Jl. Kebonrojo	Krembangan	28
Rot. Pasar Turi	Taman Pasif	Rotonde pasar turi	Krembangan	351
Rot. Rajawali	Taman Pasif	Rotonde rajawali	Krembangan	87
SWK Indrapura	Taman Pasif	SWK Indrapura	Krembangan	116
Taman Rusun Pesapan	Taman Pasif	Rusun Pesapen	Krembangan	306
Tm Kebonrojo (Seb. BI)	Taman Pasif	Jl. Kebonrojo	Krembangan	672
Median Jl. Gresik	Taman Pasif	Jl gresik	Krembangan	32
Rot. Jl. Gresik	Taman Pasif	Rot. Jl. Gresik	Krembangan	137
Perak Barat/Timur	Taman Pasif	Jl. Perak	Krembangan	20051
Jl Bangkingan	Taman Aktif	Sekitar Kelurahan Bangkingan	Lakarsantri	163
Lakarsantri	Taman Aktif	Jl. Bangkingan Timur IV	Lakarsantri	171
Puskesmas Jeruk	Taman Pasif	Jl. Raya Menganti Jeruk No. 145	Lakarsantri	30
Kawasan Candi Lempung	Taman Aktif	Jl. Candi Lempung Xv No. 0 Rt. 6 ,	Lontar	157

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
		Tanah Fasum		
Lontar	Taman Pasif	JH. Jl. Lontar	Lontar	1046
Rusun Pesapen	Taman Aktif	Rusun Pesapen	Pabean Cantikan	170
Teluk Bayur	Taman Aktif	Jl. Teluk Bayur	Pabean Cantikan	122
Bibis	Taman Pasif	Jl. BIbis	Pabean Cantikan	1500
Rot. Bunguran	Taman Pasif	Rotonde kya kya	Pabean Cantikan	48
Rot. Kembang jepun	Taman Pasif	Rotonde kembang jepun	Pabean Cantikan	18
Stren kali Jl. Karet	Taman Pasif	Karet sepanjang kali hingga Kembang Jepun	Pabean Cantikan	446
Jl. Dukuh	Taman Pasif	Sepanjang Jalan Dukuh	Pabean Cantikan	1296
Nyamplungan	Taman Pasif	Taman gapura ampel	Pabean Cantikan	206
Bundaran Perak	Taman Pasif	bundaran perak	Pabean Cantikan	264
Asem Rowo	Taman Pasif	Jl. Asem rowo	Pabean Cantikan	665
Jembatan Petekan	Taman Pasif	Jembatan Petekan	Pabean Cantikan	466
Rot. Jl. Jakarta	Taman Pasif	Jl. Jakarta	Pabean Cantikan	178
Rot. Petekan	Taman Pasif	Jl. Jakarta	Pabean Cantikan	246
Sisingamangaraja	Taman Pasif	Jl. Jakarta	Pabean Cantikan	550
Taman Pakal	Taman Aktif	Sebelah kelurahan Babat Jerawat BTKD	Pakal	902
Perum Pondok Benowo Indah	Taman Aktif	Perum Pondok Benowo Indah	Pakal	518
Rusunawa Tambak Osowilangon	Taman Aktif	Rusunawa Tambak Osowilangon	Pakal	274
Pakal (Taman Cahaya)	Taman Aktif	Jl. Babat Jerawat	Pakal	5525
Tambak Dono	Taman Aktif	Depan Kelurahan Tambak Dono Sebelah kelurahan Babat Jerawat	Pakal	261

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
		BTKD		
Taman Sekitar Jalan Raya Sumberejo	Taman Aktif	Jl. Raya Sumberejo	Pakal	326
Sumberejo	Taman Aktif	Jl. Sumberejo, Sebelah Timur Desa Langgeng RT 03 RW 03	Pakal	113
Green Belt TPA Benowo	Taman Pasif	Green Belt TPA Benowo	Pakal	114556
Perum Pondok Benowo Indah	Taman Pasif	Perum Pondok Benowo Indah	Pakal	372
RW 02 Dukuh Kapasan, Kelurahan Sambikerep	Taman Aktif	Jl. Bumi Tengger	Sambikerep	494
Sambiarum Blok 3 B	Taman Pasif	Jl. Sambiarum Blok 3B RT04 RW0	Sambikerep	112
Bangkingan I	Taman Aktif	Jl. Bangkingan I (Wisma Lidah Kulon RT 01 RW 04)	Sambikerep	238
Kantor Kecamatan Sambikerep	Taman Aktif	Kantor Kecamatan Sambikerep	Sambikerep	103
Dukuh Kupang Timur I	Taman Aktif	Jl. Dukuh Kupang Timur I RT. 2 RW. 3	Sawahan	991
Eks Lokaliasi	Taman Aktif	Jl. Kupang Gunung Timur I No. 30 dan 32	Sawahan	342
Taman Kawasan Sawahan	Taman Aktif	Kel Putat Jaya RW VIII / Jl. Dukuh Kupang Barat I	Sawahan	364
Bintang Diponggo	Taman Aktif	Jl. Mayjen Sungkono	Sawahan	3364
Dukuh Kupang Timur	Taman Pasif	Jl. Dukuh Kupang Timur	Sawahan	15500
Rot. Petemon Timur	Taman Pasif	Jl. Petemon Timur	Sawahan	135
Depan Sekolah Giki (Ex lahan bekas kebakaran)	Taman Pasif	Jl. Dukuh Kupang Utara I No.2	Sawahan	150
Dukuh Kupang Utara I	Taman Pasif	Depan SMA Giki I	Sawahan	319

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Bintang Diponggo	Taman Pasif	Jl. Mayjen Sungkono	Sawahan	3364
Rot. Blauran	Taman Pasif	Peremp. Blauran-Embong Malang	Sawahan	124
Rot. Kranggan (arah ke arjuno)	Taman Pasif	Kranggan (arah ke arjuno)	Sawahan	55
Taman Kawasan Raya Simo Hilir Utara	Taman Aktif	Jl. Raya Simo Hilir Utara Raya RT 02 RW 04	Sukomanunggal	150
Simorejo Timur VIII	Taman Aktif	Jl. Simorejo Timur VIII	Sukomanunggal	288
Kupang Jaya Indah	Taman Aktif	Jl. Kupang Jaya Indah (Simo Hilir Barat)	Sukomanunggal	541
Donowati VI, Gg Makam RT 6	Taman Aktif	Jl. Donowati VI, Gg Makam RT 6	Sukomanunggal	49
Simorejo	Taman Aktif	Jl. Simorejo Timur	Sukomanunggal	252
Simorejo	Taman Aktif	Jl. Simorejo Gg X	Sukomanunggal	38
Sukomanunggal Baru	Taman Aktif	Jl. Sukomanunggal Baru PJKA Sekitar Kantor Kecamatan Tandes	Sukomanunggal	62
Taman Kawasan Sukomanunggal	Taman Aktif	Jl. Sukomanunggal Jaya I RT 01 RW 03	Sukomanunggal	200
Jalan Taman Satelit	Taman Aktif	Jl. Taman Satelit Timur RT 01 RW 03	Sukomanunggal	130
Satelit Utara	Taman Aktif	Jl. Satelit Utara VIII No. 18 RT 06 RW 03	Sukomanunggal	418
Perbatasan Gresik	Taman Pasif	Perbatasan Gresik	Sukomanunggal	1887
Darmo Satelit Timur	Taman Pasif	Jl. Darmo Satelit Timur	Sukomanunggal	1786
Darmo Satelit Utara VII	Taman Pasif	Jl. Darmo Satelit Utara VII	Sukomanunggal	628
Darmo Satelit Utara VIII	Taman Pasif	Jl. Darmo Satelit Utara VIII	Sukomanunggal	810
HR. Muhammmad	Taman Pasif	Jl. HR. Muhammmad	Sukomanunggal	17510

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Banyu Urip - Manukan	Taman Pasif	Box Culvert Banyu Urip	Sukomanunggal	10325
Pattimura	Taman Pasif	Jl. Pattimura	Sukomanunggal	7255
Kejaksaan Negeri Kota Surabaya	Taman Pasif	Jl. Sukomanunggal Jaya 1	Sukomanunggal	105
Kantor Kelurahan Tanjungsari	Taman Pasif	Jl. Tanjungsari No. 72	Sukomanunggal	97
Puskesmas Tanjungsari	Taman Pasif	Jl. Tanjungsari No. 116	Sukomanunggal	429
Raya Satelit Selatan	Taman Pasif	Jl. Raya Satelit Selatan	Sukomanunggal	2660
Rotonde Tanjungsari	Taman Pasif	Jl. Tanjungsari	Sukomanunggal	78
Satelit Indah Raya	Taman Pasif	Jl. Satelit Indah Raya	Sukomanunggal	1146
Sukomanunggal Jaya II	Taman Pasif	Jl. Sukomanunggal Jaya II	Sukomanunggal	4984
Sukomanunggal Jaya IX	Taman Pasif	Jl. Sukomanunggal Jaya IX	Sukomanunggal	4212
Sukomanunggal Jaya VIII	Taman Pasif	Jl. Sukomanunggal Jaya VIII	Sukomanunggal	2542
Balongsari	Taman Aktif	Jl. Balongsari	Tandes	681
Manukan Ior	Taman Aktif	Jl. Manukan Ior	Tandes	1858
Manukan Lor IV	Taman Aktif	Jl. Manukan Lor IV	Tandes	384
Manukan Rejo Blok I Gg Masjid	Taman Aktif	Manukan Rejo Blok I Gg Masjid RT 8 RW 6	Tandes	64
Darmo Indah Asri	Taman Aktif	Jl. Darmo Indah Asri RT 03 RW 03	Tandes	673
Manukan Kulon	Taman Aktif	Jl. Manukan Yoso	Tandes	119
Manukan Rukun II	Taman Aktif	Jl. Manukan Rukun II	Tandes	100
Taman Kawasan Manukan Peni	Taman Aktif	Jl. Manukan Peni	Tandes	153
Taman Manukan Mulyo II	Taman Aktif	Jl. Manukan Mulyo II	Tandes	340
Jalan Sikatan	Taman Aktif	Jl. Sikatan 3	Tandes	166
Darmo Indah Timur	Taman Aktif	Jl. Darmo Indah Timur I RT 1 RW. 6	Tandes	28

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
JH. Margomulyo	Taman Pasif	Jl. Margomulyo	Tandes	29750
Rot. Margomulyo (paving)	Taman Pasif	Jl. Margomulyo	Tandes	824
Banjar Sugihan	Taman Pasif	Jl. Banjar Sugihan	Tandes	1875
Jl. Darmo Indah Asri	Taman Pasif	Jl. Darmo Indah Asri Rw 04 Rt 04	Tandes	453
Taman Balongsari	Taman Pasif	Sekitar pom bensin balongsari	Tandes	845
Tubanan	Taman Pasif	Tubanan Baru Utara	Tandes	144
Manukan Tama	Taman Pasif	Jl. Manukan Tama	Tandes	7033
Darmo Baru Barat	Taman Pasif	JH. Jl. Darmo Baru Barat IV (Belakang SCTV)	Tandes	2772
Ex. SPBU Sikatan - Veteran	Taman Pasif	Jl. Sikatan - Veteran	Tandes	984
Bintoro	Taman Pasif	Jl. Bintoro	Tegalsari	750
Diponegoro	Taman Pasif	Jl. Diponegoro	Tegalsari	15035
Dr. Sutomo	Taman Pasif	Jl. Dr. Sutomo	Tegalsari	7818
Imam Bonjol	Taman Pasif	Jl. Imam Bonjol	Tegalsari	1338
JH. Diponegoro	Taman Pasif	Jl. Diponegoro	Tegalsari	29
Rot. Dr. Sutomo	Taman Pasif	Jl. Dr. Sutomo	Tegalsari	103
Rot. Kartini - Diponegoro	Taman Pasif	Kartini - Diponegoro	Tegalsari	210
Rot. pertigaan Tunjungan - Embong malang	Taman Pasif	Jl. Embong Malang	Tegalsari	301
Rot. WR. Supratman	Taman Pasif	WR. Supratman	Tegalsari	211
Arjuno	Taman Pasif	Jl. Arjuno	Tegalsari	5074
Embong Malang	Taman Pasif	Jl. Embong Malang	Tegalsari	440
Jl Kedung Klinter	Taman Pasif	Jl Kedung Klinter	Tegalsari	226
Kedungdoro	Taman Pasif	Jl. Kedungdoro	Tegalsari	240
Rot. Kedungdoro	Taman Pasif	Jl. Kedungdoro	Tegalsari	268
Rot. Pecindilan	Taman Pasif	Jl. Pecindilan	Tegalsari	56
Rot. Tegalsari	Taman Pasif	Jl. Tegalsari	Tegalsari	483
Rotonde Psr Kupang	Taman Pasif	Jl. Diponegoro	Tegalsari	107
Simpang Lonceng	Taman Pasif	Jl. Basuki Rachmad	Tegalsari	392
Stren kali Jl. Diponegoro (Psr. Burung)	Taman Pasif	Jl. Diponegoro	Tegalsari	1040
Bak bunga Jl. Urip	Taman Pasif	Jl. Urip Sumoharjo	Tegalsari	249

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Sumoharjo				
Dinoyo Tenun RT 8 RW 5	Taman Pasif	Dinoyo Tenun RT 8 RW 5	Tegalsari	
Pajajaran Dinoyo	Taman Pasif	Pajajaran Dinoyo	Tegalsari	62
Pojok Kali Keputran selatan	Taman Pasif	Pojok Kali Keputran selatan	Tegalsari	138
Polisi Istimewa	Taman Pasif	Jl. Polisi Istimewa	Tegalsari	9
Rot. Dinoyo - Mojopahit	Taman Pasif	Dinoyo - Mojopahit	Tegalsari	156
Rot. Pos Polisi Urip Sumoharjo	Taman Pasif	Jl. Urip Sumoharjo	Tegalsari	300
Cendana	Taman Pasif	Jl. Kombes Pol. M. Duryat	Tegalsari	3410
Jl. Cempaka	Taman Pasif	Jl. Cempaka Rw 03 Rt 04	Tegalsari	81
Pasar Kembang	Taman Pasif	Jl. Pasar Kembang	Tegalsari	3540
Rot. Arjuno - Pasar kembang	Taman Pasif	Arjuno - Pasar kembang	Tegalsari	268
Rot. Segitiga Pasar Kupang	Taman Pasif	Jl. Pasar Kembang	Tegalsari	330
Babatan pilang	Taman Aktif	Babatan Pilang Telaga Gg 2 RW 01 dan RW 02	Wiyung	202
Balas Klumprik	Taman Aktif	BTKD Area sekitar kantor kelurahan Balas Klumprik	Wiyung	218
Balas Klumprik BTKD	Taman Aktif	BTKD Jl. Balas Klumprik 92	Wiyung	1556
Fasum Perum Pondok Maritim	Taman Aktif	Fasum Perum Pondok Maritim RT 03 RW 07	Wiyung	524
Klumprik Timur	Taman Aktif	Jl. Taman Klumprik Timur	Wiyung	216
Mozaik	Taman Aktif	Jl. Wiyung Praja	Wiyung	1556
Taman Pondok Indah Wiyung	Taman Aktif	Fasum Taman Pondok Indah Wiyung	Wiyung	215
Wiyung Indah	Taman Aktif	Jl. Wiyung Indah XV (Perum Taman Pondok Indah)	Wiyung	582
Eks PKL Kali Makmur	Taman Pasif	Jl. Menganti Dk. Gemol RT 6 RW 3	Wiyung	8
Jl. Babadan Wiyung Pedestrian	Taman Pasif	Jl Wiyung depan mitra 10 - lampu merah arah unesa	Wiyung	3957

NAMA RTH	JENIS RTH	L O K A S I	KECAMA-TAN	LUAS (m2)
Setia Tamara	Taman Pasif	Jl. Raya Wiyung	Wiyung	3957
Wiyung	Taman Pasif	Stren Kali Wiyung	Wiyung	580
Taman Bungkul	Taman Aktif	Jl. Raya Darmo	Wonokromo	14517
Taman Lesti	Taman Aktif	Jl. Lesti	Wonokromo	2214
Taman Ronggolawe (Gunungsari)	Taman Aktif	Jl. Joyoboyo	Wonokromo	3940
Mayangkara	Taman Aktif	Jl. A. Yani	Wonokromo	7440
Bahari	Taman Pasif	Jl. Darmo	Wonokromo	1935
Depan Kebun Binatang	Taman Pasif	Jl. Raya Darmo	Wonokromo	6943
Indragiri	Taman Pasif	Jl. Indragiri	Wonokromo	271
Jl. Diponegoro Pedestrian	Taman Pasif	Depan Hotel Oval - Giant Diponegoro	Wonokromo	7091
Kelurahan Darmo	Taman Pasif	Jl. Kampar No. 10	Wonokromo	3
Raya Darmo	Taman Pasif	Jl. Raya Darmo	Wonokromo	14800
Setail	Taman Pasif	Jl. Setail (pedestrian)	Wonokromo	1282
Rot. Waringin	Taman Pasif	Jl. Waringin	Wonokromo	124
Adityawarman/Sungkono	Taman Pasif	Jl. Adityawarman	Wonokromo	10927
Batang Hari	Taman Pasif	Jl. Batang Hari (Belakang KPU)	Wonokromo	658
KPU Adityawarman	Taman Pasif	Jl. Adityawarman Pedestrian depan KPU	Wonokromo	644
Rolak Gunung Sari	Taman Pasif	Jl. Rolak Gunung Sari	Wonokromo	5865
Rotonde Gunungsari	Taman Pasif	Jl. Gunungsari dpn Hilton	Wonokromo	280
Timur Terminal	Taman Pasif	Jl. Joyoboyo	Wonokromo	3154
Wono Agung	Taman Pasif	Jl. Wono Agung	Wonokromo	1133
Wonoboyo	Taman Pasif	Jl. Wonoboyo	Wonokromo	771
Wonosari Kidul	Taman Pasif	Jl. Wonokusumo Kidul	Wonokromo	120

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Bekasi, pada tanggal 2 Juli 1998. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah melalui berbagai pendidikan formal, beberapa diantaranya adalah SMPN 1 Bekasi dan SMA Insan Cendekia Madani Boarding School, Tangerang Selatan. Penulis kemudian melanjutkan pendidikannya di Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK ITS pada tahun 2016 dengan terdaftar pada NRP 03211640000122. Pada masa perkuliahan, penulis aktif berkontribusi di berbagai organisasi seperti Society of Petroleum Engineers ITS Student Chapter sebagai staf *Public Relation* pada tahun 2018 dan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS sebagai Kepala Departemen Komunikasi dan Informasi pada tahun 2019. Selain organisasi, penulis juga kerapkali mengikuti berbagai lomba dan pertukaran pelajar, salah satunya adalah program China Discovery Project - Harbin Institute Of Technology pada tahun 2018. Dalam menimba ilmu, penulis turut berkontribusi sebagai Asisten Laboratorium Remediasi dan juga aktif mengikuti serangkaian pelatihan keprofesian, diantaranya adalah pelatihan K3 Konstruksi yang diadakan oleh ITS Tekno-sains. Selain itu, penulis juga pernah melakukan kerja praktik di Pertamina Hulu Energi, Jakarta, pada tahun 2019.

Lab Remediasi Lingkungan

Input NRP anda (tanpa spasi,format: 32xxxxxxxxxxx) *

3211640000122

Salma Nuradzkia Syafaati (3211640000122)

Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

Saran:

Ikuti petunjuk penguji

LULUS

Dosen Penguji 1: Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD

Saran:

1. Kata kunci harus lebih spesifik: kualitas udara dan RTH terlalu umum
2. Daftar isi (bab 1 - font bold?)
3. Penulisan angka di belakang koma sebaiknya disamakan (contoh tabel 5.5 hal 49)
4. Proyeksi emisi menggunakan metode yang R nya paling mendekati 1, jelaskan makna R mendekati 1 dan variabel apa saja yang berlaku
5. Mekanisme proses penyerapan emisi CO2?
6. Jelaskan fitoproses yang berlaku dalam proses reduksi CO2

Lihat lebih lanjut

LULUS

Dosen Penguji 2: Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., PhD

Saran:

Tambahkan pembahasan tentang upaya-upaya apa yang perlu dilakukan untuk menurunkan emisi CO2 mengingat RTH mempunyai kemampuan yang terbatas

LULUS

Dosen Penguji 3: Alfan Purnomo, ST, MT

Saran:

Lihat lebih lanjut

LULUS

Ok

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Salma Nuradzkia Syafaati
NRP : 032116400000122
Judul : Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO_2) di Zona Barat Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus)

No.	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	2 Januari 2020	Asistensi Proposal TA	
2.	6 Januari 2020	Asistensi Proposal TA	
3.	20 Januari 2020	Asistensi Proposal dan Presentasi Seminar Proposal TA	
4.	3 Februari 2020	Asistensi Revisi Seminar Proposal	
5.	14 Februari 2020	Asistensi Pengumpulan data untuk TA	
6.	9 Maret 2020	Asistensi Penghitungan emisi CO_2	
7.	13 Maret 2020	Asistensi Pengolahan data untuk Tugas Akhir	
8.	23 April 2020	Asistensi mingguan progress Tugas Akhir	
9.	29 April 2020	Asistensi mingguan progress Tugas Akhir	
10.	5 Mei 2020	Asistensi perhitungan daya serap RTH	
11.	6 Mei 2020	Asistensi mingguan progress Tugas Akhir	
12.	7 Mei 2020	Asistensi revisi tujuan Tugas Akhir	
13.	13 Mei 2020	Asistensi mingguan progress Tugas Akhir	
14.	15 Mei 2020	Asistensi pengolahan data luasan RTH eksisting	
15.	26 Mei 2020	Asistensi Draft TA untuk sidang kemajuan TA	

16.	5 Juni 2020	Asistensi presentasi sidang kemajuan TA	
17.	8 Juni 2020	Asistensi presentasi sidang kemajuan TA	
18.	2 Juli 2020	Asistensi revisi sidang kemajuan TA	
19.	7 Juli 2020	Asistensi Draft TA untuk ujian lisan	

Surabaya, 7 Agustus 2020
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
NIP. 19540824 198403 1 001