



TUGAS AKHIR - RE184804

Perencanaan Tanaman Penyerap Emisi Karbondioksida (Co₂) Di Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Waru Sidoarjo)

RONNY PAULUS SIBARANI

0321164000099

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RE184804

**Perencanaan Tanaman Penyerap Emisi
Karbon dioksida (Co₂) Di Jalan Tol (Studi
Kasus Ruas Jalan Tol Waru Sidoarjo)**

RONNY PAULUS SIBARANI

03211640000099

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020



FINAL PROJECT - RE184804

***VEGETATION PLANNING FOR THE UPTAKE
CO₂ EMISSIONS IN WARU -SIDOARJO TOLL
ROADS***

RONNY PAULUS SIBARANI
0321164000099

Supervisor
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Fakulty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN TANAMAN PENYERAP EMISI KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI JALAN TOL (STUDI KASUS RUAS TOL WARU – SIDOARJO)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ronny Paulus Sibarani

NRP. 03211640000120

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

NIP. 19650508 199303 1 001

SURABAYA, 5 AGUSTUS 2020



**PERENCANAAN TANAMAN PENYERAP EMISI
KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI JALAN TOL (STUDI KASUS
RUAS JALAN TOL WARU SIDOARJO)**

Nama Mahasiswa : Ronny Paulus Sibarani
NRP : 032164000099
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

ABSTRAK

Jalan Tol Waru – Sidoarjo merupakan tol yang menghubungkan Kota Sidoarjo dengan perbatasan Waru Surabaya dengan panjang 12 Km. Minimnya Ketersediaan ruang terbuka hijau pada tol ini menjadi alasan perencanaan harus segera dilakukan karena aktivitas kendaraan yang pada pada jalan tol ini akan menimbulkan emisi seperti CO₂, apabila tidak dikelola dengan baik akan berbahaya untuk lingkungan dan makhluk hidup karena menimbulkan efek rumah kaca dan *global warming*.

Perencanaan ini didasari dengan menggunakan prinsip **Box Model** dan direncanakan sampai 10 tahun kedepan. Lalu dengan grafik hubungan volume kendaraan dan emisi CO₂ didapat emisi CO₂ yang dipengaruhi kondisi fisik Jalan Tol Waru – Sidoarjo dengan kondisi fisik Tol ini mempunyai persentase truk 30% dengan grade 0% (kondisi jalan datar) serta temperatur 38 C atau 100 F. Setelah mendapat data emisi CO₂, kemudian merencanakan lahan vegetasi di Jalan Tol Waru – Sidoarjo dimana daya serapan vegetasi dihitung dengan komposisi 3% rumput, 90% perdu/semak serta 7% pohon.

Dari hasil perhitungan yang diperoleh dapat diketahui bahwa jumlah emisi CO₂ pada tahun 2020 emisi CO₂ yang

didapat adalah 37.667 Kg/ jam, dan tahun 2030 sebesar 43010 Kg/jam. Perencanaan vegetasi pada tahun 2020 dibutuhkan perdu/semak seluas 2699.1 ha, rumput 412.4 Ha, dan 20.3 Ha untuk pohon sedangkan pada tahun 2030 dibutuhkan perdu/semak 3082 Ha, rumput 470.9 ha dan pohon 23.2 Ha.

Kata Kunci : CO₂, Ruang Terbuka Hijau, Jalan Tol, Box Model, Serapan

VEGETATION PLANNING FOR THE UPTAKE CO₂ EMISSIONS IN WARU -SIDOARJO TOLL ROADS

Student Name : Ronny Paulus Sibarani
NRP : 0321640000099
Departement : Teknik Lingkungan
Supervisoe : Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

ABSTRACT

Waru - Sidoarjo Toll Road is a toll road that connects Sidoarjo City with the Waru Surabaya border with a length of 12 Km. The lack of availability of green open space on this toll road is the reason planning must be done immediately because vehicle activities on this toll road will cause emissions such as CO₂, if not managed properly it will be dangerous for the environment and living things because it causes the greenhouse effect and global warming.

This plan is based on the Box Model principle and is planned for the next 10 years. Then with a graph of the relationship between vehicle volume and CO₂ emissions, CO₂ emissions are affected by the physical condition of the Waru - Sidoarjo Toll Road with the physical condition. This toll road has a truck percentage of 30% with grade 0% (flat condition) and temperature of 38 C or 100 F. CO₂ emission data, then plan vegetation land on the Waru-Sidoarjo Toll Road where the absorption capacity of vegetation is calculated with a composition of 3% grass, 90% shrubs / bushes and 7% trees.

From the calculation results obtained, it can be seen that the amount of CO₂ emissions in 2020 obtained CO₂ emissions were 37,667 kg / hour, and in 2030 it was 43010 kg / hour. Vegetation planning in 2020 requires shrubs / shrubs v

covering an area of 2699.1 ha, grass 412.4 Ha, and 20.3 Ha for trees while in 2030 it needs shrubs / shrubs 3082 Ha, grass 470.9 ha and trees 23.2 Ha.

Key Word : CO₂, Green Open Space, Toll Road, Box Model, Vegetation

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa, karena berkat limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Perencanaan Tanaman Penyerap Emisi Karbondioksida (Co₂) Di Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Waru Sidoarjo)**" ini dengan tepat waktu. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan ITS. Dalam kesempatan ini, penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir. Terima kasih atas ilmu, bimbingan, kesabaran, dan motivasi yang telah diberikan selama ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, M.Sc, Ibu Ir. Atiek Moesrati, M.kes dan Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc selaku dosen pengarah yang telah memberi bimbingan dan masukan.
3. Ayah dan Ibu yang telah mendoakan serta memberikan dukungan dan motivasi sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai tepat waktu.
4. Teman-teman Teknik Lingkungan 2016 yang telah memberikan semangat dalam penyusunan laporan. Penulis memohon saran, dan kritik dari pembaca terkait dengan tugas akhir ini. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2020 Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Ruang Terbuka Hijau	6
2.1.1 Definisi	6
2.1.2 Peraturan Tentang Ruang Terbuka Hijau	7
2.1.3 Jenis Ruang Terbuka Hijau	7

2.1.4	Manfaat Ruang Terbuka Hijau	8
2.1.5	Jalur Hijau	9
2.2	Kemampuan Daya Serap Vegetasi Terhadap CO ₂ 10	
2.3	Sumber Pencemaran Udara	12
2.4	Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	14
2.5	Baku Mutu Udara Ambien.....	18
2.6	Emisi Gas Buang	19
2.6.1.	Komposisi Emisi Gas Buang	19
2.7	Penyeimbangan Lingkungan	20
2.8	Metode Proyeksi Kendaraan	27
2.8.1	Metode Aritmatika (Rata – Rata)	28
2.8.2	Metode Geometri (Berganda)	28
2.8.3	Metode Least Square (Kuadrat Minimum)	29
2.9	<i>Box Model</i>	30
2.10	Hubungan Volume Kendaraan Dengan Emisi CO ₂ 32	
2.11	Interpolasi Linear	34
2.12	Pemeliharaan RTH	35
BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN ...		39
3.1	Tol Waru – Sidoarjo	39

3.2	Kondisi Eksisting jalan Tol Waru - Sidoarjo	40
3.2.1.	Kondisi Vegetasi RTH	40
3.2.2.	Data Jumlah Kendaraan Rata – Rata Perhari 41	
BAB IV METODOLOGI PERENCANAAN		43
4.1	Umum	43
4.2	Kerangka Perencanaan	44
4.3	Tahapan Perencanaan	45
4.3.1	Ide Perencanaan	46
4.3.2	Studi Literatur	46
4.3.3	Pengumpulan Data Sekunder	47
4.3.4	Pengolahan data sekunder dalam perencanaan ini:	48
4.3.4.1	Perhitungan Proyeksi Jumlah Kendaraan dan Emisi CO ₂	48
3.3.4.2	Perhitungan Emisi CO ₂ dari kendaraan	48
3.3.4.3	Analisis Luasan Vegetasi RTH	51
3.3.4.4	Analisis Jenis Tanaman Dalam Menyerap CO ₂	51
3.3.5	Analisis Data dan pembahasan.....	51
4.3.6	Tahap Kesimpulan dan Saran	52

BAB V	53
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	53
5.1 Emisi CO ₂	53
5.2 Proyeksi Kendaraan	53
5.3 Jumlah Kendaraan Pada Lalu Lintas Jam Puncak 60	
5.4 Perhitungan Emisi CO ₂ Dari Kendaraan.....	62
5.5 Perhitungan Daya Serap Vegetasi	66
5.6 Right Of Way (ROW) Jalan Tol dan Tata Letak Tanaman Penyerap Emisi CO ₂	79
5.7 Perhitungan Kembali Jumlah Kendaraan Berdasarkan Kebutuhan Vegetasi.....	87
BAB VI	92
KESIMPULAN DAN SARAN.....	92
6.1 Kesimpulan	92
6.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN.....	98
BIOGRAFI PENULIS.....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	10
Gambar 2.2 Skema Pencemaran Udara	13
Gambar 2.3 Emisi CO ₂ per kapita dari pemakaian energy di Indonesia dengan metode IPCC	17
Gambar 2.4 <i>Box Model</i> Sederhana	31
Gambar 3.1 Peta Jalan Tol Waru- Sidoarjo	40
Gambar 3.2 Kondisi Jalan Tol Waru Sidoarjo	41
Gambar 4.1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan	45
Gambar 5.1 Pohon Trembesi	68
Gambar 5.2 Perdu/Semak Agave	69
Gambar 5.3 Rumput Lamuran	69
Gambar 5.4 Grafik Kebutuhan ROW Jalan Tol	85
Gambar 5. 5 Grafik Kebutuhan ROW Jalan Tol Komposisi ..	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daya Serap Gas CO ₂ Berbagai Penutup Vegetasi	22
Tabel 2.2 Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida	22
Tabel 3.1 Data Jumlah Kendaraan Perhari Tahun 2012 – 2019.....	42
Tabel 5.1 Jumlah kendaraan tahun 2012 – 2019.....	55
Tabel 5.2 Koefisien Korelasi Metode Aritmatik	57
Tabel 5.3 koefisien Korelasi Metode Geometrik	57
Tabel 5.4 Koefisien korelasi Metode Least Square	58
Tabel 5.5 Proyeksi Jumlah Kendaraan Tahun 2021 – 2030.....	59
Tabel 5.6 Jumlah Kendaraan Lalu Lintas Pada Jam Puncak	61
Tabel 5.7 Jumlah Emisi Kendaraan Tahun 2021 - 2030	64
Tabel 5.8 Konversi Satuan Emisi CO ₂	65
Tabel 5.9 Daya Serap vegetasi	66
Tabel 5.10 Kebutuhan Lahan Vegetasi Rumput	71
Tabel 5.11 Kebutuhan Lahan Vegetasi Perdu/Semak	72
Tabel 5.12 Kebutuhan Lahan Vegetasi Pohon	73
Tabel 5.13 Komposisi Tanaman	74
Tabel 5.14 Kebutuhan Lahan Vegetasi 2020 – 2030 Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012.....	76
Tabel 5.16 Kebutuhan ROW vegetasi Rumput.....	81
Tabel 5.17 Kebutuhan ROW Vegetasi Pohon	82
Tabel 5.18 Kebutuhan Row Menurut Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/Prt/M/2012.....	83
Tabel 5.19 Faktor Emisi Jenis Bahan Bakar dari Kendaraan.....	88
Tabel 5.20 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor.....	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sketsa Perencanaan	98
-------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang relatif tinggi. Meningkatnya jumlah populasi dan kegiatan ekonomi menyebabkan aktivitas yang lebih tinggi yang menghasilkan polusi udara seperti industri dan transportasi serta masalah lingkungan lainnya. Dengan meningkatnya jumlah pertumbuhan penduduk secara tidak langsung meningkatkan jumlah kendaraan yang melintas, terutama kendaraan pribadi dan secara tidak langsung juga menurunkan jumlah kendaraan umum. Jalan tol juga menjadi dampak atas kenaikan jumlah kendaraan ini dimana dapat menyebabkan polusi yang ditandai dengan minimnya ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH).

Permasalahan tersebut secara tidak langsung juga dapat menyebabkan peningkatan suhu secara global (*global warming*) dan polusi udara. Oleh karena *global warming* menyebabkan banyak kerugian dari sisi ekonomi maupun ekologis, diperlukan adanya ruang terbuka hijau untuk mereduksi emisi CO₂ sebagai upaya untuk mengatasi masalah lingkungan. RTH merupakan resor karbon (*carbon sink*) yang paling efektif untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer karena kemampuannya menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis (Murti, 2015)

Berdasarkan status kepemilikan, RTH diklasifikasikan menjadi 2 kelompok, yakni RTH dan RTH privat atau non. Menurut data dari Peraturan Menteri No 5/PRT/M/2008 ruang terbuka hijau sendiri adalah adalah area memanjang/jalur dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh tanaman secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Lalu ruang terbuka hijau dibagi lagi menjadi ruang terbuka hijau, yang artinya RTH yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum dan ruang terbuka hijau privat, adalah RTH milik institusi tertentu atau orang perseorangan yang pemanfaatannya untuk kalangan terbatas antara lain berupa kebun atau halaman rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan. Kemudian Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan salah satu mitigasi pemanasan global yang tepat dan paling implementatif dalam upaya mereduksi emisi CO₂ (Rawung, 2015).

Jalan Tol Waru – Sidoarjo merupakan tol yang menghubungkan Kota Sidoarjo dengan perbatasan Waru Surabaya dengan panjang kurang lebih 12 km dan setiap tahunnya tol ini dilewati kendaraan bermotor sebanyak 84 juta kendaraan (Surabaya Bisnis, 2018). Tol ini juga melewati sekitar permukiman warga, dan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau di jalan tol Waru - Sidoarjo masih minim. Kondisi fisik

Jalan Tol Waru Sidoarjo ini mempunyai persentase truk 30% dengan grade 0% (kondisi jalan datar) serta temperatur 38 C atau 100 F yang dimana kondisi ini akan berguna untuk perhitungan emisi CO₂ nantinya. Adanya wacana pembangunan kota baru di salah satu titik Tol Waru – Sidoarjo ini semakin mengesampingkan pentingnya ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Oleh karena itu perencanaan vegetasi pada Ruang Terbuka hijau ini harus segera dilakukan karena aktivitas kendaraan yang pada pada jalan tol ini akan menimbulkan emisi seperti CO₂, apabila tidak dikelola dengan baik akan berbahaya untuk lingkungan karena menimbulkan efek rumah kaca dan *global warming*. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan ketercukupan ruang terbuka hijau pada jalan tol yang pada kajian ini terdapat pada kawasan Jalan Tol Waru – Sidoarjo.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Berapa jumlah emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Tol Waru – Sidoarjo dari awal hingga konsesi (10 tahun)?
2. Bagaimana perencanaan vegetasi yang efektif terkait serapan CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Tol Waru – Sidoarjo

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Menghitung jumlah emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Tol Waru – Sidoarjo.
2. Merencanakan vegetasi yang efektif terkait serapan CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Tol Waru - Sidoarjo.

1.4 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

Sebagai rekomendasi dan acuan serta bahan pertimbangan bagi pihak pengambil kebijakan dalam pembangunan vegetasi untuk serapan emisi CO₂ di Jalan Tol Waru – Sidoarjo

1.5 Ruang Lingkup

Batasan dalam perencanaan ini adalah :

1. Lokasi perencanaan dilaksanakan di Tol Waru – Sidoarjo.
2. Perencanaan vegetasi untuk serapan CO₂ di Jalan Tol Waru – Sidoarjo dilakukan dalam rentang waktu Februari – Mei 2020.
3. Periode perencanaan vegetasi untuk serapan CO₂ di Jalan Tol Waru – Sidoarjo adalah 10 tahun.

4. Parameter yang digunakan adalah CO₂. Analisa bersumber dari aktivitas transportasi kendaraan bermotor di jalan Tol Waru - Sidoarjo
5. Variabel yang digunakan adalah emisi CO₂ dan luas RTH.
6. Analisis menggunakan metode *Box Model* sebagai penentu jumlah emisi CO₂ di tiap segmen

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ruang Terbuka Hijau

2.1.1 Definisi

Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 05/PRT/M/ 2008 pengertian dan ruang terbuka hijau (RTH) adalah area memanjang jalur dan atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh tanaman secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. RTH merupakan suatu lahan atau kawasan yang mengandung unsur dan struktur alami yang dapat menjalankan proses-proses ekologis, seperti pengendali pencemaran udara, ameliorasi iklim, pengendali tata air, dan sebagainya. Unsur alami inilah yang menjadi ciri RTH di wilayah perkotaan, baik unsur alami berupa tumbuh-tumbuhan atau vegetasi, badan air, maupun unsur alami lainnya (Joga dan Iwan 2011).

Fungsi RTH yang dijelaskan dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 yaitu:

1. Pengamanan keberadaan kawasan lindung perkotaan
2. Pengendali pencemaran dan kerusakan tanah, air dan udara
3. Perlindungan plasma nutfah dan keanekaragaman hayati
4. Pengendali tata air
5. Sarana estetika kota.

2.1.2 Peraturan Tentang Ruang Terbuka Hijau

Menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 RTH perkotaan adalah minimal 20% dari luas kawasan perkotaan, luas RTH ini mencakup RTH dan privat. Untuk RTH menjadi tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota yang dilakukan secara bertahap sesuai dengan kemampuan masing-masing daerah. Sedangkan RTH privat menjadi tanggung jawab pihak/lembaga swasta, perserorangan dan masyarakat yang dikendalikan melalui izin pemanfaatan ruang oleh Pemerintah Kabupaten/Kota

2.1.3 Jenis Ruang Terbuka Hijau

Menurut Sumarmi (2012), dalam suatu perkotaan ruang terbuka hijau memiliki beberapa tipe yaitu:

1. Tipe Permukiman

RTH kota di daerah permukiman dapat berupa taman lingkungan, taman di pekarangan dan jalur hijau permukiman dengan komposisi tanaman pepohonan yang tinggi, perdu, semak dan rerumputan. RTH Kota yang dibangun pada areal permukiman bertujuan utama untuk pengelolaan lingkungan permukiman, maka yang harus dibangun adalah RTH kota dengan tipe permukiman.

2. Tipe Kawasan Industri Limbah
RTH pada kawasan industri limbah dapat berupa partikel, aerosol, gas dan cairan yang mengganggu kesehatan manusia.
3. Tipe Rekreasi dan Keindahan
4. Tipe Pelestarian Plasma Nutfah
RTH untuk konservasi memiliki tujuan untuk mencegah kerusakan, perlindungan dan pelestarian terhadap sumber daya alam. Bentuk RTH yang termasuk kriteria ini antara lain kebun raya, hutan raya dan kebun binatang.
5. Tipe Perlindungan
Daerah dengan kemiringan yang cukup tinggi dengan ditandai dengan tebing-tebing yang curam ataupun daerah tepian sungai yang dapat mengancam seperti terjadinya erosi.

2.1.4 Manfaat Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan memiliki dua manfaat:

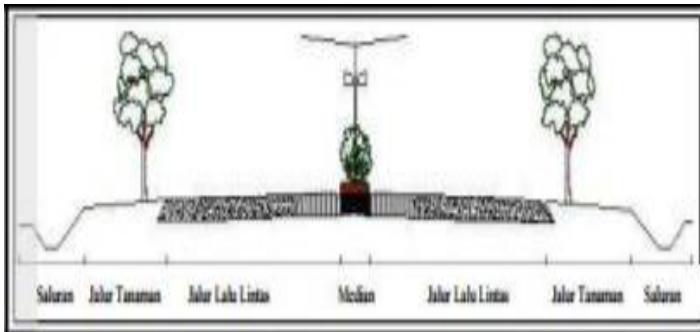
1. Manfaat langsung dalam pengertian cepat dan bersifat *tangible*, yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk).

2. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat *intangibile*, 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)

2.1.5 Jalur Hijau

Salah satu bagian dari Ruang Terbuka Hijau (RTH), khususnya di kota adalah jalur hijau jalan atau *streetscape* yang diisi oleh material tanaman sebagai material utama.

Jalan mendominasi visual komunitas, untuk menyelamatkannya dari kemonotonan dan kekakuan aspal dan beton adalah dengan menggunakan pepohonan (Eckbo, 1964). Jalur hijau adalah jalur penempatan tanaman serta elemen lanskap lainnya yang terletak di dalam ruang milik jalan (RUMIJA) maupun di dalam ruang pengawasan jalan (RUWASJA). Sering disebut jalur hijau karena dominasi elemen lanskapnya adalah tanaman yang pada umumnya berwarna hijau



Gambar 2.1 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan

Sumber; Simonds (1983)

Penanaman jalur hijau jalan harus dapat memenuhi fungsi sebagai struktur pengontrol ekologis dan pengontrol sosial. Penanaman jalur hijau jalan dapat bersifat sederhana dalam pelaksanaannya dengan berpedoman kepada kebutuhan, kecocokan penampilan di tiap musim, penampilan di tiap tahapan pertumbuhan, kecocokan antara tanaman dan bangunan serta lingkungan sekitar dan keefisienan dalam pemeliharaan (Simonds 1983).

2.2 Kemampuan Daya Serap Vegetasi Terhadap CO₂

Setiap tahunnya, vegetasi di bumi melakukan fotosintesis, dengan termasuk didalamnya proses penyerapan sekitar 150.000 juta ton CO₂ dan 25.000 juta ton hidrogen, memproduksi 400.000 juta ton oksigen ke atmosfer, serta menghasilkan 450.000 juta ton zat organik (Irwan, 2005). Tiap jamnya, 1 hektar daun hijau dapat menyerap

hingga 8 kg CO₂, setara dengan CO₂ yang dihasilkan oleh pernafasan sekitar 200 orang manusia dalam jangka waktu yang sama. Pada proses fotosintesis, vegetasi (pohon dan organisme fotoautotrof lainnya) menyerap CO₂ 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 CO₂ yang sudah terikat nantinya dilepaskan kembali dalam bentuk CO₂ ke atmosfer (Sutaryo, 2009). Rumus dari fotosintesis adalah sebagai berikut:

(cahaya matahari)



Karbon dioksida (CO₂) diserap dari udara oleh daun, sedangkan air (H₂O) diserap dari tanah melalui suatu proses kimiawi yang melibatkan cahaya matahari dan klorofil untuk menghasilkan zat organik berupa karbohidrat (C₆H₁₂O₆) dan oksigen (O₂). Penyerapan CO₂ dapat mengurangi emisi CO₂ penyebab pemanasan global, sedangkan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tersebut juga dapat mengurangi pemanasan global dengan mendinginkan udara. Tanaman pada RTH yang jumlah batangnya mencapai 10.000 batang dengan rata-rata umur 16-20 tahun, memiliki daya serap CO₂ sebesar 800 ton/tahun. Kemampuan vegetasi

dalam menyerap CO₂ berbeda berdasarkan umur dan jenisnya. Sebagai contohnya, hasil perencanaan menunjukkan tanaman mahoni usia 11 tahun dengan kerapatan 940 pohon/ha memiliki daya serap sebesar 25,40 ton CO₂/ha/tahun, Tanaman Mangium (*Acacia mangium*) pada usia yang sama dengan kerapatan 912 pohon/ha memiliki kemampuan daya serap sebesar 23,64 ton CO₂/ha/tahun, sedangkan Tanaman Sungkai (*Peronema canescens*) berusia sekitar 8 tahun dengan kerapatan 1016 pohon/ha memiliki daya serap 18,06 kg CO₂/ha/tahun (Siwi, 2012).

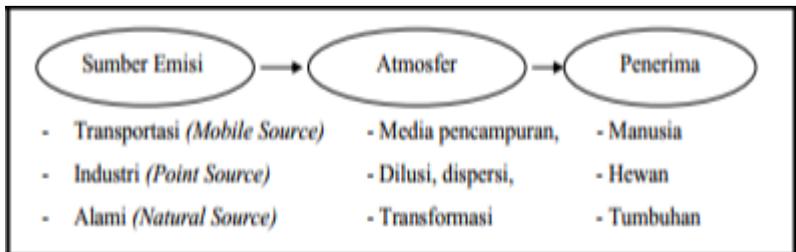
2.3 Sumber Pencemaran Udara

Menurut Fardiaz (1992), sumber polusi yang utama berasal dari transportasi dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber pencemar menurut PP No 41 Tahun 1999 Pasal 1 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara terdiri atas lima kelompok, yaitu:

1. Sumber bergerak: sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor;
2. Sumber bergerak spesifik: serupa dengan sumber bergerak namun berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya
3. Sumber tidak bergerak: sumber emisi yang tetap pada suatu tempat;

4. Sumber tidak bergerak spesifik: serupa dengan sumber tidak bergerak namun berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah

Menurut Nevers (1995), mekanisme pencemaran udara merupakan suatu sistem yang terdiri atas tiga komponen dasar, yaitu sumber emisi, atmosfer, dan penerima. Hubungan antara ketiga komponen dasar tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Skema Pencemaran Udara

Sumber: Nevers (1995)

Gambar 2.2 memperlihatkan bahwa pencemaran udara diawali dengan hadirnya sumber emisi. Secara garis besar, terdapat tiga sumber emisi utama dalam pencemaran udara, yaitu aktivitas transportasi, proses industri, dan dari sumber alami yaitu berupa proses pembakaran, letusan gunung, dan sebagainya. Polutan yang dihasilkan akan mengalami proses *dilusi* (pengenceran), *transport* (pengangkutan), dispersi (penyebaran), dan transformasi, baik secara fisik maupun kimia dalam atmosfer. Kehadiran bahan

pencemar tersebut dapat dideteksi dengan alat pengukur atau melihat pengaruhnya terhadap manusia, hewan, tumbuhan atau material (sebagai penerima). Respon yang ditunjukkan oleh penerima dapat berupa iritasi, timbulnya penyakit, kerusakan material, dan lainnya yang tergantung oleh tingkat konsentrasi pencemar dan sensitivitas penerima (Nevers, 1995)

2.4 Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Emisi karbon dioksida adalah pencemaran atau pelepasan gas karbon dioksida ke udara. Emisi CO₂ biasanya dinyatakan dalam setara ton karbon dioksida (CO₂). Emisi tersebut menyebabkan kadar gas rumah kaca di atmosfer meningkat, sehingga terjadi peningkatan efek rumah kaca dan pemanasan global (Sugiyono, 2006). Karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu penyumbang utama gas rumah kaca yang juga menjadi penyebab terjadinya perubahan iklim.

Menurut Nobel dkk (2012), sumber-sumber emisi CO₂ ini sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan menjadi 4 macam sebagai berikut:

1. *Mobile Transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan penenggelaman/evaporasi gasoline.
2. *Stationary Combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan

pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri

3. *Industrial Processes* (proses industri) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
4. *Solid Waste Disposal* (pembuangan sampah) antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.
Emisi CO₂ dapat pula dikategorikan menjadi:

1. Emisi Langsung

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

2. Emisi Tidak Langsung

Emisi ini merupakan hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya konsumsi energy listrik di rumah tangga.

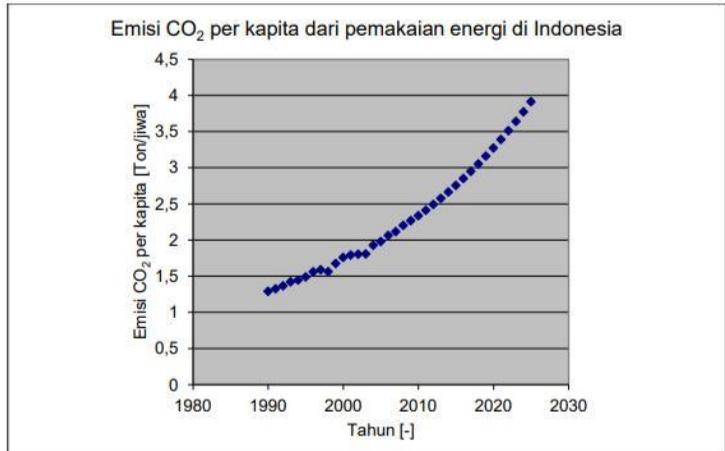
Meningkatnya konsentrasi gas CO₂ di atmosfer dapat menimbulkan efek negatif bagi kondisi ekonomi, sosial dan lingkungan di berbagai negara di dunia (Sub Direktorat Statistik Lingkungan Hidup, 2015).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), emisi CO₂ dari Sektor Energi berasal dari kegiatan:

1. Emisi hasil pembakaran bahan bakar Pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak yaitu pada transportasi jalan raya yang berasal dari mobil pribadi (sedan, mini van, *jeep*), kendaraan niaga (bus, minibus, *pick-up*, *truck*) dan sepeda motor dengan penggunaan bahan bakar seperti premium dan solar, kereta api, transportasi melalui air mulai dari kendaraan sepanjang Rel Kereta Api, Jalur Hijau di bawah penghantar listrik tegangan tinggi. Kawasan ini kurang lebih 90% (sembilan puluh persen) dari luas arealnya harus dihijaukan dengan jenis vegetasi pohon, perdu, semak hias dan penutup tanah/rumput.

PEUI (2006) menyatakan, dari tahun 1970 hingga 2004 telah terjadi peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 70% dan CO₂ merupakan gas terpenting pada elemen GRK. Peningkatan emisi gas atau emisi CO₂ juga terjadi sebesar 80% yaitu sebesar 21 Gigaton (Gt) hingga 38 Gigaton. Komposisi emisi CO₂ dalam total GRK sekitar 77%. Peningkatan GRK ini disebabkan oleh dua sektor utama, yaitu energi dan transportasi. Ada 3 sektor lain yang berpengaruh dengan tingkat pertumbuhan rendah, yaitu bangunan permukiman dan komersial serta kehutanan, termasuk pembakaran hutan dan pertanian. Sektor energi berpengaruh 25,9%, industri 19,4%, transportasi 13,1%, kehutanan, 17,4%.

pertanian 13,5%, bangunan permukiman dan komersial 7,9%, serta sampah-air buangan 2,8%



Gambar 2.3 Emisi CO₂ per kapita dari pemakaian energy di Indonesia dengan metode IPCC

Sumber: PEUI (2006)

Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbondioksida dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO₂ ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak, batubara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuh-tumbuhan dan laut untuk menyerapnya. Energy yang diserap dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO₂ dan gas lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi.

Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan, dengan adanya efek rumah kaca perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi tidak terlalu jauh berbeda (Razak, 2010)

2.5 Baku Mutu Udara Ambien

Berdasarkan SNI-19-0232-2005, Nilai Ambang Batas (NAB) yang diizinkan untuk manusia menerima paparan CO₂ selama tidak lebih dari 8 jam sehari atau 40 jam seminggu yaitu 9.000 mg/m³. Apabila lebih dari syarat yang diizinkan maka manusia akan mengalami gangguan kesehatan pada kegiatan sehari-hari. Disebutkan lagi pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah, kadar CO₂ yang diizinkan adalah sebesar 1000 ppm selama 8 jam dimana apabila melebihi kadar yang diizinkan dapat memberikan dampak sebagai berikut :

1. Pada konsentrasi di atas nilai ambang batas yang dipersyaratkan, dapat menyebabkan mengantuk, sakit kepala dan menurunkan aktivitas fisik;
2. Pada konsentrasi 3% (30.000 ppm), bersifat narkotik ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah serta gangguan pendengaran;
3. Pada konsentrasi 5% (50.000 ppm), menyebabkan stimulasi pernapasan, pusing-pusing dan kesulitan pernapasan yang diikuti oleh sakit kepala;

Pada konsentrasi >8% (80.000 ppm), dapat menyebabkan sakit kepala, berkeringat terus-menerus, tremor dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama 5-10 menit.

2.6 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, umur kendaraan, ambang temperatur dan ketinggian. Kendaraan dengan usia dan jenis bahan bakar yang berbeda akan menghasilkan kadar emisi yang berbeda juga (Yuliasuti, 2008).

2.6.1. Komposisi Emisi Gas Buang

1. CO (Karbon Monoksida) Karbon monoksida adalah gas yang tak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi bila bahan bakar atau unsur C tidak mendapatkan ikatan yang cukup dengan O₂ artinya udara yang masuk ke ruang silinder kurang atau suplai bahan bakar berlebihan.

2. NO (Nitrogen Oksida) Tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat panas yang tinggi pada ruang bakar akibat proses pembakaran sehingga kandungan nitrogen pada udara berubah menjadi Nox.

3. HC (Hidro Karbon) Warna kehitam-hitaman dan beraroma cukup tajam, gas ini terjadi apabila proses pembakaran pada ruang bakar tidak

berlangsung dengan baik atau suplai bahan bakar berlebihan.

4. CO₂ (Karbon dioksida) Tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat pembakaran yang sempurna antara bahan bakar dan udara dalam hal ini oksigen (Rohidin, 2011).

5. SO₂ (Oksida Belerang) Oksida Belerang (SO₂) dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk, sesak nafas dan meningkatkan asma.

6. PM₁₀ (Particulate Matter) PM₁₀ adalah debu partikulat yang terutama dihasilkan dari emisi gas buangan kendaraan. Sekitar 50% - 60% dari partikel melayang merupakan debu berdiameter 10 µm. Debu PM₁₀ ini bersifat sangat mudah terhirup dan masuk ke dalam paru-paru, sehingga PM₁₀ dikategorikan sebagai Respirable Particulate Matter (RPM). Akibatnya akan mengganggu sistem pernafasan bagian atas maupun bagian bawah (alveoli). Pada alveoli terjadi penumpukan partikel kecil sehingga dapat merusak jaringan atau sistem jaringan paru-paru, sedangkan debu yang lebih kecil dari 10 µm, akan menyebabkan iritasi mata.

2.7 Penyeimbangan Lingkungan

Pelepasan emisi karbon CO₂ ke udara menyebabkan efek gas rumah kaca yang apabila dibiarkan akan mendatangkan mudarat bagi kehidupan manusia, karena itu

perlu dilakukan langkah-langkah untuk menghilangkan emisi karbon CO₂ ini yang sering disebut menyeimbangkan lingkungan (dari kerusakan). Salah satu cara yang paling baik adalah dengan menanam pohon, sudah diketahui bahwa tanaman dapat menyerap CO₂ dan melepas O₂ melalui proses fotosintesa, karena itu selain dapat menyerap emisi karbon CO₂ tanaman juga memiliki fungsi lain sebagai penyuplai O₂ yang diperlukan bagi manusia, selain itu pun dapat memberi keteduhan dan mempercantik estetika lanskap. Karyadi (2005) dalam perencanaannya di kota Bogor yang berjudul Pengukuran Daya Serap Karbondioksida Lima Jenis Tanaman Hutan Kota meneliti lima jenis tanaman dengan kemampuan daya serap karbondioksida sebagai berikut: tanaman Tanjung menyerap CO₂ sebesar 1,622 kg CO₂ per hari, mangga dapat menyerap 1,247 kg CO₂ per hari, lalu sawo duren menyerap sebesar 0,648 kg CO₂ per hari, kenari 225,418 kg CO₂ dan jati 0,298 kg CO₂ per hari. Perencanaan Prasetyo et al (2002) meneliti daya serap gas CO₂ pada berbagai penutup vegetasi dimana hasilnya disajikan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Daya Serap Gas CO₂

No	Tipe Penutupan	Daya Serap Gas CO ₂ (kg/ha/hari)	Daya Serap Gas CO ₂ (ton/ha/th)
1	Pohon	1559,10	569,07
2	Semak Belukar	150,68	55,00
3	Padang Rumput	32,88	12,00
4	Sawah	32,88	12,00

Berbagai Penutup Vegetasi

Sumber: Dahlan (2007)

Salah satu cara yang paling baik adalah dengan menanam pohon. Tanaman dapat menyerap CO₂ dan melepas O₂ melalui proses fotosintesa, karena itu selain dapat menyerap emisi karbon CO₂ tanaman juga memiliki fungsi lain sebagai pensuplai O₂ yang diperlukan bagi manusia, selain itu pun dapat memberi keteduhan dan mempercantik estetika lanskap. Perencanaan Dahlan (2007) terhadap beberapa tanaman yang dapat menyerap emisi CO₂ disajikan di dalam Tabel Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (Kg/pohon/tahun)
1.	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28.488,39
2.	Cassia	<i>Cassia sp</i>	5.295,47
3.	Kenanga	<i>Canarium odoratum</i>	756,59
4.	Pingku	<i>Dyoxylum excelsum</i>	720,49
5.	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90

6.	Krey Payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
7.	Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	329,76
8.	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,76
9.	Saga	<i>Adenantha pavoniana</i>	221,18
10.	Bungur	<i>Lagerstroemia speciose</i>	160,14
11.	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
12.	Nangka	<i>Arthocarpus heterophyllus</i>	126,51
13.	Johar	<i>Senna siamea</i>	116,25
14.	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15.	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16.	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
17.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
18.	Sawo Kecil	<i>Maniikara kauki</i>	36,19
19.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20.	Bunga Merak	<i>Caesalpina pulcherrima</i>	30,95
21.	Sempur	<i>Dilenia retusa</i>	24,24
22.	Khaya	<i>Khaya anthotheca</i>	21,90
23.	Merbau Pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
24.	Akasia	<i>Cassia grandis</i>	15,19
25.	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
26.	Asam Kranji	<i>Dialium indum</i>	8,48
27.	Saputangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	8,26
28.	Dadap Merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	4,55
29.	Rambutan	<i>Naphelium lappaceum</i>	2,19

30.	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
31.	Kempas	<i>Koompassia malaccensis</i>	0,20

Sumber: Dahlan (2007)

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012, vegetasi penyerap pencemar udara yang dapat ditanam pada jaringan jalan terdapat pada tabel berikut :

Tabel 2. 3 Daftar Pohon Tepi Jalan Berukuran Sedang yang Direkomendasikan

No.	Nama Umum/daerah	Nama Ilmiah	Tinggi Pertumbuhan (m)	Diameter Tajuk (m)
1	Saga	<i>Adenanthera pavonina</i>	10.00 - 15.00	> 12.00
2	Nyamplung	<i>Calophyllum inophyllum</i>	10.00 - 15.00	> 15.00
3	Kenanga	<i>Cananga odorata</i>	> 15.00	6.00
4	Kotek mamak	<i>Cassia grandis</i>	> 15.00	10.00 - 15.00
5	Kasia busuk, beresah	<i>Cassia nodosa</i>	> 15.00	< 10.00
6	Johar	<i>Cassia siamea</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
7	Medang teja, Kayu manis hutan	<i>Cinnamomum iners</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
8	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
9	Dadap ayam	<i>Erythrina variegata</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
10	Kiara payung	<i>Filicium decipiens</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
11	Khaya	<i>Khaya senegalensis</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
12	Gelam	<i>Melaleuca leucadendron</i>	10.00 - 15.00	< 10.00
13	Mambu	<i>Melia indica</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
14	Nagasari	<i>Mesua ferrea</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
15	Cempaka putih/Kantil	<i>Michelle alba</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
16	Tanjung	<i>Mimusops flame</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
17	Batai laut	<i>Peltophorum pterocarpum</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
18	Asam landi	<i>Pithecellobium dulce</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
19	Asam Jawa	<i>Tamarindus indica</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00
20	Tekoma	<i>Tabebuia spectabilis</i>	10.00 - 15.00	10.00 - 15.00

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan
Umum Nomor 05/PRT/M/2012)

Lokasi yang tepat untuk penanaman pohon
ukuran sedang :

- Sepanjang jalan dan jalan tol dimana jalur penanaman minimal selebar 1,5 m dan tanpa berbatasan dengan Gedung minimal sepanjang 8,00 – 10,00 m jalur;
- Sepanjang median dengan minimal lebar 2,00 m;
- Sepanjang pedestrian dengan minimal lebar 2,00 m.

Tabel 2. 4 Daftar Pohon Kecil yang Direkomendasikan

No.	Nama Umum/daerah	Nama Ilmiah	Tinggi Pertumbuhan (m)	Diameter Tajuk (m)
1	Tapak kuda	<i>Bauhinia purpurea</i>	< 10.00	< 10.00
2	Kasia rimbun	<i>Cassia multijuga</i>	7.00	10.00
3	Kasia singapur	<i>Cassia spectabilis</i>	8.00	10.00
4	Dadap karang	<i>Erythrina glauca</i>	< 10.00	< 10.00
5	Jambu bol	<i>Eugenia malaccensis</i>	4.50 -12.00	4.50
6	Ara daun lebar	<i>Ficus roxburghii</i>	6.00	8.00
7	Jakaranda	<i>Jacaranda filicifolia</i>	12.00 -13.00	2.00 - 3.00
8	Jintan cina	<i>Juniperus chinensis</i>	< 10.00	< 10.00
9	Gelam	<i>Melaleuca leucodendron</i>	15.00 - 25.00	2.00 - 3.00
10	Kol Banda	<i>Pisonia alba</i>	< 10.00	< 10.00
11	Gapis	<i>Garaca thaipingensis</i>	9.00	4.00 - 6.00
12	Jati laut	<i>Podocarpus polystachyus</i>	< 10.00	< 10.00
13	Pohon terompet	<i>Tabebuia pallida</i>	8.00 - 10.00	6.00

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor
05/PRT/M/2012)

Tabel 2. 5 Daftar Perdu/Semak yang Direkomendasikan

No.	Nama Umum/daerah	Nama Ilmiah	Tinggi Pertumbuhan (m)	Diameter Tajuk (m)
1	Agave	<i>Agave americana</i>	n/a	< 1.00
2	Alamanda ungu	<i>Allamanda violecea</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
3	Kesumba	<i>Bixa orellana</i>	> 1.50	> 1.50
4	Bunga kertas/bogenvil	<i>Bougainvillea</i>	> 1.50	> 1.50
5	Melati kalisin	<i>Brunfelsia calycina</i>	> 1.50	1.00 - 1.50
6	Kembang merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	> 1.50	> 1.50
7	Kaliandra merah	<i>Calliandra emarginata</i>	> 1.50	> 1.50
8	Kaliandra merah jambu	<i>Calliandra sorinsonensis</i>	> 1.50	> 1.50
9	Pohon mahkota	<i>Calotropis gigantea</i>	> 1.50	> 1.50
10	Kasia bulu	<i>Cassia biflora</i>	> 1.50	> 1.50
11	Kasia gantung	<i>Cassia fruticosa</i>	> 1.50	> 1.50
12	Bunga pagoda	<i>Clerodendrum paniculatum</i>	> 1.50	1.00 - 1.50
13	Nona makan sirih	<i>Clerodendrum thomsonae</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
14	Puring	<i>Codiaeum variegatum</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
15	Kailas/her	<i>Coleus spp</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
16	Kongea	<i>Congea tomentosa</i>	< 1.00	< 1.00
17	Jenjuang	<i>Cordyline spp</i>	> 1.50	> 1.50
18	Pakis/Paku gajah	<i>Cycas spp</i>	> 1.50	> 1.50
19	Duranta	<i>Duranta plumieri</i>	> 1.50	> 1.50
20	Susun kelapa	<i>Ervatamia coronaria</i>	> 1.50	> 1.50
21	Sambang darah	<i>Excoecaria bicolor</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
22	Pisang hias	<i>Heliconia spp.</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
23	Kopsia merah jambu	<i>Kopsia fruticosa</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
24	Sutera putih	<i>Lagerstroemia indica</i>	> 1.50	1.00 - 1.50
25	Bunga tahi ayam	<i>Lantana camara</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
26	Kemuning	<i>Murraya paniculata</i>	> 1.50	1.00 - 1.50
27	Oleander	<i>Nerium oleander</i>	> 1.50	1.00 - 1.50
28	Bunga tikus	<i>Ochna madagascariensis</i>	> 1.50	> 1.50
29	Pandan	<i>29 Pandanus spp.</i>	> 1.50	> 1.50
30	Paku-pakuan	<i>Pentas spp.</i>	> 1.50	> 1.50
31	Bunga mahkota ungu	<i>Petrea volubilis</i>	> 1.50	1.00 - 1.50
32	Senduduk	<i>Rhododendron spp.</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
33	Bunga lonceng kuning	<i>Stenolobium stans</i>	> 1.50	> 1.50
34	Bunga kamperfuli	<i>Tecomaria capensis</i>	1.00 - 1.50	< 1.50
35	Bunga trompet	<i>Thevetia peruviana</i>	> 1.50	> 1.50
36	Bunga madia	<i>Thunbergia spp.</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
37	Sadagori	<i>Turera ulmifolia</i>	1.00 - 1.50	1.00 - 1.50
38	Siput laut kecil	<i>Vinca minor</i>	< 1.50	< 1.50
39	Simsoh Air	<i>Wormia suffruticosa</i>	> 1.50	> 1.50

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012)

2.8 Metode Proyeksi Kendaraan

Dalam perhitungan proyeksi jumlah kendaraan bermotor, terdapat tiga metode yang bisa digunakan seperti halnya memproyeksikan jumlah kendaraan. Ketiga metode tersebut adalah aritmatika, geometrik, dan least square. Untuk menentukan metode yang digunakan terlebih dahulu mencari nilai koefisien (r) untuk tiap – tiap metode. Untuk metode yang mempunyai nilai koefisien korelasi yang mendekati nilai 1 (satu), sesuai atau tidaknya analisa yang akan dipilih ditentukan dengan menggunakan nilai koefisien korelasi yang berkisar antara 0 (nol) sampai 1 (satu) maka metode itulah yang dipakai untuk memproyeksikan penduduk (Kementrian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2007). Persamaan yang dipakai adalah

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- n = jumlah data
- x = kurun waktu
- y = jumlah kendaraan

2.8.1 Metode Aritmatika (Rata – Rata)

Metode ini dipakai untuk daerah dengan perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang selalu naik secara konstan, dan dalam kurun waktu yang pendek. Rumus yang digunakan :

$$= \quad + Ka(T2-T1) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana ;

P_n = Jumlah kendaraan bermotor pada tahun ke n

P_o = Jumlah kendaraan bermotor pada tahun dasar

Ka = konstanta aritmatik

P_1 = jumlah kendaraan yang akan diketahui pada tahun ke 1

P_2 = jumlah kendaraan pada tahun diketahui pada tahun terakhir

T_1 = tahun ke 1 yang diketahui

T_2 = tahun ke 2 yang diketahui

2.8.2 Metode Geometri (Berganda)

Proyeksi dengan metode ini menganggap bahwa perkembangan kendaraan bermotor secara otomatis berganda, dengan penambahan kendaraan bermotor. Metode ini tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun dan kemudian

mantap, disebabkan kepadatan kendaraan bermotor mendekati maksimum. Rumus yang digunakan adalah:

$$= P_0 + (1 + r)^n \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

P_n = jumlah kendaraan bermotor pada tahun ke n

P_0 = jumlah kendaraan bermotor tahun dasar

r = laju pertumbuhan kendaraan bermotor pertahun

n = jumlah interval tahun

2.8.3 Metode Least Square (Kuadrat Minimum)

Metode ini digunakan untuk garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan kendaraan bermotor masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan kendaraan bermotor tidak selalu bertambah. Dalam persamaan ini data yang dipakai jumlahnya harus ganjil. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut

$$Y = a + b(x)$$

Adapun persamaan a dan b adalah sebagai berikut $a = \{(\sum$

$$\sum t^2) - (\sum t)(\sum p.t)\} / \{n(\sum t^2) - (\sum t)^2\} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$b = \frac{n(\sum t \cdot p) - (\sum t)(\sum p)}{n(\sum t^2) - (\sum t)^2} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Y = jumlah kendaraan

x = jumlah interval tahun

a = konstanta tahun

b = koefisien arah regresi linier

p = tahun ke-p yang diproyeksikan

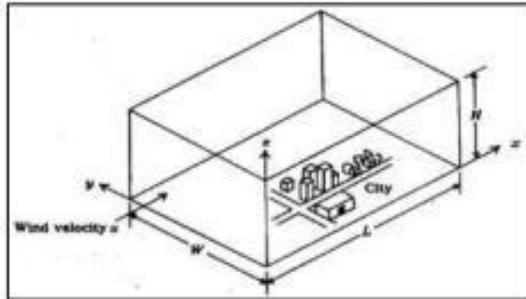
t = jumlah kendaraan pada tahun p

n = jumlah data (ganjil)

2.9 Box Model

Box model digunakan untuk menduga rata-rata konsentrasi polutan di suatu daerah, yang disumsikan sebagai kotak dimana sumber emisi tersebar merata di permukaan bawah kotak. Selanjutnya, polutan dibawa dan didistribusikan dari daerah sumber oleh gerak lateral sesuai dengan arah angin. Model ini menganggap suatu wilayah dan kota sebagai suatu kotak. Yang didalam kotak tersebut terjadi sebuah aktivitas yang menghasilkan gas emisi. Model ini memperhitungkan faktor meteorologi berupa arah dan

kecepatan angin, serta ketinggian mixing height (boundary layer). Untuk lebih jelasnya tentang gambaran dasar dari *box model* dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 *Box Model* Sederhana

Sumber: Hassan dan Crowther (1998)

Dalam perhitungannya diberlakukan beberapa asumsi-asumsi, model ini mempunyai persamaan kesetimbangan sebagai berikut:

$$\text{Laju Akumulasi} = (\text{LAM} - \text{LAK}) + (\text{LPB} - \text{LPH}) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

LAM = Laju semua aliran masuk

LAK = Laju semua aliran keluar

LPB = Laju pembentukan

LPH = Laju penghilangan

Dalam model ini daerah studi diasumsikan sebagai sebuah kotak yang mempunyai panjang (p), lebar (l) yang sejajar dengan arah angin (U), dalam kotak zat pencemar

diemisikan dengan laju konstan per unit waktu per unit area, Q ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{dt}$), Q merupakan laju emisi persatuan luas, jika dibagi dengan UZ , akan menghasilkan persamaan kesetimbangan konsentrasi C .

Box model memiliki beberapa asumsi dalam penggunaannya, yaitu antara lain (Hassan dan Crowther, 1998):

1. Permukaan kota berukuran panjang p dan lebar l .
2. Laju emisi polutannya konstan (relatif tetap). Udara yang bergerak dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian h . Udara yang bergerak juga dibatasi pada arah tegak lurus terhadap kecepatan angin.
3. Kondisi yang selalu tetap (steady state), baik emisi, kecepatan angin dan karakteristik udara untuk pengenceran yang nilainya tidak bervariasi terhadap waktu, lokasi dan ketinggian tempat.
4. Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.

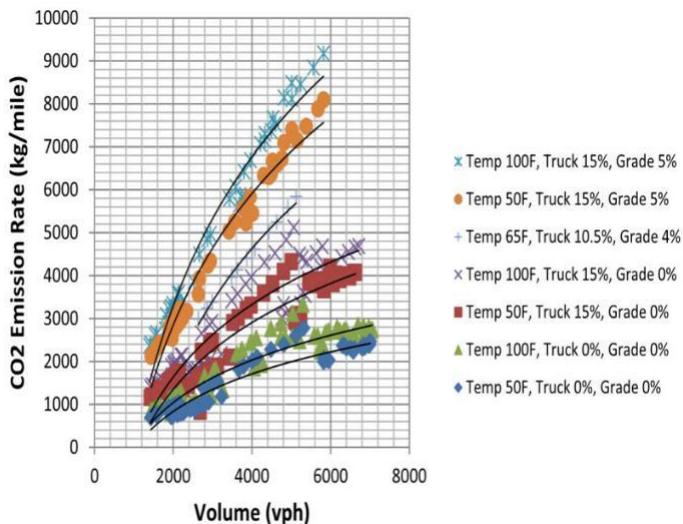
Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.

2.10 Hubungan Volume Kendaraan Dengan Emisi CO_2

Menurut Abou-Senna (2013), kecepatan sangat berkorelasi dengan tingkat emisi CO_2 . Oleh karena itu, emisi

CO₂ dinormalisasi sehubungan dengan VMT mereka. Suhu juga mewakili dampak tidak langsung bagi kondisi udara. Kemudian terdapat fungsi peluruhan secara eksponensial terhadap nilai pembatas yang sesuai dengan kapasitas jalan tol.

Jumlah truk dan non-truk menjadi salah satu penentu dari emisi yang dihasilkan pada jalan tol. Semakin besar jumlah truk, maka semakin besar juga emisi yang dihasilkan pada suatu jalan. Berikut dijelaskan hubungan antara volume kendaraan dan emisi CO₂ pada perbedaan suhu, jumlah truk dan ketinggian pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Korelasi Volume kendaraan – Emisi CO₂ pada Perbedaan Suhu, Truk dan Tingkatan

(Sumber : Abou-Senna *et. al*, 2013)

dari gambar 2.5 tersebut terdapat perbedaan emisi yang dihasilkan dari adanya perbedaan ketinggian permukaan tanah, truk, dan temperatur/suhu. Semakin tinggi suhu, persentase truk dan ketinggian, semakin besar pula emisi CO₂ yang dihasilkan pada jalan tol.

2.11 Interpolasi Linear

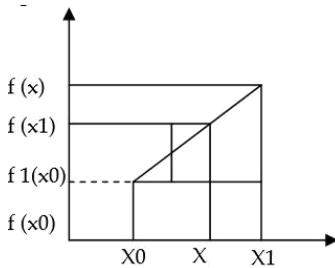
Menurut Hartomo (2006), interpolasi linear adalah polinomial tingkat pertama dan melalui suatu garis lurus pada setiap dua titik masukan yang berurutan. Dua titik masukan tersebut digunakan untuk menaksir nilai-nilai tengah di antara titik-titik data yang telah tepat. Berikut rumus interpolasi linear ditunjukkan pada rumus berikut :

$$\frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \dots\dots\dots(2.7)$$

Kemudian dapat diatur Kembali supaya memenuhi sebuah formula interpolasi linear sebagai berikut pada rumus berikut :

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}(x - x_0) \dots\dots\dots 2.8$$

Notasi $f_1(x)$ menandakan bahwa rumus tersebut adalah sebuah polynomial interpolasi orde pertama. Berikut ditunjukkan secara grafis pada dengan menggunakan segitiga sebangun sebagai berikut :



3

Gambar 2. 6 Segitiga Sebangun Penurunan Formula Interpolasi Linear

(Sumber : Hartomo, 2006)

2.12 Pemeliharaan RTH

RTH perlu dilakukan pemeliharaan rutin untuk menjaga kualitas penyerapan vegetasi yang optimal. Dalam perencanaan ini, yang termasuk pemeliharaan adalah penyiraman, pemangkasan, dan pemupukan. Ketiga aspek tersebut yang dapat menghasilkan pertumbuhan yang baik pada tumbuhan. Pemeliharaan ini didasarkan dari sumber literatur menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau.

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 menyeimbangkan 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 yang terbaik adalah pada pagi atau sore hari. Penyiraman siang hari hendaknya dilakukan langsung pada permukaan tanah, tidak pada permukaan daun tanaman. Untuk daerah dengan kelembaban tinggi penyiraman pada pagi hari lebih baik daripada sore hari, dalam upaya menghindari penyakit yang disebabkan oleh cendawan.

Penetrasi air siraman sedalam 15-20 cm ke dalam tanah, dapat menjadi indikasi bahwa siraman air sudah dinyatakan cukup.

c. Pemangkasan

Tujuan pemangkasan tanaman adalah untuk mengontrol pertumbuhan tanaman sesuai yang diinginkan serta 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:

1. Pemangkasan untuk kesehatan pohon:

Pemangkasan untuk tujuan ini dilakukan pada cabang, dahan dan ranting yang retak, patah, mati atau berpenyakit.

2. Pemangkasan untuk keamanan penggunaan taman:

- Pemangkasan dengan tujuan ini dilakukan pada cabang, dahan dan ranting, yang dapat mengancam keamanan pengguna taman.
- Di daerah pejalan kaki diperlukan ruang yang bebas dari juntaian ranting dan dahan pohon sekitar 2,5 m dari permukaan tanah.
- Batang atau dahan yang menyentuh kabel telepon dan listrik perlu dipangkas, kerana disamping dapat mengakibatkan korsleting/ kebakaran, juga gesekan yang intensif dapat mengganggu kesehatan pohon.

3. Pemangkasan untuk keamanan pengguna jalan:

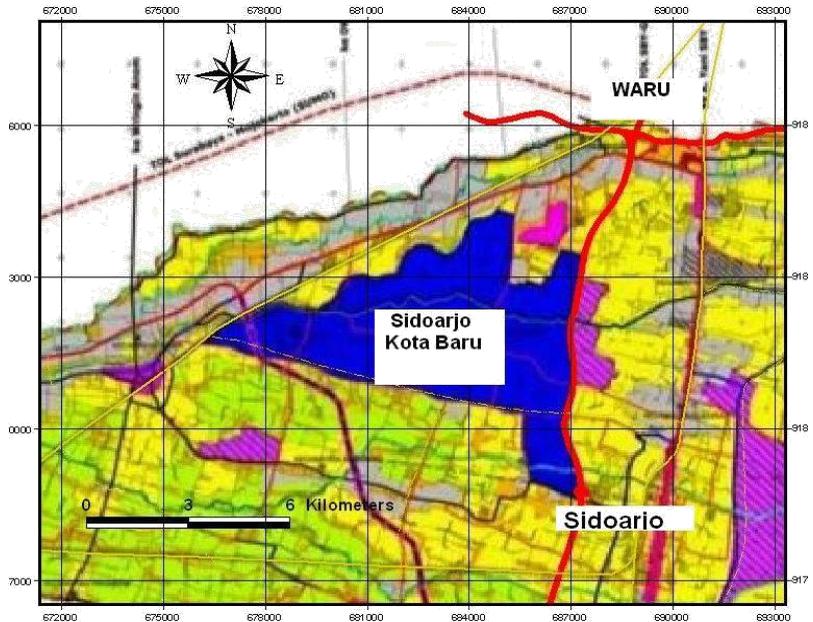
- Pemangkasan dengan tujuan ini dilakukan pada cabang, dahan dan ranting, yang dapat menghalangi pandangan pengguna jalan.
 - Untuk jalan yang dilalui kendaraan pada daerah permukiman diperlukan ruang terbebas dari juntaian ranting dan dahan pohon sekitar minimal 3,5 m dari permukaan tanah.
 - Untuk jalan umum yang dilalui kendaraan diperlukan ruang terbebas dari juntaian ranting dan dahan pohon sekitar 4,5-5 m dari permukaan tanah.
4. Pemangkasan untuk tujuan estetis:
- Pemangkasan dengan tujuan ini adalah untuk menghasilkan penampilan tanaman lebih baik atau lebih indah. Dengan memperhatikan jenis dan kerapatan daun, maka pemangkasan dapat menghasilkan tanaman dengan bentuk-bentuk tajuk spiral, silindris, kubus, bulat, piramida, dan lain sebagainya.

BAB III

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Tol Waru – Sidoarjo

Jalan Tol Waru – Sidoarjo merupakan ruas dari jalan tol utama Tol Surabaya – Gempol yang memiliki Panjang 12 km dan setiap tahunnya jumlah kendaraan yang melewati ruas tol waru - sidoarjo ini berkisar 84 juta kendaraan. Kondisi fisik Jalan Tol Waru Sidoarjo ini mempunyai persentase truk 30% dengan grade 0% (kondisi jalan datar) serta temperatur 38 C atau 100 F yang dimana kondisi ini akan berguna untuk perhitungan emisi CO₂ nantinya. Jalan Tol Waru - Sidoarjo adalah jalan tol yang menghubungkan antara Kota Surabaya dengan daerah Sidoarjo, Jawa Timur. Jalan tol ini terhubung dengan Jalan Tol Surabaya-Mojokerto di sebelah barat, Jalan Tol Surabaya-Gresik di sebelah barat laut, Jalan Tol Waru - Juanda di sebelah timur, serta Jalan Tol Gempol-Pandaan dan Jalan Tol Gempol - Pasuruan di sebelah selatan. Jalan tol ini melintasi Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo. Jalan Tol Waru – Sidoarjo merupakan ruas dari Jalan tol Surabaya – Gempol dan merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Jawa yang menghubungkan antara Merak dan Banyuwangi. Berikut lokasi Jalan Tol Waru – Sidoarjo bisa dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Peta Jalan Tol Waru- Sidoarjo

Sumber: Google Maps 2019

Pada Gambar 3.1 terlihat jelas masih terdapat banyak lahan kosong pada Jalan Tol Waru – Sidoarjo. Lahan – lahan kosong tersebut yang akan dimaksimalkan menjadi lahan untuk perencanaan vegetasi pada jalan tol ini.

3.2 Kondisi Eksisting jalan Tol Waru - Sidoarjo

3.2.1. Kondisi Vegetasi RTH

Waru – Sidoarjo ini melewati sekitar permukiman warga, dan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau

di jalan tol Waru - Sidoarjo ini masih minim. Adanya wacana pembangunan kota baru di salah satu titik Tol Waru – Sidoarjo ini semakin mengesampingkan pentingnya ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Sesuai Gambar 3.1 terlihat vegetasi masi kurang pada jalur Tol Waru – Sidoarjo dan harus adanya perencanaan. Berikut merupakan gambar kondisi Tol Waru Sidoarjo pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Kondisi Jalan Tol Waru Sidoarjo

Sumber: Google 2019

3.2.2. Data Jumlah Kendaraan Rata – Rata Perhari

Jumlah kendaraan rata rata perhari yang melewati Jalan Tol Waru – Sidoarjo termasuk yang sangat banyak karena memang jalan tol ini termasuk yang padat di Indonesia dan terutama di Pulau Jawa. Rata – rata

jumlah perhari jumlah kendaraan yang melewati jalan tol ini dalam sepanjang tahun 2012 adalah sebesar 57.271 kendaraan dan termasuk angka yang sangat besar serta meningkat setiap tahunnya. Pada Tabel berikut merupakan data lengkap jumlah kendaraan rata rata perhari sepanjang tahun 2012 – 2019 yang didapat dari PT. Jasa Marga :

Tabel 3. 1 Data Jumlah Kendaraan Perhari Tahun 2012 - 2019

TAHUN	RUAS	PANJANG RUAS	JUMLAH KENDARAAN
2012	Waru - Sidoarjo	12 Km	57.271
2013			65.793
2014			80.713
2015			78.842
2016			81.872
2017			83.847
2018			87.569
2019			107.199
JUMLAH			643.106

(Sumber : PT. Jasa Marga 2019)

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa pada tahun 2015 jumlah kendaraan sempat menurun dari tahun sebelumnya, namun dari tahun 2015 sampai tahun 2019 angka tersebut kembali naik. Pada tahun 2019 sendiri jumlah kendaraan rata rata perhari sudah menembus angka 107.199 kendaraan. Dari tabel tersebut juga dapat dikatakan bahwa tol ini merupakan tol dengan kondisi optimis karena tingkat pertumbuhan tol ini rata rata per tahun lebih dari tingkat pertumbuhan kendaraan

bermotor sama dengan PDRB Provinsi Jawa Timur empat tahun terakhir (6,93 % per tahun).

BAB IV

METODOLOGI PERENCANAAN

4.1 Umum

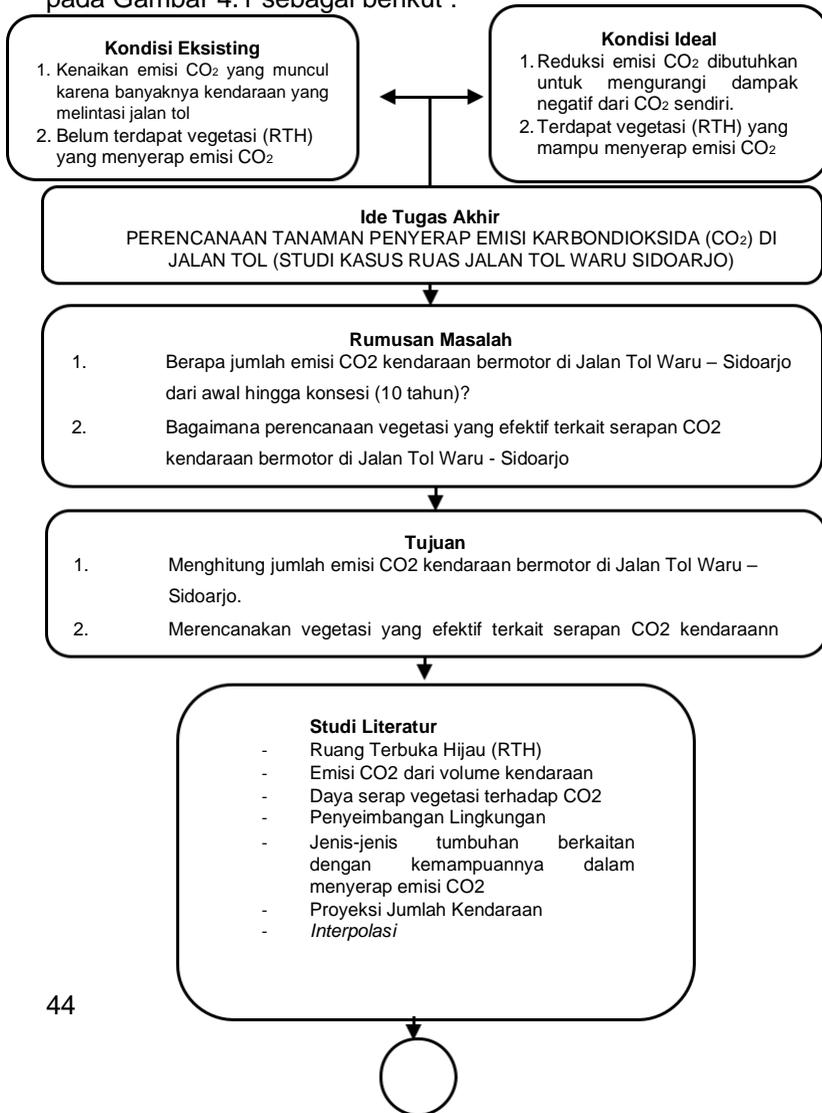
Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang relatif tinggi. Meningkatnya jumlah populasi dan kegiatan ekonomi menyebabkan aktivitas yang lebih tinggi yang menghasilkan polusi udara seperti industri dan transportasi serta masalah lingkungan lainnya. Dengan meningkatnya jumlah pertumbuhan penduduk secara tidak langsung meningkatkan jumlah kendaraan yang melintas, terutama kendaraan pribadi dan secara tidak langsung juga menurunkan jumlah kendaraan umum. Jalan tol juga menjadi ampak atas kenaikan jumlah kenaikan kendaraan ini dimana dapat menyebabkan polusi yang ditandai dengan minimnya ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH).

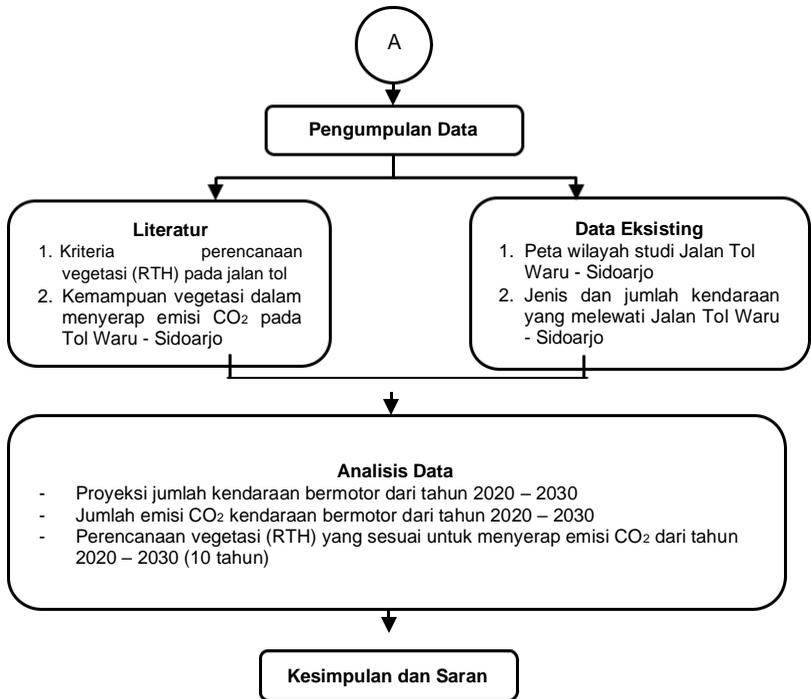
Perencanaan ini bertujuan untuk merencanakan vegetasi di Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam menyerap emisi CO₂ pada Tol Waru – Sidoarjo. Langkah awal yang dilakukan yaitu menghitung ulang emisi CO₂ pada kawasan Tol Waru – Sidoarjo dari perencanaan terdahulu kemudian memetakan emisi

CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan dengan daya serap CO₂ RTH eksisting di Tol Waru – Sidoarjo

4.2 Kerangka Perencanaan

Berikut alur kerangka perencanaan yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut :





Gambar 4.1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan

4.3 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan ini berisi tentang bagaimana langkah langkah yang akan dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan perencanaan meliputi studi literatur, perumusan masalah pengumpulan data di lapangan, tahapan analisis dan kemudian kesimpulan serta saran.

4.3.1 Ide Perencanaan

Jalan Tol Waru – Sidoarjo merupakan tol yang menghubungkan Kota Sidoarjo dengan perbatasan Waru Surabaya dengan panjang kurang lebih 10 Km. Tol ini juga melewati sekitar permukiman warga, dan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau di jalan tol Waru - Sidoarjo ini masih minim. Adanya wacana pembangunan kota baru di sepanjang Tol Waru - Sidoarjo ini semakin mengesampingkan pentingnya ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Oleh karena itu perencanaan Ruang Terbuka hijau ini harus segera dilakukan karena aktivitas kendaraan yang pada pada jalan tol ini akan menimbulkan emisi seperti CO₂, apabila tidak dikelola dengan baik akan berbahaya untuk lingkungan karena menimbulkan efek rumah kaca dan *global warming*. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan vegetasi pada ruang terbuka hijau di jalan tol yang pada kajian ini terdapat pada kawasan Jalan Tol Waru – Sidoarjo.

4.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan permukiman serta Ruang Terbuka Hijau. Sumber pustaka yang digunakan meliputi:

- Ruang Terbuka Hijau (RTH)

- Emisi CO₂ dari volume kendaraan
- Daya serap vegetasi terhadap CO₂
- Penyeimbangan Lingkungan
- Jenis-jenis tumbuhan berkaitan dengan kemampuannya dalam menyerap emisi CO₂
- Proyeksi Jumlah Kendaraan dan CO₂
- *Box Model*

4.3.3 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yaitu data tambahan penunjang perencanaan yang tidak didapatkan pada saat survey ke wilayah studi, namun didapatkan dari perencanaan terdahulu dan instansi-instansi terkait dalam perencanaan ini. Data tersebut akan digunakan sebagai data instansi-instansi terkait awal perencanaan serta sebagai pendukung analisa perhitungan

Data sekunder dalam perencanaan ini antara lain sebagai berikut:

1. Peta wilayah studi
2. Data tentang wilayah studi
3. Data jumlah kendaraan 10 tahun terakhir yang melintasi Tol Waru – Sidoarjo dari PT. Jasa Marga

4.3.4 Pengolahan data sekunder dalam perencanaan ini:

4.3.4.1 Perhitungan Proyeksi Jumlah Kendaraan dan Emisi CO₂

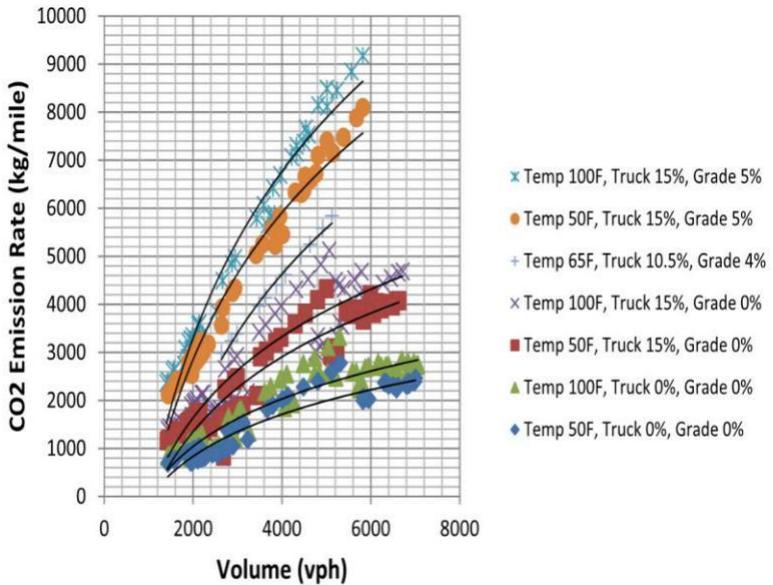
Menghitung proyeksi jumlah kendaraan serta emisi CO₂ diperlukan untuk mengetahui beban emisi CO₂ di masa yang akan datang yakni 10 tahun ke depan, sehingga dapat diprakirakan kebutuhan RTH untuk menyerap emisi CO₂ dan diketahui apakah RTH eksisting masih mampu menyerap emisi CO₂ yang ada. Metode proyeksi yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. Metode Aritmatik
- b. Metode Geometri
- c. Metode Least Square

3.3.4.2 Perhitungan Emisi CO₂ dari kendaraan

Perhitungan emisi dari tiap kendaraan yang melewati Jalan Tol Waru – Sidoarjo dilakukan setelah mendapatkan proyeksi kendaraan selama 10 tahun kedepan (2020 – 2030). Pada perhitungan emisi CO₂ ini diperlukan data volume

kendaraan per hari yang setelahnya dimasukkan di grafik pada Gambar 4.2 berikut



Gambar 4.2 Korelasi Kecepatan – Emisi CO₂ Pada Perbedaan Suhu, Truk, dan Tingkatan
(Sumber : Abou-Senna *et. al*, 2013)

Dari grafik tersebut diperlukan adanya interpolasi terlebih dahulu untuk menyesuaikan dengan kondisi yang ada di Indonesia. Temperatur yang digunakan adalah 100F atau 38°C dengan *grade* 0% untuk Seksi I. Interpolasi dilakukan dengan membandingkan persentase truk dari grafik tersebut untuk mendapatkan faktor truk (Ft) dan faktor non truk (Fnt)

sebagai faktor dalam perhitungan emisi. Berikut rumus yang dipakai untuk mendapatkan F_t , F_{nt} dan emisi CO_2 pada perencanaan kali ini ditunjukkan pada rumus berikut :

$$\text{Emisi } CO_2 = (F_t \times \text{Jumlah Truk}) + (F_{nt} \times \text{Jumlah Non Truk}) \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana :

Emisi CO_2 = Jumlah Emisi CO_2 (kg/mile/jam)

F_t = Faktor Truk

F_{nt} = Faktor Non Truk

Jumlah Truk = Volume Truk (kendaraan/jam)

Jumlah Non Truk = Volume Non Truk (kendaraan/jam)

Setelah mendapatkan jumlah emisi CO_2 kg/mile harus dikonversi menjadi satuan emisi CO_2 kg/jam dengan rumus yang ditunjukkan pada rumus berikut :

$$\text{Emisi } CO_2' = \text{Emisi } CO_2 \times \text{Panjang Jalan} \dots\dots\dots (4.4)$$

Dimana :

Emisi CO_2' = Jumlah Emisi CO_2 (kg/mile/jam)

Emisi CO_2 = Jumlah Emisi CO_2 (kg/jam)

Panjang Jalan = Panjang Jalan Tol (mile)

3.3.4.3 Analisis Luasan Vegetasi RTH

Penentuan luasan Vegetasi RTH bertujuan untuk menghitung kebutuhan ketersediaan RTH di Jalan Tol Waru – Sidoarjo dan prediksi luasan yang harus disediakan. Kebutuhan Luasan:

$$\text{emisi CO}_2 \text{ (kg CO}_2\text{/thn) / Daya serap CO}_2 \text{ oleh tumbuhan (kg/m}^2\text{/thn)(4.6)}$$

3.3.4.4 Analisis Jenis Tanaman Dalam Menyerap CO₂

Berdasarkan data sekunder berupa jenis tanaman dan dibandingkan dengan data kemampuan tanaman untuk menyerap CO₂ maka akan didapatkan kesimpulan kemampuan tanaman tersebut dalam menyerap emisi (dalam satuan kg/CO₂)

3.3.5 Analisis Data dan pembahasan

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka dilakukan pembahasan berdasarkan hasil analisa yang di dapatkan. Pembahasan juga dilakukan berdasarkan teori yang telah ada. Analisis data dimaksudkan untuk mengolah data yang di dapat selama perencanaan untuk ditampilkan dalam bentuk yang mudah untuk dipelajari dan dipahami.

4.3.6 Tahap Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil perencanaan yang menjawab rumusan masalah. Saran diberikan untuk perbaikan perencanaan dan pelaksanaan perencanaan berikutnya

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Emisi CO₂

Emisi karbon dioksida adalah pencemaran atau pelepasan gas karbon dioksida ke udara. Emisi CO₂ biasanya dinyatakan dalam setara ton karbon dioksida (CO₂). Emisi tersebut menyebabkan kadar gas rumah kaca di atmosfer meningkat, sehingga terjadi peningkatan efek rumah kaca dan pemanasan global (Sugiyono, 2006). Emisi CO₂ yang dihitung yaitu emisi CO₂ yang berasal dari kegiatan transportasi pada Jalan Tol Waru – Sidoarjo yang terdiri dari mobil penumpang serta alat berat. Data sekunder berupa jumlah kendaraan yang digunakan adalah data dari intitusi yang berkaitan. Perhitungan emisi akan diawali dengan proyeksi jumlah kendaraan dalam 10 tahun kedepan (2020 – 2030). Kemudian menggunakan prinsip *box model* dimana dimana emisi kendaraan (CO₂) seimbang dengan reduksi yang dilakukan oleh tumbuhan atau vegetasi sehingga setelahnya mencari luasan vegetasi untuk serapan emisi CO₂.

5.2 Proyeksi Kendaraan

Dalam perencanaan penyerapan tanaman penyerap emisi CO₂ diperlukan proyeksi jumlah kendaraan yang melintas pada tahun perencanaan

sehingga beban emisi yang nanti dihasilkan dapat disesuaikan dengan jumlah dan jenis vegetasi yang dapat direncanakan. Analisis ini melihat keadaan kendaraan yang melintas pada 10 tahun kedepan yaitu sampai tahun 2030, sehingga perlu dilakukannya proyeksi kendaraan sampai 10 tahun kedepan. Perencanaan 10 tahun kedepan dipilih karena umumnya pada perencanaan pembaharuan jalan tol oleh pemerintah untuk jangka menengah adalah 10 tahun. Acuan perencanaan ini digunakan karena nantinya jika RTH tidak mencukupi maka terdapat perencanaan RTH 10 tahun kedepan.

Jumlah kendaraan yang akan diproyeksikan ini akan dihitung emisi CO₂ yang dihasilkan. Metode yang digunakan pada proyeksi kendaraan ini adalah metode aritmatik, geometri, dan least square. Metode Aritmatika dipakai untuk kendaraan dengan perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang selalu naik secara konstan, dan dalam kurun waktu yang pendek. Proyeksi dengan metode ini menganggap bahwa perkembangan kendaraan bermotor secara otomatis berganda, dengan penambahan kendaraan bermotor. Untuk metode geometri tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun dan kemudian mantap, disebabkan kepadatan kendaraan bermotor mendekati maksimum. Untuk Metode least square digunakan untuk garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan

kendaraan bermotor masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan kendaraan bermotor tidak selalu bertambah. Kemudian penggunaan 3 metode ini didasarkan pada data yang dipakai kurang lebih 10 tahun terakhir. Dari ketiga metode tersebut dicari koefisien korelasinya sebagai penentu dari metode proyeksi kendaraan yang akan dipakai. Koefisien korelasi dari ketiga metode tersebut dipilih yang mendekati 1 (grafik linier) sehingga salah satu metode dapat ditetapkan untuk digunakan dalam menghitung proyeksi kendaraan pada Jalan Tol Waru – Sidoarjo.

Perhitungan proyeksi kendaraan yang akan melintasi Jalan Tol Waru – Sidoarjo menggunakan data dari PT Jasa Marga serta tertera pertumbuhan tiap tahun pada Tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Jumlah kendaraan tahun 2012 - 2019

Tahun 2012 - 2019					
No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			unit	%	
1	2012	57271	0	0,000	0
2	2013	65793	8522	14,880	0,1488
3	2014	80713	14920	22,677	0,2268

4	2015	78842	-1871	-2,318	-0,0232
5	2016	81872	3030	3,843	0,0384
6	2017	83847	1975	2,412	0,0241
7	2018	87569	3722	4,439	0,0444
8	2019	107199	19630	22,417	0,2242
JUMLAH		643106	49928	68,350	0,6835
Rata - rata pertumbuhan kendaraan					0,0427

Sumber : PT Jasa marga 2019

Perhitungan proyeksi kendaraan ini menggunakan r pada jumlah kendaraan yang terdapat pada table 5.1 adalah 0,0427. Nilai r ini dibutuhkan dalam perhitungan proyeksi kendaraan menggunakan metode secara aritmatik dan geometrik serta least square. Perhitungan koefisien korelasi dihitung dengan menggunakan rumus 2.2, 2.3 dan 2.4 untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam proyeksi kendaraan. Perhitungan koefisien korelasi tiap metode dapat dilihat pada Tabel 5.2, 5.3 dan 5.4

Tabel 5.2 Koefisien Korelasi Metode Aritmatika

METODE ARITMATIKA						
Tahun	Jumlah	X (selisih tahun)	Y (selisih total)	XY	X ²	Y ²
2012	57271	0	0	0	0	0
2013	65793	1	8522	8522	1	72624484
2014	80713	2	14920	29840	4	222606400
2015	78842	3	-1871	-5613	9	3500641
2016	81872	4	3030	12120	16	9180900
2017	83847	5	1975	9875	25	3900625
2018	87569	6	3722	22332	36	13853284
2019	107199	7	19630	137410	49	385336900
r						0,542

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.3 koefisien Korelasi Metode Geometrik

METODE GEOMETRI						
Tahun	Jumlah Penduduk	X (urutan data mulai dari 1)	Y (Jumlah kendaraan tiap tahun dalam Ln)	XY	X ²	Y ²
2012	57271	0	0,0000	0,0000	0	0
2013	65793	1	11,0943	11,0943	1	123,0828
2014	80713	2	11,2987	22,5973	4	127,6596
2015	78842	3	11,2752	33,8256	9	127,1302

2016	81872	4	11,3129	45,2516	16	127,982
2017	83847	5	11,3367	56,6837	25	128,5219
2018	87569	6	11,3802	68,2811	36	129,5085
2019	107199	7	11,5824	81,0771	49	134,153
Koefisien korelasi						0,825

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.4 Koefisien korelasi Metode Least Square

METODE LEAST SQUARE						
Tahun	Jumlah Penduduk	X (urutan data mulai dari 1)	Y (Jumlah kendaraan tiap tahun)	XY	X ²	Y ²
2012	57271	0	0	0	0	0
2013	65793	1	65793	65793	1	4328718849
2014	80713	2	80713	161426	4	6514588369
2015	78842	3	78842	236526	9	6216060964
2016	81872	4	81872	327488	16	6703024384
2017	83847	5	83847	419235	25	7030319409
2018	87569	6	87569	525414	36	7668329761
2019	107199	7	107199	750393	49	11491625601
Koefisien korelasi						0,899

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dapat dilihat dari tiap tabel bahwa nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 adalah metode least square. Metode least square memiliki nilai koefisien korelasi 0,899.

Metode least square dipilih untuk menentukan jumlah kendaraan dari tahun 2020 hingga 2030.

Perhitungan proyeksi kendaraan dihitung dengan menggunakan metode least square dengan rumus 2.5 sehingga didapat jumlah kendaraan yang melintasi Jalan Tol Waru – Sidoarjo pada tahun 2030 adalah 124.035 kendaraan. Untuk hasil lengkap proyeksi jumlah kendaraan tahun 2020 – 2030 dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut

Tabel 5.5 Proyeksi Jumlah Kendaraan Tahun 2021 – 2030

TOL WARU - SIDOARJO	
Tahun	Proyeksi Jumlah Kendaraan
2021	110081
2022	111550
2023	113039
2024	114548
2025	116078
2026	117627
2027	119197
2028	120789
2029	122401
2030	124035

(Sumber : Hasil Perhitungan)

dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa proyeksi kendaraan pada tahun 2021 sebesar 11081 kendaraan sedangkan pada tahun 2030 sebesar 124035. Setelah mendapatkan data

proyeksi dilakukan perhitungan jumlah kendaraan pada jam puncak karena data kendaraan pada jam puncak akan digunakan untuk perhitungan emisi CO₂ kendaraan pada Jalan Tol Waru Sidoarjo.

5.3 Jumlah Kendaraan Pada Lalu Lintas Jam Puncak

Setelah mendapat proyeksi jumlah kendaraan selama 10 tahun kedepan, maka selanjutnya mencari jumlah kendaraan jam puncak. Data yang didapat dari PT. Jasa Marga menyebutkan bahwa jam puncak kendaraan di Jalan Tol Waru

– Sidoarjo terjadi pada hari senin pukul 12.00 – 13.00 WIB dengan persentase kendaraan sebesar 6,49 %. Persentase tersebut kemudian digunakan untuk mencari jumlah kendaraan jam puncak pada Tol Waru – Sidoarjo per tahunnya. Data kendaraan jam puncak digunakan untuk mencari emisi CO₂ dari tiap kendaraan yang melintasi Tol Waru – Sidoarjo. Digunakannya data kendaraan jam puncak sebagai perhitungan emisi CO₂ karena hasil yang didapat nantinya lebih akurat karena emisi CO₂ terbesar terletak pada jumlah kendaraan tertinggi. Berikut jumlah kendaraan jam puncak per tahunnya pada Tabel 5.6 berikut :

Tabel 5. 6 Jumlah Kendaraan Lalu Lintas Pada Jam Puncak

JUMLAH KENDARAAN			
Tahun	Proyeksi	Persentase Jam Puncak	Jam Puncak
2021	110081	6,49%	7144
2022	111550	6,49%	7240
2023	113039	6,49%	7336
2024	114548	6,49%	7434
2025	116078	6,49%	7533
2026	117627	6,49%	7634
2027	119197	6,49%	7736
2028	120789	6,49%	7839
2029	122401	6,49%	7944
2030	124035	6,49%	8050

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun 2021 proyeksi kendaraan sebesar 113039 kendaraan dengan persentase jam puncak 6.49% maka jumlah kendaraan jam puncaknya adalah 7144 kendaraan sedangkan pada tahun 2030 dengan proyeksi 123035 kendaraan dengan 6.49% persentase jam puncak, maka jumlah kendaraan pada jam puncaknya adalah 8050 kendaraan.

5.4 Perhitungan Emisi CO₂ Dari Kendaraan

Perhitungan emisi CO₂ memerlukan data dari jumlah kendaraan pada lalu lintas jam puncak dan ada faktor umur kendaraan. Menurut Tugaswati (2007), umur mesin berpengaruh terhadap jumlah emisi CO yang dihasilkan sepeda motor. Semakin tua umur mesin kendaraan bermotor maka emisi CO yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh komponen – komponen mesin (yang berperan penting dalam proses pembakaran) telah banyak mengalami proses keausan selain itu, banyak kotoran – kotoran yang menempel di saringan udara. Namun, pada perhitungan ini, umur kendaraan tidak diperhitungkan dan bias dijadikan saran untuk perencanaan selanjutnya dalam memasukkan factor umue kendaraan. Nantinya ketika emisi CO₂ telah didapatkan maka akan disesuaikan dengan jumlah tanaman agar mampu menyerap emisi sesuai perhitungan yang telah direncanakan. Pada perencanaan ini Menurut Abou-senna (2013), terdapat hubungan antara jumlah kendaraan dengan persentase truk, temperature dan ketinggian tertentu. Pada perhitungan kali ini persentase truk yang digunakan adalah 30% dengan grade 0% (kondisi jalan datar) serta temperatur 38 C atau 100 F. Kemudian melakukan interpolasi dengan grafik pada Gambar 4.2 untuk mendapatkan jumlah emisi CO₂ pada

Jalan Tol Waru Sidoarjo. Perhitungan emisi dapat dilihat sebagai berikut :

$$\text{Emisi} = (\text{ft} \times \text{truk}) + (\text{fnt} \times \text{non truk}) \dots \dots \dots (5.1)$$

Keterangan :

Emisi = Emisi CO₂ (kg/mile)

Ft = Faktor truk

Fnt = Faktor non truk

truk = Jumlah truk (kendaraan/jam)

non truk = Jumlah non truk (kendaraan/jam)

Pers I (Temp 100F, Truck 0%, Grade 0%):

$$600 = (\text{ft} \times 0) + (\text{fnt} \times (100\% \times 1400))$$

$$\text{Fnt} = 1,38$$

Pers II (Temp 100F, Truck 15%, Grade 0%)

$$800 = (\text{ft} \times (15\% \times 1400)) + (1,38 \times (85\% \times 1400))$$

$$\text{Ft} = 0,428$$

Dari persamaan tersebut dapat dihitung emisi kendaraan tiap tahunnya dengan kondisi presentase truk 30%. Berikut perhitungan emisi dari tahun 2020 – 2030 pada Tabel 5.7 berikut

Tabel 5. 7 Jumlah Emisi Kendaraan Tahun 2021 - 2030

Tahun	Volume (kendaraan/jam)	Emisi CO ₂ (kg/mile)
2021	7144	5119
2022	7240	5188
2023	7336	5257
2024	7434	5327
2025	7533	5398
2026	7634	5471
2027	7736	5544
2028	7839	5617
2029	7944	5693
2030	8050	5769

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tabel tersebut telah didapat emisi kendaraan pada Jalan Tol Waru Sidoarjo dari tahun 2021 – 2030 dengan satuan Kg/mile. Dapat dilihat bahwa emisi CO₂ pada tahun 2021 sebesar 5119 Kg/mile sedangkan pada tahun 2030 sebesar 5769 Kg/mile Langkah selanjutnya dengan melakukan konversi satuan menjadi kg/jam dengan mengalikan emisi satuan Kg/mile dengan panjang jalan tol dengan rumus 5.2 sebagai berikut

$$\text{Emisi CO}_2' = \text{Emisi CO}_2 \times L \dots\dots\dots (5.2)$$

Dimana :

Emisi CO₂' = Jumlah Emisi CO₂ (kg/mile/jam)

Emisi CO₂ = Jumlah Emisi CO₂ (kg/jam)

L = Panjang Jalan Tol (mile)

Panjang Jalan Tol Waru Sidoarjo adalah 12 Km atau 7,45 mil yang didapatkan dari PT Jasa Marga. Selanjutnya didapat nilai koversi emisi dengan memakai rumus 5.2 pada Tabel 5.8 berikut

Tabel 5. 8 Konversi Satuan Emisi CO₂

Tahun	Volume (kendaraan/jam)	Emisi CO ₂ (kg/jam)
2021	7144	38170
2022	7240	38683
2023	7336	39196
2024	7434	39720
2025	7533	40249
2026	7634	40788
2027	7736	41333
2028	7839	41884
2029	7944	42445
2030	8050	43011

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai konversi pada tahun 2021 dari 5119 Kg/mile menjadi 38170 Kg/jam sedangkan pada tahun 2030 dari 5769 Kg/mile menjadi 43011Kg/jam.

5.5 Perhitungan Daya Serap Vegetasi

Setelah mendapatkan emisi kendaraan pada jalan tol, selanjutnya menghitung kebutuhan lahan untuk vegetasi sebagai penyerap emisi. Menurut Dahlan (2007), Tanaman dapat menyerap CO₂ dan melepas O₂ melalui proses fotosintesa, karena itu selain dapat menyerap emisi karbon CO₂ tanaman juga memiliki fungsi lain sebagai penuplai O₂ yang diperlukan bagi manusia, selain itu pun dapat memberi keteduhan dan mempercantik estetika lanskap. Penanaman vegetasi nantinya akan di lakukan tiap tahunnya karena vegetasi mempunyai daya serap yang berbeda beda tiap tahunnya. Oleh karena itu dibutuhkan penyesuaian penanaman sesuai perhitungan perencanaan agar emisi yang dihasilkan oleh kendaraan yang melintas pada jalan Tol Waru – Sidoarjo dapat direduksi dengan maksimal oleh adanya vegetasi. Berikut merupakan berbagai daya serap emisi dari berbagai vegetasi menurut Prasetyo (2002) :

Tabel 5. 9 Daya Serap vegetasi

Pohon	129,92	kg/ha/jam
Semak Belukar	12,56	kg/ha/jam
Padang Rumpun	2,74	kg/ha/jam
Sawah	2,74	kg/ha/jam
Cassia	6,504199	kg/pohon/jam

(Sumber : Prasetyo et al., 2002)

Dari tabel tersebut kemudian bisa di dapat kebutuhan lahan vegetasi dengan memakai pohon, semak, dan rumput. Alasan memakai ke 3 jenis vegetasi tersebut karena sangat cocok digunakan untuk jalan tol. Komposisi vegetasi untuk rumput, semak/perdu, dan pohon masing masing adalah 3%, 90%, dan 7%. Dengan pertimbangan luas lahan jalan tol didapatkan angka komposisi vegetasi tersebut. Pada ke 3 jenis tanaman tersebut pohonlah yang memiliki daya serap terbesar namun komposisi vegetasi untuk penutup lahan hanya sebesar 7%. Hal ini tentu mempunyai pertimbangan seperti karna pohon memiliki daun yang banyak dan ditakutkan akan berjatuh ke jalan tol yang tentunya akan berbahaya bagi pengendara kendaraan serta memperbanyak burung yang berdiam di jalan tol. Kemudian alasan selanjutnya mengapa semak memiliki komposisi vegetasi terbesar karna memiliki tingi yang hampir sama dengan knalpot yang keluar langsung dari kendaraan. Sementara untuk rumput yang memiliki tinggi kurang dari tinggi semak/perdu didesain untuk menyerap emisi ke bagian bawah sedangkan untuk pohon kebagian atas. Pohon yang digunakan adalah Pohon Trembesi karena menurut Dahlan (2007) pohon ini termasuk vegetasi dengan nilai reduksi CO₂ yang besar dan bentuk pohon trembesi seperti kanopi atau payung raksasa juga bisa menurunkan suhu udara hingga 4 derajat Celcius serta sangat cocok ditanam pada wilayah yang panas dan dilalui kendaraan yang padat seperti Jalan Tol Waru Sidoarjo ini. Kemudian berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan

Umum Nomor 05/PRT/M/2012 untuk jenis perdu/semak dan rumput ideal yang di pakai pada jalan tol ini adalah Agave dan Lamuran. Untuk gambar masing masing vegetasi bisa dilihat pada Gambar 5.1, 5.2, dan 5.3 berikut:



Gambar 5.1 Pohon Trembesi

Sumber : alamendah 2009



Gambar 5.2 Perdu/Semak Agave

Sumber : desain lanskap 2012



Gambar 5.3 Rumput Lamuran

Sumber : Arya Flower 2017

Emisi yang digunakan tentu dalam satuan Kg/ jam atau yang tertera pada Tabel 5.8. Perhitungan kebutuhan lahan vegetasi pada jalan tol dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan Lahan} = \text{Emisi CO}_2' / \text{Daya Serap} \times \% \text{vegetasi} \dots(5.3)$$

Dimana :

Kebutuhan Lahan = Lahan Vegetasi (ha)

Emisi CO₂' Daya = Jumlah Emisi CO₂ (kg/jam)

Serap = Daya Serap (kg/ha/jam)

Dapat dilihat dari rumus tersebut maka contoh untuk perhitungan tahun 2021 adalah sebagai berikut

a. Rumput

Kebutuhan Lahan = Emisi CO₂' / Daya Serap x %vegetasi

Kebutuhan Lahan = (38170 / 2,74 Kg/Ha/jam) x 3%

Kebutuhan Lahan = 417,9 Ha

b. Perdu/semak

Kebutuhan Lahan = Emisi CO₂' / Daya Serap x %vegetasi

Kebutuhan Lahan = (38170 / 12,56 Kg/Ha/jam) x 90%

Kebutuhan Lahan = 2735,1 Ha

c. Pohon

Kebutuhan Lahan = Emisi CO₂' / Daya Serap x %vegetasi

Kebutuhan Lahan = (38170 / 129,92 Kg/Ha/jam) x 7%

Kebutuhan Lahan = 20,6 Ha

Dari perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa luas kebutuhan vegetasi untuk perdu/semak sangat dominan sebesar 2735,1 Ha sangat dominan dibanding pohon dan rumput. Tentu hal ini didasari karna semak/perdu memiliki komposisi vegetasi yang sangat besar. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.10, 5.11, dan 5.12 berikut

Tabel 5. 10 Kebutuhan Lahan Vegetasi Rumput

Tahun	Emisi CO ₂ (kg/jam)	Rumput (ha)	
		Kebutuhan	Penambahan
2021	38170	417,9	0,0
2022	38683	423,5	5,6
2023	39196	429,2	5,6
2024	39720	434,9	5,7
2025	40249	440,7	5,8
2026	40788	446,6	5,9
2027	41333	452,6	6,0
2028	41884	458,6	6,0
2029	42445	464,7	6,1
2030	43011	470,9	6,2

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dapat dilihat dari tabel tersebut bahwa pada tahun 2021 kebutuhan lahan rumput pada Jalan Tol Waru – Sidoarjo sebesar 417,9 Ha dan pada tahun 2030 sebesar 470 Ha dengan penambahan total sebesar 53 Ha.

Tabel 5. 11 Kebutuhan Lahan Vegetasi Perdu/Semak

Tahun	Emisi CO2 (kg/jam)	Perdu (ha)	
		Kebutuhan	Penambahan
2021	38170,2	2735,1	0,0
2022	38683,1	2771,9	36,8
2023	39196,0	2808,6	36,8
2024	39719,6	2846,2	37,5
2025	40248,6	2884,1	37,9
2026	40788,2	2922,7	38,7
2027	41333,2	2961,8	39,1
2028	41883,5	3001,2	39,4
2029	42444,6	3041,4	40,2
2030	43010,9	3082,0	40,6

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kebutuhan lahan vegetasi untuk perdu/semak pada tahun 2021 sebesar 2735,1 Ha dan pada tahun 2030 kebutuhan lahan sebesar 3082 Ha dengan total penambahan lahan sebesar 346,9 Ha.

Tabel 5. 12 Kebutuhan Lahan Vegetasi Pohon

Tahun	Emisi CO2 (kg/jam)	Pohon (ha)	
		Kebutuhan	Penambahan
2021	38170,2	20,6	0,0
2022	38683,1	20,8	0,3
2023	39196,0	21,1	0,3
2024	39719,6	21,4	0,3
2025	40248,6	21,7	0,3
2026	40788,2	22,0	0,3
2027	41333,2	22,3	0,3
2028	41883,5	22,6	0,3
2029	42444,6	22,9	0,3
2030	43010,9	23,2	0,3

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kebutuhan lahan vegetasi pohon pada tahun 2021 sebesar 20,6 Ha sedangkan pada tahun 2030 sebesar 23,2 Ha dengan total penambahan sebesar 2,6 Ha. Hasil perhitungan tersebut juga dapat dilihat pada grafik berikut. Pada Jalan Tol Waru Sidoarjo lahan eksisting yang tersedia sebanyak 185 Ha dan sangat tidak sebanding oleh lahan yang dibutuhkan pada perencanaan ini. Hal tersebut dapat diatasi dengan adanya penumpukan tanaman atau yang bisa dibilang dengan kombinasi. Perencanaan penanaman Pohon Trembesi yang ditumpuk dengan perdu/semak dan rumput. Tujuan penumpukan tentunya akan semakin memperkecil lahan yang dibutuhkan dari perhitungan eksisting pada Tabel 5.10, 5.11, 5.12, serta

secara tidak langsung akan menambah kesuburan tanah dan menambah unsur hara pada tanaman – tanaman tersebut. Kebutuhan lahan jalan tol sesuai peraturan menteri pekerjaan umum nomor 05/PRT/M/2012 dengan Perhitungan pada peraturan ini Peletakan vegetasi atau tanaman pada tol ini juga harus memerhatikan ketentuan yang berlaku. Sebagaimana menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012, jarak tanam atau peletakkan vegetasi disesuaikan dengan ukuran vegetasi yang dikategorikan sebagai berikut :

Pohon besar jarak tanam 6 m

Pohon kecil (perdu) jarak tanam 2 m

Semak jarak tanam 0,3 m

Rumput tidak ada jarak tanam

Sumber : Permen PU no 05/PRT/M/2012

Dengan adanya peraturan tersebut maka komposisi tanaman yang ada menjadi

Tabel 5. 13 Komposisi Tanaman

Daya Serap Emisi CO2		Komposisi
Pohon	129,92 kg/ha/jam	89,1%
Semak Belukar	12,56 kg/ha/jam	8,9%
Padang Rumput	2,74 kg/ha/jam	2,0%

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel diatas dapat dihitung kebutuhan lahan seperti berikut

(Contoh perhitungan pada tahun 2021)

1. Rumput

Kebutuhan Lahan = Emisi CO₂' / Daya Serap x %vegetasi

Kebutuhan Lahan = (38.170 / 2,74 Kg/Ha/jam) x 2%

Kebutuhan Lahan = 278,61 Ha

2. Perdu/semak

Kebutuhan Lahan = Emisi CO₂' / Daya Serap x %vegetasi

Kebutuhan Lahan = (38170 / 12,56 Kg/Ha/jam) x 8,9%

Kebutuhan Lahan = 270,69 Ha

3. Pohon

Kebutuhan Lahan = Emisi CO₂' / Daya Serap x %vegetasi

Kebutuhan Lahan = (38170 / 129,92 Kg/Ha/jam) x 89,1%

Kebutuhan Lahan = 261,75 Ha

Dari perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa luas kebutuhan vegetasi untuk perdu/semak sangat berbeda dengan perhitungan kebutuhan lahan dengan komposisi vegetasi untuk rumput, semak/perdu, dan pohon masing masing adalah 3%, 90%, dan 7%. Dimana pada perhitungan diatas kebutuhan lahan yang paling dominan sebesar 278,61 Ha untuk vegetasi rumput. Hal ini didasari oleh adanya perubahan komposisi

yang sangat banyak dan untuk hasil lengkap kebutuhan lahan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 5. 14 Kebutuhan Lahan Vegetasi 2020 – 2030 Menteri
Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012

Tahun	Emisi CO2 (kg/jam)	Rumput (ha)		Perdu (ha)		Pohon (ha)	
		Kebutuhan	Penambahan	Kebutuhan	Penambahan	Kebutuhan	Penambahan
2020	37667,94	274,95	0,00	267,12	0,00	258,31	0,00
2021	38170,17	278,61	3,67	270,69	3,56	261,75	3,44
2022	38683,10	282,36	3,74	274,32	3,64	265,27	3,52
2023	39196,02	286,10	3,74	277,96	3,64	268,79	3,52
2024	39719,64	289,92	3,82	281,67	3,71	272,38	3,59
2025	40248,59	293,79	3,86	285,43	3,75	276,01	3,63
2026	40788,23	297,72	3,94	289,25	3,83	279,71	3,70
2027	41333,21	301,70	3,98	293,12	3,86	283,44	3,74
2028	41883,54	305,72	4,02	297,02	3,90	287,22	3,77
2029	42444,55	309,81	4,09	301,00	3,98	291,06	3,85
2030	43010,91	313,95	4,13	305,01	4,02	294,95	3,88

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa lahan yang dibutuhkan lebih kecil dibanding perhitungan sebelumnya dapat dijadikan rekomendasi ke dua untuk perencanaan RTH pada jalan tol kedepannya. Untuk grafik hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada grafik tersebut. Harapannya dari hasil perencanaan ini dapat dijadikan acuan dalam mempertimbangkan perbedaan lahan eksisting dan lahan yang dibutuhkan dalam perencanaan lahan vegetasi untuk ruang terbuka hijau serta evaluasi dalam pembangunan - pembangunan jalan tol di Indonesia yang seharusnya mementingkan ketersediaan atau kebutuhan ruang terbuka hijau sebagai penyerap emisi yang efektif, khususnya tol dengan lalu lintas yang padat seperti Tol Waru Sidoarjo ini.

Dari perhitungan kebutuhan lahan diatas dengan masing masing komposisi yang berbeda dapat dicari jumlah tanaman dengan membagi luasan kebutuhan lahan dengan luasan tajuk masing masing vegetasi dengan perhitungan berikut .:

a. Komposisi rumput 3%, perdu/semak 90% dan pohon 7%

- Rumput

Vegetasi rumput disesuaikan dengan kebutuhan lahan karna memiliki luasan tajuk yang sangat kecil

- Perdu/Semak

Diameter Tajuk = 1 m

Luas Tajuk = $\frac{1}{4} \pi d^2 = 0,785 \text{ m}^2$

Luas Lahan	= 3082 ha
	= 30.820.000 m ₂
Jumlah	= Luas Lahan/Luas Tajuk
	= 30.820.000 m ₂ / 0,785 m ₂
	= 39.261.146 perdu/semak
- Pohon	
Diameter Tajuk	= 10 m
Luas Tajuk	= $\frac{1}{4} \pi d^2 = 78,5 \text{ m}^2$
Luas Lahan	= 23,2 ha
	= 232.000 m ₂
Jumlah	= Luas Lahan/Luas Tajuk
	= 232.000 m ₂ / 78,5 m ₂
	= 2.955 pohon

b. Komposisi 89.1% pohon, 8.9% perdu/semak dan 2% rumput

- Rumput

Vegetasi rumput disesuaikan dengan kebutuhan lahan karna memiliki luasan tajuk yang sangat kecil

- Perdu/Semak

Diameter Tajuk	= 1 m
Luas Tajuk	= $\frac{1}{4} \pi d^2 = 0,785 \text{ m}^2$
Luas Lahan	= 305.010 ha
	= 3.050.100 m ₂
Jumlah	= Luas Lahan/Luas Tajuk
	= 3.050.100 m ₂ / 0,785 m ₂

$$= 3.855.477 \text{ perdu/semak}$$

- Pohon

Diameter Tajuk = 10 m

Luas Tajuk = $\frac{1}{4} \pi d^2 = 78,5 \text{ m}^2$

Luas Lahan = 294.95 ha

$$= 2.949.500 \text{ m}^2$$

Jumlah = Luas Lahan/Luas Tajuk

$$= 2.949.500 \text{ m}^2 / 78,5 \text{ m}^2$$

$$= 37.573 \text{ pohon}$$

5.6 Right Of Way (ROW) Jalan Tol dan Tata Letak Tanaman Penyerap Emisi CO₂

Tol – tol di Indonesia memiliki Right Of Way (ROW) atau lebar badan jalan tol. Pada tol ini vegetasi yang digunakan adalah kombinasi pohon, perdu/semak dan rumput dimana peletakan atau penempatan tiap tiap vegetasi tersebut menyesuaikan dengan ROW Jalan Tol Waru – Sidoarjo menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012. Namun ROW eksisting jalan tol tersebut adalah 60 m. Hal ini juga karena ROW tol di Indonesia yang sesuai dengan kebijakan pemerintah adalah 60 m dan sangat tidak sebanding dengan ROW yang dibutuhkan dalam

perencanaan ini. Ketidaksesuaikan kebutuhan ROW juga disebabkan karena emisi yang begitu besar yang dihasilkan oleh banyaknya kendaraan yang melintasi tol ini. oleh karena itu tentunya dibutuhkan lahan yang cukup luas sesuai perhitungan yang dan berpengaruh kepada kebutuhan ROW jalan tol yang besar juga tentunya.

Peletakan vegetasi atau tanaman pada tol ini juga harus memerhatikan ketentuan yang berlaku. Sebagaimana menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2012, jarak tanam atau peletakkan vegetasi disesuaikan dengan ukuran vegetasi yang dikategorikan sebagai berikut :

1. Pohon besar jarak tanam 6 m
2. Pohon kecil (perdu) jarak tanam 2 m
3. Semak jarak tanam 0,3 m
4. Rumput tidak ada jarak tanam

Dari ketentuan tersebut dapat di lihat bahwa sisi samping langsung ditanami dengan rumput yang selanjutnya ada perdu/semak kemudian pohon. Variasi penanaman dengan memakai sistem tanam berkelompok dan rapat serta penumpukan antar vegetasi sehingga luasan vegetasi terbesar akan dijadikan patokan, dimana pada perencanaan ini luasan perdu/semak adalah yang paling luas.

Perhitungan ROW pada perencanaan ini dengan membagi lahan yang dibutuhkan pada tiap tiap vegetasi

dengan panjang Jalan Tol Waru – Sidoarjo ini, lalu akan dibandingkan dengan ROW eksisting agar tau berapa selisih penambahan ROW yang dibutuhkan. ROW perencanaan Jalan Tol Waru – Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 5.13 untuk perdu/semak, 5.14 untuk pohon, dan 5.15 untuk rumput.

Tabel 5. 15 Kebutuhan ROW Vegetasi Perdu/Semak

luas lahan (Km2)	panjang jalan tol (Km)	ROW rencana (Km)	ROW rencana (m)	Ruas Kiri	Ruas Kanan	ROW Eksisting (m)	penambahan (m)
27,4	12	2,28	2279,3	1,14	1,14	60	2219,3
27,7	12	2,31	2309,9	1,15	1,15	60	2249,9
28,1	12	2,34	2340,5	1,17	1,17	60	2280,5
28,5	12	2,37	2371,8	1,19	1,19	60	2311,8
28,8	12	2,40	2403,4	1,20	1,20	60	2343,4
29,2	12	2,44	2435,6	1,22	1,22	60	2375,6
29,6	12	2,47	2468,2	1,23	1,23	60	2408,2
30,0	12	2,50	2501,0	1,25	1,25	60	2441,0
30,4	12	2,53	2534,5	1,27	1,27	60	2474,5
30,8	12	2,57	2568,3	1,28	1,28	60	2508,3

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 16 Kebutuhan ROW vegetasi Rumput

luas lahan (Km2)	panjang jalan tol (Km)	ROW rencana (Km)	ROW rencana (m)	Ruas Kiri	Ruas Kanan	ROW Eksisting (m)	penambahan (m)
4,18	12	0,35	348,3	0,17	0,17	60	288,3

4,24	12	0,35	352,9	0,18	0,18	60	292,9
4,29	12	0,36	357,7	0,18	0,18	60	297,7
4,35	12	0,36	362,4	0,18	0,18	60	302,4
4,41	12	0,37	367,3	0,18	0,18	60	307,3
4,47	12	0,37	372,2	0,19	0,19	60	312,2
4,53	12	0,38	377,2	0,19	0,19	60	317,2
4,59	12	0,38	382,2	0,19	0,19	60	322,2
4,65	12	0,39	387,3	0,19	0,19	60	327,3
4,71	12	0,39	392,4	0,20	0,20	60	332,4

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 17 Kebutuhan ROW Vegetasi Pohon

luas lahan (Km2)	panjang jalan tol (Km)	ROW rencana (Km)	ROW rencana (m)	Ruas Kiri	Ruas Kanan	ROW Eksisting (m)
0,206	12	0,02	17,2	0,01	0,01	60
0,208	12	0,02	17,3	0,01	0,01	60
0,211	12	0,02	17,6	0,01	0,01	60
0,214	12	0,02	17,8	0,01	0,01	60
0,217	12	0,02	18,1	0,01	0,01	60
0,220	12	0,02	18,3	0,01	0,01	60
0,223	12	0,02	18,6	0,01	0,01	60
0,226	12	0,02	18,8	0,01	0,01	60
0,229	12	0,02	19,1	0,01	0,01	60
0,232	12	0,02	19,3	0,01	0,01	60

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dapat dilihat pada tiap tiap tabel bahwa vegetasi perdu/semak yang mempunyai kebutuhan ROW terbesar dikarenakan kebutuhan lahan yang luas. Untuk kebutuhan ROW masing masing vegetasi pada tahun 2030 adalah 2568.3

m untuk perdu/semak, 392.4 m untuk rumput dan 19.3 m untuk pohon. Pada vegetasi pohon tidak memerlukan penambahan ROW karena ROW yang dibutuhkan masih kurang dari ROW eksisting (60 m). pada perhitungan tersebut kebutuhan ROW yang diperlukan sangat panjang sehingga memerlukan adanya perhitungan yang menyesuaikan ROW eksisting. Perhitungan selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan ROW didasarkan dari kebutuhan lahan dan komposisi vegetasi sesuai peraturan menteri pekerjaan umum nomor 05/PRT/M/2012. Berikut hasil perhitungan kebutuhan ROW pada tabel berikut:

Tabel 5. 18 Kebutuhan Row Menurut Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/Prt/M/2012

Tahun	KEBUTUHAN ROW		
	Rumput (m)	Perdu (m)	Pohon (m)
2021	229,1	225,6	218,1
2022	232,2	228,6	221,1
2023	235,3	231,6	224,0
2024	238,4	234,7	227,0
2025	241,6	237,9	230,0

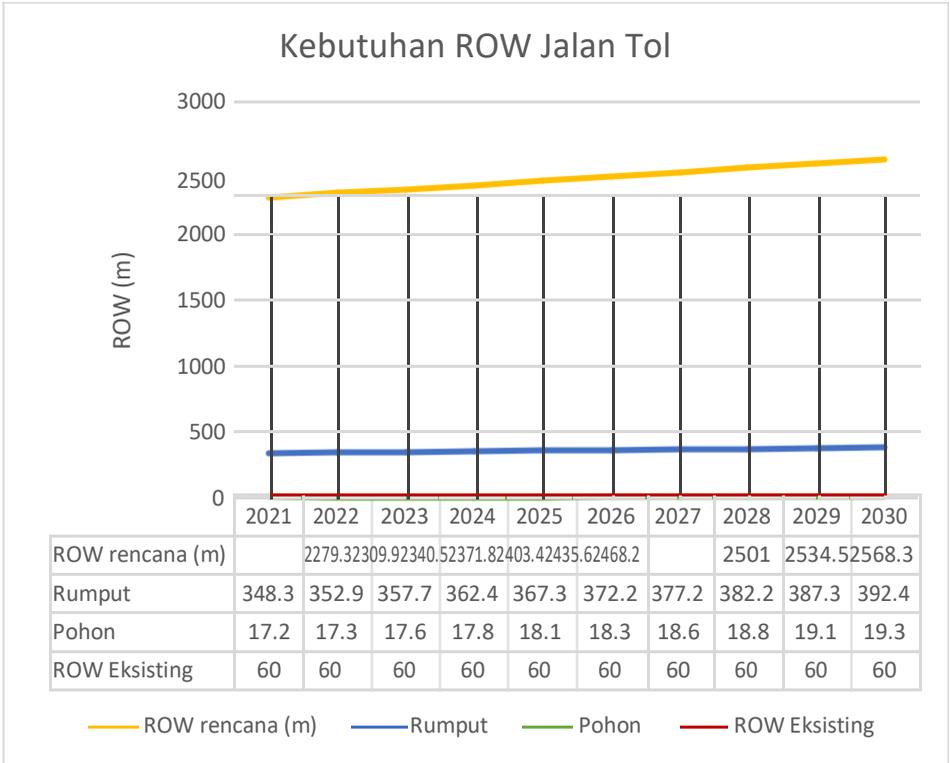
2026	244,8	241,0	233,1
2027	248,1	244,3	236,2
2028	251,4	247,5	239,3
2029	254,8	250,8	242,6
2030	258,2	254,2	245,8

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas dapat dilihat bahwa ROW yang dibutuhkan dari tiap – tiap vegetasi tidak terlalu memerlukan ROW yang panjang walaupun melebihi ROW eksisting (60 m). karena memakai penanaman penumpukan row yang paling panjang serta yang paling akhir adalah vegetasi rumput dengan panjang pada tahun 2030 adalah 258,2 m, diikuti vegetasi perdu/semak adalah 254,2 m, dan untuk pohon adalah 245,8 m.

Berikut adalah perbandingan kebutuhan lahan

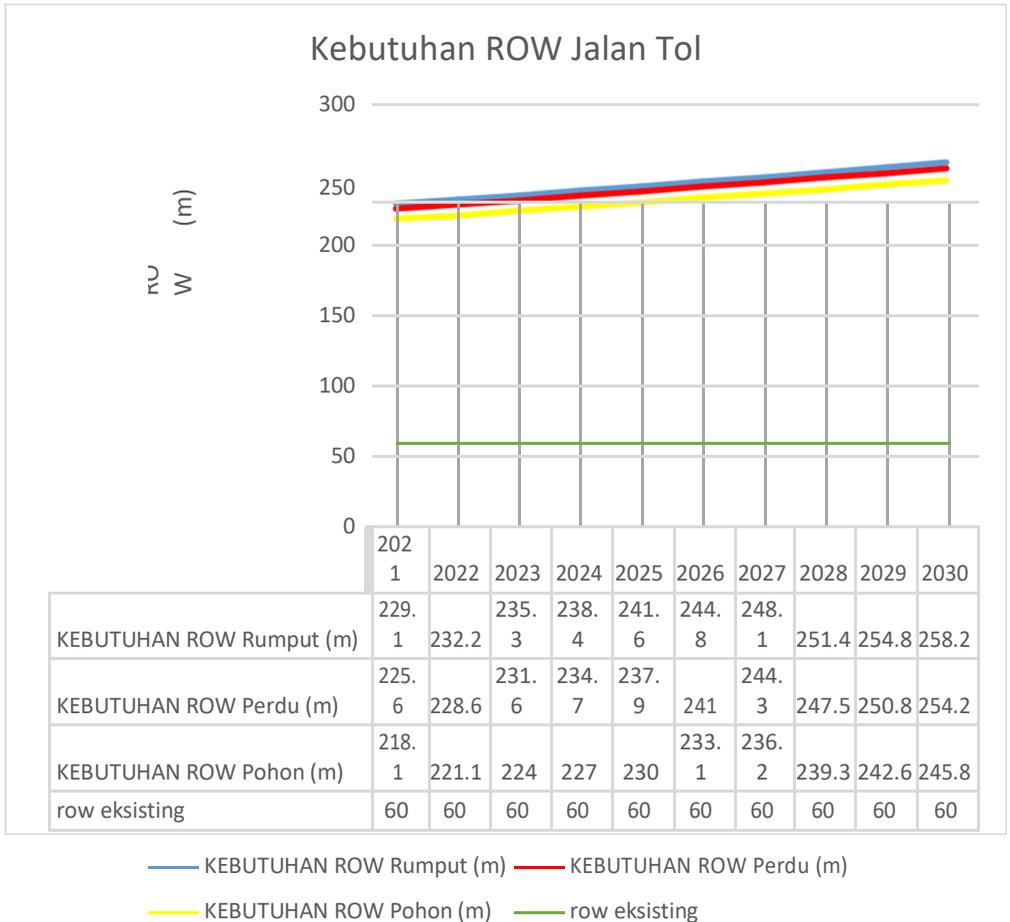
dengan komposisi rumput 3%, perdu/semak 90% dan pohon 7% serta komposisi komposisi 89.1 % pohon, 8.9 % perdu/semak dan 2% rumput yang ditunjukkan pada 2 grafik berikut.



Gambar 5.4 Grafik Kebutuhan ROW Jalan Tol dengan komposisi rumput 3%, perdu/semak 90% dan pohon 7% (Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa terlihat jarak/selisih yang cukup jauh terdapat antara vegetasi rumput dan pohon dimana ROW eksisting yang tersedia hanya 60 m dan oleh karena itu memerlukan penambahan yang sangat banyak. Kemudian perbandingan perhitungannya ROW dengan peraturan menteri pekerjaan umum nomor 05/PRT/M/2012 dan

komposisi 89.1 % pohon, 8.9 % perdu/semak dan 2% dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. 5 Grafik Kebutuhan ROW Jalan Tol Komposisi 89.1 % pohon, 8.9 % perdu/semak dan 2%
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa selisih ROW dari 3 vegetasi hanya sedikit dimana rumput memiliki ROW

terpanjang dengan 258.2 m pada tahun 2030. Tentunya hal ini terjadi juga karena penanaman vegetasi memakai sistem penumpukan.

Perlu adanya perhatian khusus kepada pihak – pihak terkait terhadap pembangunan – pembangunan jalan tol di Indonesia karena pada perencanaan ini dapat dilihat masih terdapat kebutuhan lahan yang sangat besar terhadap kebutuhan lahan RTH untuk reduksi emisi CO₂ serta dapat mempertimbangkan kebutuhan lahan eksisting dengan perhitungan yang direncanakan pada perencanaan ini. kemudian setelah nanti direalisasikan perencanaan ini harapannya pihak terkait juga memelihara keberlangsungan hidup vegetasi atau RTH tersebut dengan penyiraman, pemangkasan, dan pemupukan. Ketiga aspek tersebut yang dapat menghasilkan pertumbuhan yang baik pada tumbuhan. Pemeliharaan ini didasarkan dari sumber literatur menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau.

5.7 Perhitungan Kembali Jumlah Kendaraan Berdasarkan Kebutuhan Vegetasi

Pergitungan kembali ini diperlukan setelah mendapat lahan dan jenis vegetasi sesuai perhitungan – perhitungan

sebelumnya. Tujuan perhitungan ini agar kendaraan yang lewat nantinya ada Tol Waru Sidoarjo ini sesuai dengan kapasitas tol dan penyerapan emisi dapat terserap maksimal. Perhitungan ini dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = n \times \text{FE} \times K \dots(5.4)$$

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 pada tabel berikut.

Tabel 5.19 Faktor Emisi Jenis Bahan Bakar dari Kendaraan

Tipe Kendaraan/Bahan Bakar	Faktor Emisi CO₂ (gram/L)
Bensin	
Kendaraan Penumpang	2597.86
Kendaraan Niaga Besar	2597.86
Sepeda motor	2597.86
Diesel	
Kendaraan Penumpang	2924.9
Kendaraan Niaga Kecil	2924.9
kendaraan Niaga Besar	2924.9

Tipe Kendaraan/Bahan Bakar	Faktor Emisi CO2 (gram/L)
Lokomotif	2924.9

Sumber: IPCC, 2006

Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar yang telah disesuaikan dengan jenis kendaraannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.20 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (L/100km)
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

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (L/100km)
7	Truk Besar	15,82
8	Truk Sedang	15,15
9	Truk Kecil	
	- Bensin	8,11
	- Diesel/solar	10,64
10	Sepeda Motor	2,66

Sumber: BPPT, 2012

Kemudian dapat melakukan perhitungan dibawah ini

A. Perhitungan Jumlah Kendaraan (Smp/jam)

Kendaraan mobil pada jalan tol

- Jumlah kendaraan rata – rata (n) = x
- Faktor Emisi (FE) = 2597,86 gram/liter
- Konsumsi Energi (K) = 11,79 liter/100 km
= 0,1179 liter/km
- Jumlah Emisi CO₂ = 5769 Kg/mil
- Persentase Mobil = 70%

Jumlah Emisi CO₂ = jumlah kendaraan rata – rata (smp/jam) x faktor emisi (gram/liter) x konsumsi energi (liter/km) (5768.3 km/mile x 1000 x 70%) = jumlah kendaraan rata – rata (smp/jam) x 2597,86 gram/liter x 0,1179 liter/km

2509659 gram/km = jumlah kendaraan rata – rata (smp/jam) x

306.277 gram/Liter

8194 Smp/jam = jumlah kendaraan rata - rata

- Kendaraan Truk berbahan bakar bensin pada jalan Tol
 - Faktor Emisi (FE) = 2924,9 gram/liter
 - Konsumsi Energi (K) = 15,82 liter/100 km
= 0,1582 liter/km
 - Jumlah Emisi CO₂ = 5769 Kg/mil
 - Persentase Truk = 30%

Jumlah Emisi CO₂ = jumlah kendaraan rata – rata (smp/jam) x

faktor emisi (gram/liter) x konsumsi energi (liter/km)

(5768.3 km/mil x 1000 x 30%) = jumlah kendaraan rata – rata

(smp/jam) x 2924,9 gram/liter x 0,1582 liter/km

1075568 gram/km = jumlah kendaraan rata – rata (smp/jam) x

306.277 gram/Liter

2324 Smp/jam = jumlah kendaraan rata - rata

Kendaraan mobil +kendaraan truk =10518 smp/jam

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa kendaraan maksimum yang direkomendasikan lewat pada Tol Waru – Sidoarjo adalah 10518 Smp/jam dan jumlah tersebut tidak berbeda jauh dengan jumlah volume kendaraan yang digunakan untuk proyeksi pada perencanaan kali ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang mencakup analisis data serta pembahasan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Emisi CO₂ yang dihasilkan kendaraan yang melintasi Jalan Tol Waru – Sidoarjo pada tahun 2021 adalah sebesar 38170 Kg/jam sedangkan di tahun 2030 sebesar 43010 Kg/jam.
2. Vegetasi yang dibutuhkan pada Jalan Tol Waru – Sidoarjo untuk mereduksi emisi CO₂ pada tahun 2021 dengan komposisi rumput 3%, perdu/semak 90% dan pohon 7% adalah perdu/semak seluas 2699.1 ha, rumput seluas 412.4 Ha, dan seluas 20.3 Ha untuk pohon. Pada tahun 2030 dibutuhkan perdu/semak seluas 3082 Ha, rumput seluas 470.9 ha dan pohon seluas 23.2 Ha dengan keberadaan lahan eksisting hanya 185 Ha. Sedangkan untuk ROW pada tahun 2030 yang dibutuhkan adalah 2568.3 m untuk perdu, 392.4 m untuk rumput, dan 19,3 untuk pohon. Kemudian untuk kebutuhan lahan dengan perhitungan menurut peraturan menteri pekerjaan umum nomor 05/PRT/M/2012 atau dengan komposisi 89.1 % pohon, 8.9 % perdu/semak dan 2% rumput pada taun 2021 adalah 278.6 Ha untuk rumput, 270.6 Ha untuk perdu/semak dan 261.7 Ha untuk pohon. Sedangkan

pada tahun 2030 adalah 313.95 Ha untuk rumput, 305 Ha untuk perdu/semak dan 294.95 ha untuk pohon. Kemudian untuk ROW yang dibutuhkan pada tahun 2030 adalah 258.2 m untuk rumput, 254.2 m untuk perdu dan 245.8 m untuk pohon.

6.2 Saran

Diharapkan kepada PT. Jasa Marga, Pemerintah dan pihak – pihak terkait lainnya yang mengawasi serta merencanakan jalan tol untuk juga mempertimbangkan keberadaan ruang terbuka hijau karena ruang terbuka hijau atau vegetasi sebagai salah satu penyerap emisi yang sangat efektif sangat dibutuhkan pada jalan tol. Dapat dilihat pada perencanaan ini lahan eksisting jalan tol yang tidak sebanding dengan lahan vegetasi/RTH yang dibutuhkan dan pihak pihak terkait dapat mempertimbangkan hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiastari, R. 2010. *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau Dalam Menyerap Emisi Karbon di Kota Surabaya*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- AIR-EIA. 2000. *Air Pollution and Environmental Impact Assesment: The Multimedia Information Source*. Environmental Software and Services. https://www.ess.co.at/AIR-EIA/def_mix.html Diakses pada 12 Januari 2020.
- Aqualdo, N. 2012. *Penyeimbangan Lingkungan Akibat Pencemaran Karbon yang Ditimbulkan Industri Warung Internet di Kota Pekanbaru*. Jurnal Ekonomi, 20 : 3.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-0232-2005 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja*.
- Dahlan, E.N. 2007. *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Besar dengan Sistem Dinamik*. Disertasi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Eckbo, G. 1964. *The Art of Home Landscaping*. New York : Mc-Graw-Hill Inc.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan udara*. Penerbit KANISIUS. Yogyakarta.

- Hassan, A.A. dan Crowther, J.M. 1998. *A Simple Model Pollutant Concentration In A Street Canyon*. Journal of Environmental Monitor and Assessment, 52 : 14 – 15.
- Irwan, Z.D. 2005. *Tantangan Lingkungan dan Lanskap Hutan Kota*. Bumi Aksara, Jakarta
- Joga, Nirwono dan Iwan Ismaun. 2011. *RTH 30% Resolusi Kota Hijau*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Karyadi, H. 2005. *Pengukuran Daya Serap karbondioksida Lima Jenis Tanaman Hutan Kota*. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Murti, S. H. 2015. *Klasifikasi Berbasis Objek pada Citra Pleiades untuk Pemetaan Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau di Perkotaan Purwokerto*. In Proceeding of PIT MAPIN. Bogor : 244-254
- Nevers. 1995. *Air Pollution Control Engineering*. McGraw-Hill, Inc : Singapore.
- Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 01/2007 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan

dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 05/PRT/M/2012 tentang Pedoman Penanaman Pohon pada Sistem Jaringan Jalan.

PEUI. 2006. *Indonesia Energy Outlooks and statistics*. 2006.

Prasetyo, F. 2016. *Petunjuk Pretek Pengelolaan Hutan Tanaman*. Yogyakarta : Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada.

Rawung, F. C. 2015. *Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kawasan Perkotaan Boroko*. Media Matrasain, 12(2) : 17–32.

Razak, A. 2010. *Kajian Yuridis Carbon Trade dalam Penyelesaian Efek Rumah Kaca*. Makalah Etika dan Kehijauan Perundangan Lingkungan. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.

Simonds, J. L. 1983. *Landscape Architecture*. Mc. GrawHill Co. New York. 331.

Siwi, S. Estuti. 2012. *Kemampuan Ruang Hijau Dalam Menyerap CO2 Di Kota Depok*. Tesis. Jakarta : FMIPA Universitas Indonesia.

Sugiono, A. 2006. *Penanggulangan Pemanasan Global di Sektor Penggunaan Global*. Bandung : Alfabeta

Sumarmi. 2012. *Pengembangan Wilayah Berkelanjutan*. Malang : Aditya Media Publishing

Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa: *Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetland International Indonesia Programme : Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Sketsa Perencanaan



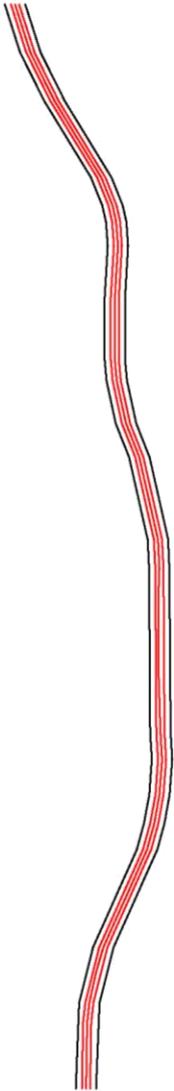
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEMASAN
SIPIL

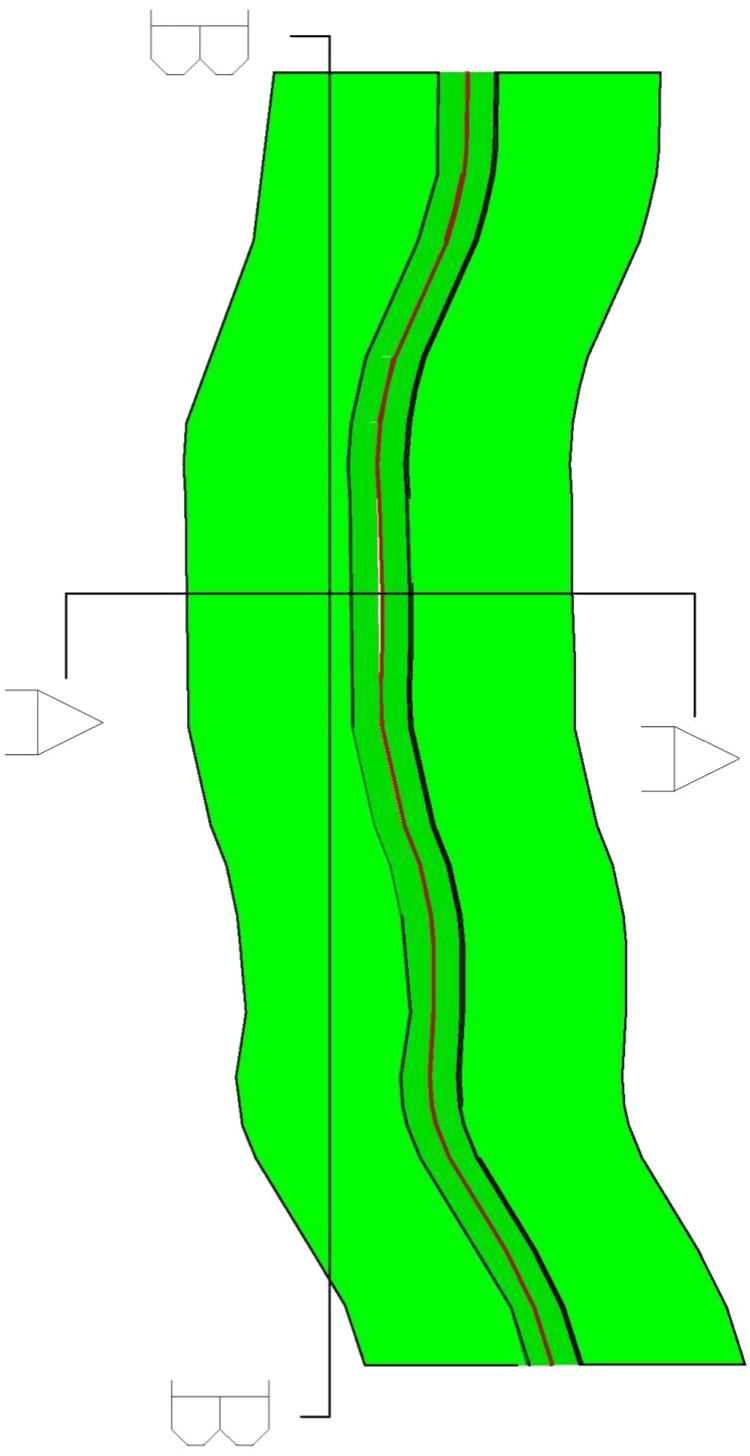
MATA KULIAH
TUGAS AKHIR (GE 184804)
DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Iman Dago Santoso, MT.

MAHASISWA
Ronyy Paulus Siberooni
032164000099
JUDUL GAMBAR
RIV' EXISTING TOL VARI -
SIDHARJU
SKALA GAMBAR
SKALA 1:50.000

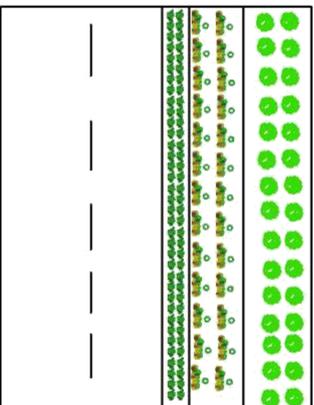
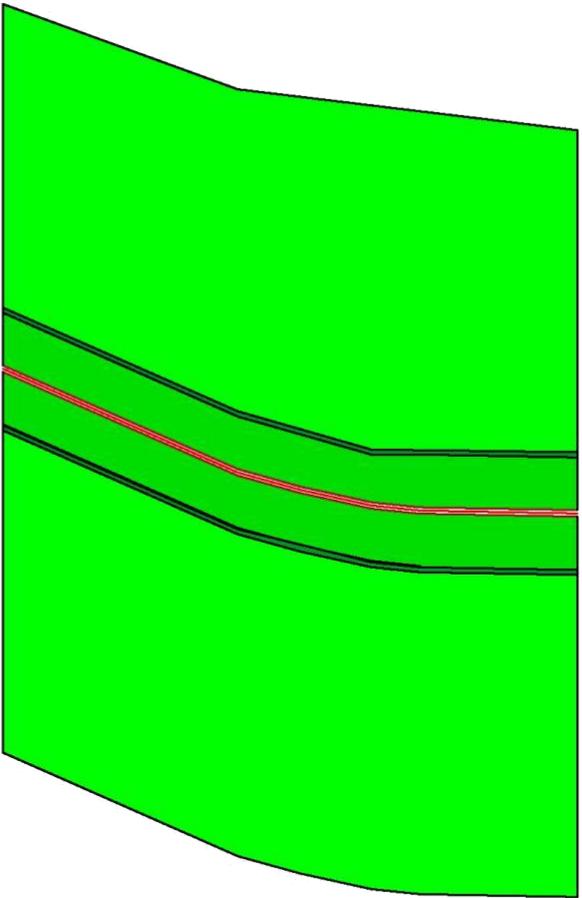
KETERANGAN
 Jalan Tol

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1	9



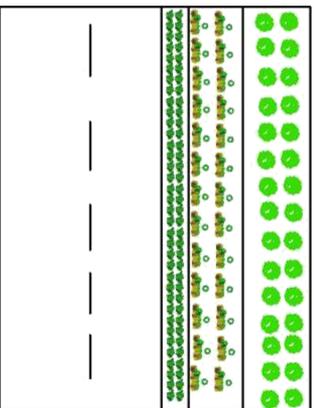
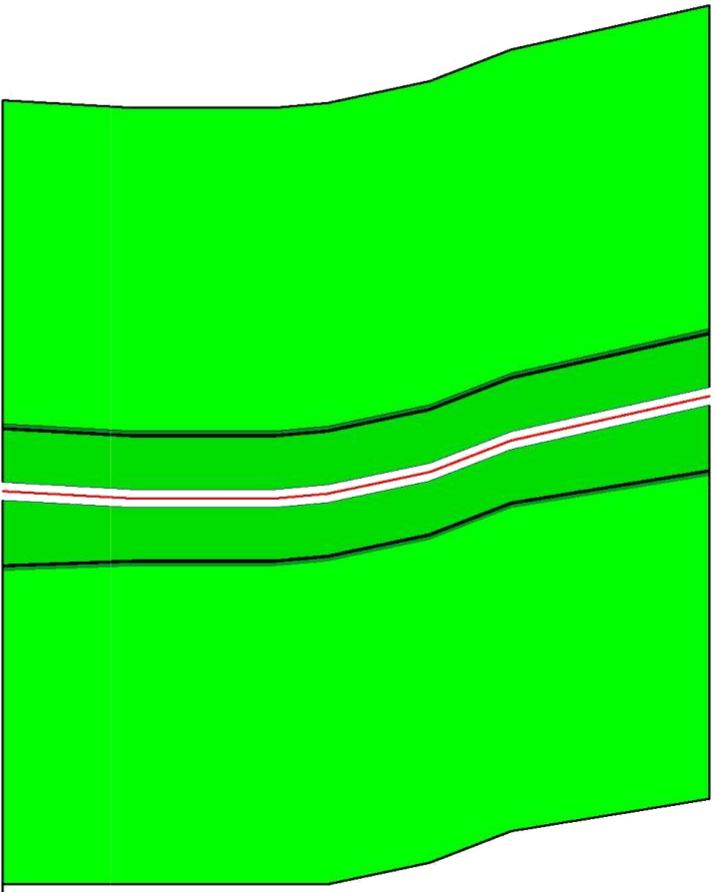


	MATA KULIAH		MAHASISWA		KETERANGAN	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
	TUGAS AKHIR (KRE 184804)		Beny Paulus Silwanani 032164000099				
TUGAS AKHIR		DOSEN PEMBIMBING		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Tol Peradu/Semak Pohon Rumpunt 		2	9
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUDHA SARANA		Dr. Ir. R. Iwan Bago Santoso, MT.		SKALA 1:30.000			



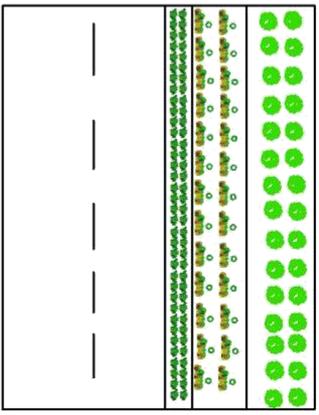
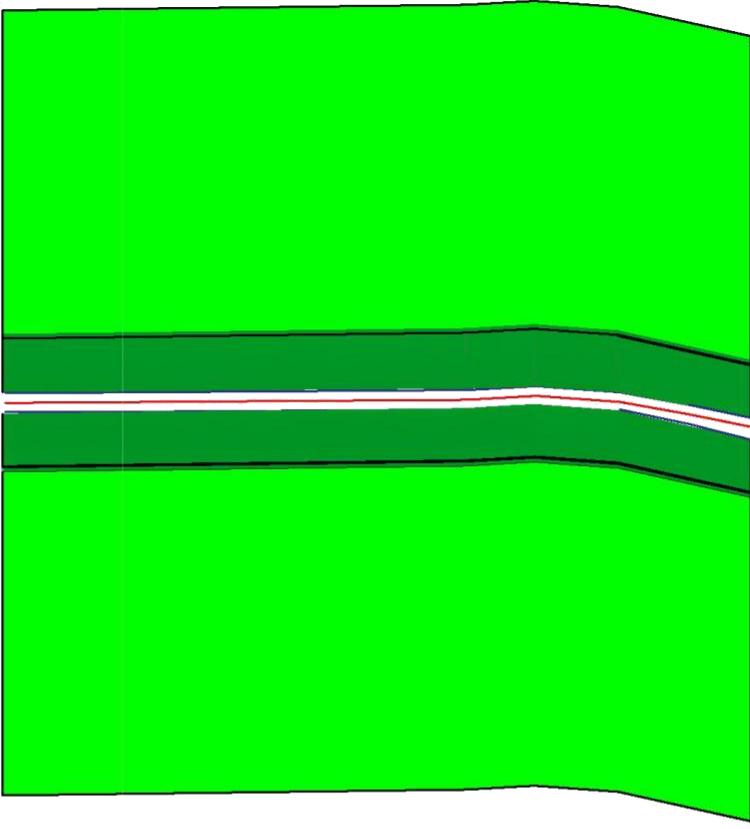
SKALA 1:200

	MATA KULIAH		MAHASISWA		KETERANGAN  Jalan Tol  Perdu/Semak  Pohon  Rumpunt	NOMOR GAMBAR 3	JUMLAH GAMBAR 9
	TUGAS AKHIR	TUGAS AKHIR (KRE 184804)	Benny Paulus Silwanani 032164000099	JUDUL GAMBAR RDV PERENCANAAN TOL WARU - SIDDARJO SKALA GAMBAR SKALA 1:15.000			
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBANCAH SAMBAHAN		DOSEN PEMBIMBING Dr. I.R. Iwan Bago Santoso, MT.					



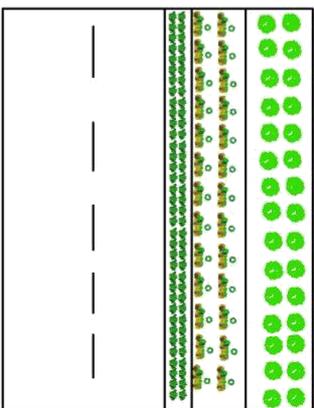
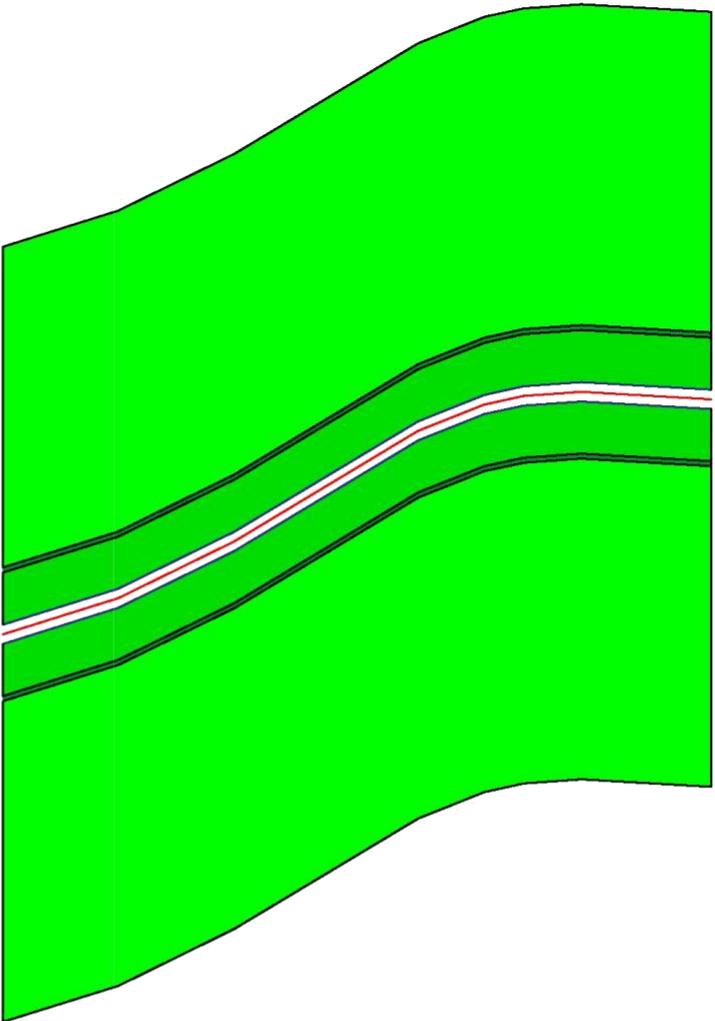
SKALA 1:200

	MATA KULIAH	MAHASISWA	KETERANGAN	Nomor GAMBAR 4	Jumlah GAMBAR 9
	TUGAS AKHIR	Beny Paulus Sibarani 0321164000099			
	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	Jalan Tol Perdu/Semak Pohon Rumpunt		
	D. Ir. Iwan Bago Santosa, MT.	RTW PERENCANAAN TOL WARU - SIDDARJU			
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEMAMPUAN INOVATIF TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		SKALA GAMBAR			
		SKALA 1:15000			



SKALA 1:200

	MATA KULIAH		MAHASISWA		KETERANGAN		NOMOR	JUMLAH
	TUGAS AKHIR (RE 184804)		Renny Paulus Sibarani 0321164000099		Jalan Tol Perdu/Semak Pohon Rumpunt		GAMBAR	GAMBAR
TUGAS AKHIR		DOSEN PEMBIMBING		JUDUL GAMBAR		5		9
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEMAHANIRAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		Dr. Ir. R. Iwan Bago Santosa, MT.		R017 PERENCANAAN TOL WARU - SIDDARJID SKALA GAMBAR SKALA 1:15000				



SKALA 1:200



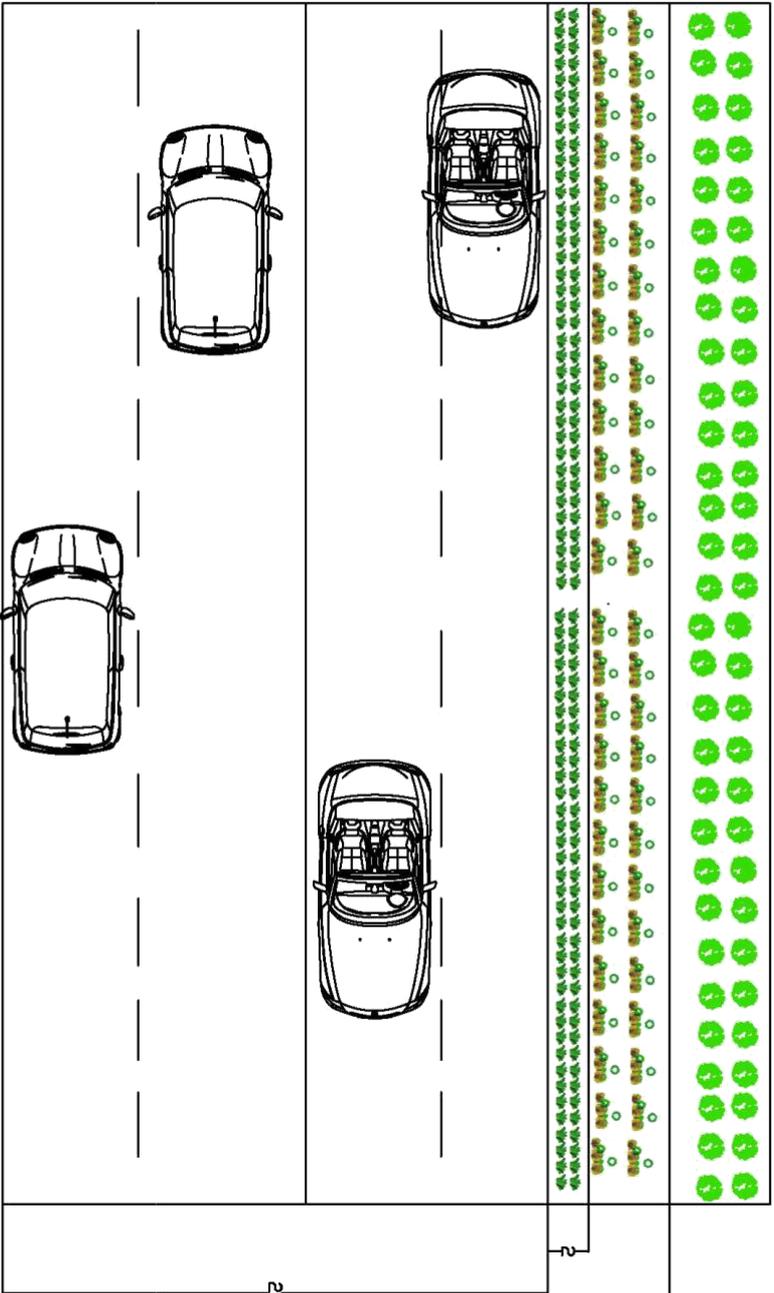
TUGAS AKHIR
DOSEN PEMBIMBING
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUDAH
SARANA

MATA KULIAH
TUGAS AKHIR (KE 184804)
DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Iwan Bagno Santoso, MT.

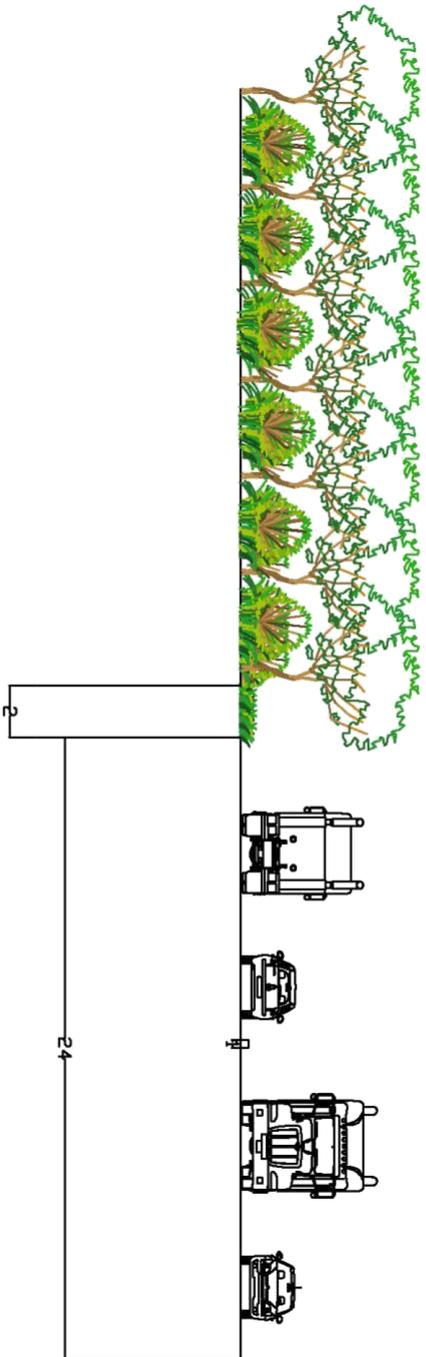
MAHASISWA
Benny Paulus Siberoani
0921164000099
JUDUL GAMBAR
RIV PERENCANAAN TOL WARU -
SIDDARJO
SKALA GAMBAR
SKALA 1:15000

KETERANGAN
Jalan Tol
Perdu/Semak
Pohon
Rumput

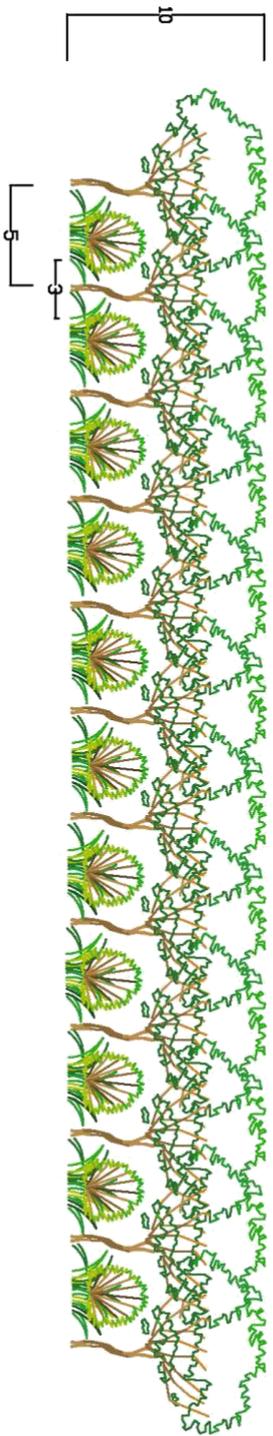
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
6	9



		DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMAHAN SAMPAYANA	
MATA KULIAH TUGAS AKHIR (RE 184804)		MAHASISWA Ronny Palus Siberrani 0321164000099	
DOSEN PEMBIMBING Dr. Ir. Iwan Bagno Santoso, MT.		JUDUL GAMBAR DETAIL DENAH RDW	
SKALA GAMBAR SKALA 1:100		KETERANGAN 	
NOMOR GAMBAR 7		JUMLAH GAMBAR 9	



	MATA KULIAH		MAHASISWA		KETERANGAN		NOMOR	JUMLAH	
	TUGAS AKHIR		TUGAS AKHIR (RE 184804)		 Perdu/Semak  Pohon  Rumpuk		GAMBAR	GAMBAR	
TUGAS AKHIR		DOSEN PEMBIMBING		Romy Paulus Siberani 032164000099				8	9
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMAHKAMAHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		Dr. Ir. R. Iwan Bagyo Santoso, MT.		POTONGAN A-A SKALA GAMBAR					
		SKALA 1:200							



	MATA KULIAH		MAHASISWA		KETERANGAN		NOMOR	JUMLAH
	TUGAS AKHIR		TUGAS AKHIR (PE 194804)		 Perdu/Semak  Pohon  Rumpuk		GAMBAR	GAMBAR
TUGAS AKHIR		DOSEN PEMBIMBING		Renny Paulus Siborani 0321164000099				9
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		Dr. Ir. R. Iwan Bagyo Santoso, MT.		JUDUL GAMBAR POTONGAN B-B SKALA GAMBAR SKALA 1:200				9

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Ronny Paulus Sibarani lahir di Duri, Riau pada tanggal 9 Agustus 1998 merupakan anak ke 5 dari 5 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal, yaitu TK Cendana Duri, SD Cendana Duri, SMP Cendana Duri, SMA Cendana Duri. Penulis lulus SMA

tahun 2016, kemudian melanjutkan kuliah di Jurusan Teknik Lingkungan FTSPK ITS Surabaya dan terdaftar dengan NRP 03211640000099. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS sebagai Ketua Komunitas Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL). Kemudian penulis juga anggota Divisi Doa dan Pemerhati Persekutuan Doa Teknik Lingkungan (PDTL) serta mengikuti acara besar seperti Environation, Hari Air Sedunia (HAS) dan kampung mitra. Penulis juga mengikuti beberapa kepanitiaan di luar HMTL seperti Gerigi ITS 2017 dan ITS Edufair 2017. Penulis juga mengikuti kegiatan pelatihan – pelatihan dan melakukan kerja praktik di PT. Pertamina RU V Balikpapan pada tahun 2019. Apabila terdapat saran dan kritik mengenai tugas akhir penulis, dapat menghubungi penulis dengan cara mengirim email ke ronnypaulus98@gmail.com

Saran Perbaikan Ujian Lisan TA Genap 2019/2020

Lisan MKL

Lab Manajemen Kualitas Lingkungan

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

Ronny Paulus Sibarani (321164000099)

Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Irwan Bagyo S., MT.

Saran:

Optimasi lahan row

LULUS

Dosen Penguji 1: Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc

Saran:

harus dicekalkan perbaikan dan diminta cost ujian lisan

LULUS

Dosen Penguji 2: Ir. Atiek Moesriati, MKes

Saran:

- cek draft laporan TA kata Penelitian diganti Perencanaan
- cek masih ada salah ketik
- tambahkan daftar vegetasi penyerap pencemar udara yang terdapat pada PerMenPU no.05/PRT/2012

LULUS, Lulus dengan perbaikan

Dosen Penguji 3: Dr. Ir. Agus Slamet, MSc

Saran:

- masih banyak typo atau salah ketik
- Penulisan abstrak di perbaiki dimana paragraf 1, berisi latar belakang dan tujuan, paragraf2 metode penelitian/perencanaan, paragraf 3. kesimpulan...
- Rumusan masalah 1. ., bukan konsentrasi sebaiknya perkiraan beban emisip CO2., bagaimana menghitung konsentrasinya?
- Proyeksi kendaraan..., perlu memperhatikan derajat kejenuhan jalan, maksudnya dengan dimensi jalan tol yang ada dan kondisi lahan untuk penghijauan yang ada berapa beban maksimum kendaraan yang diijinkan lewat jalan Tol dan bagaimana

enviro.its.ac.id/?page_id=3904#1595106604437-9ffe99cb-f89d

1/9

8/7/2020

Saran Perbaikan Ujian Lisan TA Genap 2019/2020 | Departemen Teknik Lingkungan

jenis tanaman yang diplrlukan berapa liasnya?

e.Kesimpulan no1 tidak sesuai dengan tujuan

LULUS



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Ronny Paulus Sibarani
NRP : 0321164000099
Judul : Perencanaan Tanaman Peryerap Emisi Karbondioksida (CO₂) Di Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Waru Sidoarjo)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	01-10-2019	Mengajukan judul perencanaan: Perencanaan Vegetasi untuk Serapan Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol Waru - Sidoarjo	
2.	04-10-2019	Diskusi dan asistensi proposal Perencanaan Vegetasi untuk Serapan Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol Waru - Sidoarjo	
3.	06-11-2019	Asistensi proposal Perencanaan Vegetasi untuk Serapan Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol Waru - Sidoarjo	
4.	19-12-2019	Asistensi revisi proposal Perencanaan Vegetasi untuk Serapan Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol Waru - Sidoarjo	
5.	20-12-2019	Asistensi dan diskusi mengenai pengambilan data (Data dari PT. Jasa Marga)	
6.	30-12-2019	Fiksasi proposal Perencanaan Vegetasi untuk Serapan Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol Waru - Sidoarjo	
7.	15-01-2020	Asistensi bahan presentasi (PPT) seminar proposal	
8.	22-01-2020	Diskusi mengenai revisi proposal setelah seminar proposal tugas akhir	
9.	04-02-2020	Asistensi revisi proposal setelah seminar proposal tugas akhir	



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

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Ronny Paulus Sibarani
NRP : 0321164000069
Judul : Perencanaan Tanaman Penyerap Emisi
Karbon dioksida (CO₂) Di Jalan Tol (Studi Kasus Ruas
Jalan Tol Waru Sidoarjo)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
10.	16-03-2020	Asistensi draft laporan tugas akhir dari bab I hingga bab IV	
11.	01-04-2020	Asistensi revisi laporan tugas akhir dari bab II (bagian tinjauan pustaka) hingga bab V	
12.	14-04-2020	Asistensi laporan tugas akhir bab V	
13.	14-05-2020	Asistensi revisi laporan tugas akhir (abstrak)	
14.	27-05-2020	Asistensi PPT sidang kemajuan tugas akhir	
15.	04-07-2020	Asistensi laporan tugas akhir bab V (emisi CO ₂ , kebutuhan lahan vegetasi)	
16.	13-07-2020	Asistensi PPT sidang lisan tugas akhir	
17.	24-7-2020	Asistensi revisi setelah sidang akhir	

Surabaya, Juli 2020
Dosen Pembimbing