

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENYERAPAN EMISI CO₂ KENDARAAN BERMOTOR
PADA JALUR HIJAU JALAN URIP SUMOHARJO KOTA MAKASSAR**



FERDY TRISETIO

D131171510

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENYERAPAN EMISI CO₂ KENDARAAN BERMOTOR PADA JALUR HIJAU JALAN URIP SUMOHARJO KOTA MAKASSAR

*Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana (S1) Teknik Lingkungan
Pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



FERDY TRISETIO

D131171510

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022



LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : **Analisis Penyerapan Emisi CO2 Kendaraan Bermotor pada Jalur Hijau Jalan Urip Sumaharjo Kota Makassar**

Disusun Oleh :

Nama : **Ferdy Trisetio**

D131171510

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 8 Juni 2022

Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T.
NIP. 195812281986012001

Pembimbing II


Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng.
NIK. 199501152021074001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralja Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ferdy Trisetio
NIM : D131171510
Program Studi : S1-Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **Analisis Penyerapan Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar** adalah hasil penelitian, pemikiran, karya ilmiah saya sendiri sebagai penulis dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulisan lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun terbitnya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan skripsi ini, maka penulis siap untuk klarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Gowa, 31 Mei 2022

Yang membuat pernyataan



Ferdy Trisetio
D131171510

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih, dan karunianya sehingga Tugas Akhir dalam bentuk Skripsi yang berjudul **Analisis Penyerapan Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar** dapat diselesaikan dengan baik sesuai dengan kaidah akademik yang berlaku. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Secara garis besar, Tugas Akhir ini meneliti tentang kemampuan eksisting vegetasi yang ada di jalur hijau jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar dalam menyerap polusi CO₂ dari aktivitas kendaraan bermotor yang melintas pada jalan tersebut. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang detail maka dilakukan pembagian segmen atau zonasi pada jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar sehingga karakteristik volume kendaraan konstan. Adapun *traffic counting* dilakukan hanya pada waktu hari kerja (*weekday*) dengan pertimbangan data yang digunakan adalah data volume kendaraan maksimal yang melintas.

Selesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari doa, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak. Untuk ini pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak terkhusus kepada:

1. Ayahanda Lukas Lintin dan Ibunda Ribka Lembang yang tiada henti memberikan dukungan moral dan materiel hingga penulis bisa menyelesaikan studi sampai saat ini.
2. Kakanda Marsel, Susi, dan Jasri yang juga turut memberikan dukungan materiel sehingga penulis bisa menyelesaikan studi sarjana.
3. Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. sebagai pembimbing pertama penulis yang telah memberikan banyak arahan dan masukan dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.
4. Nurul Masyiah Rani, S.T., M.Eng. sebagai pembimbing kedua penulis yang juga turut memberikan banyak arahan dan masukan terkait penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.

5. Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T. dan Ibu Rasdiana Zakaria, S.T., M.T. selaku tim penguji.
 6. Seluruh staff penganjar Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin sehingga mampu mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.
 7. Ibu Sumiati A.S. dan Kak Ruslan F. yang telah banyak membantu penulis dalam urusan administrasi selama perkuliahan serta pengurusan surat yang terkait penyelesaian tugas akhir ini.
 8. Rekan Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin Angkatan 2017 terkhusus teman-teman yang telah membantu penulis dalam melakukan pengambilan data yaitu Juan, Irsyaad, Eky, Apri, Dinah, Ima, Nidya, Fhyipi, Jijah, Selsi, Nanda, Rara, Reni, Putri, Mul, dan Ziqran sehingga data bisa terkumpul dengan baik sesuai dengan metode penelitian.
 9. Jadid mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2021 yang turut membantu penulis melakukan pengambilan data.
 10. Tidak lupa juga kepada rekan yang telah meminjamkan instrumen/alatnya yang turut membantu dalam pengambilan data penelitian ini yaitu Jijah, Nidya, Shifa, Fhyipi, Apri, Nanda, Selsi.
 11. Asisten Lab. Kualitas Udara dan Kebisingan Dinda yang telah membantu penulis dalam meminjam dan mengambil alat dari Laboratorium.
 12. Rekan yang telah membantu penulis ketika penulis mendapati kendala dalam penelitian dan penulisan yaitu Juan, Irsyaad, Eky, Azizah, dan Alifah.
- Penulis menyadari bahwa walaupun telah berusaha semaksimal kemampuan dalam membuat dan menulis tugas akhir ini, namun mungkin saja masih terdapat kekurangan maka penulis mengharapkan kritik serta saran dari berbagai pihak untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap, dengan adanya Laporan Tugas Akhir ini bisa memperbarui data yang mungkin sudah kurang relevan digunakan pada masa kini serta bisa menambah kekayaan ilmu pengetahuan utamanya di bidang Teknik Lingkungan.

Penulis
Ferdy Trisetio

ABSTRAK

FERDY TRISETIO. *Analisis Penyerapan Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar* (dibimbing oleh **Sumarni Hamid Aly** dan **Nurul Masyiah Rani**).

Fenomena pemanasan global mulai dirasakan di Kota Makassar. Hal ini didasari dari pemantauan Stasiun Meteorologi Maritim Paotere yang menunjukkan peningkatan suhu rata-rata atmosfer Kota Makassar sebesar 0,5°C. Penyebabnya adalah kendaraan bermotor sebagai salah satu sarana transportasi di wilayah perkotaan dan telah mengemisikan Gas Rumah Kaca (GRK) sekitar 29% dari total emisi GRK. Sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai penyerapan emisi CO₂ kendaraan bermotor yang melintas di Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar.

Untuk mengetahui penyerapan emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Urip Sumoharjo maka jalan tersebut dibagi atas 6 segmen. Selanjutnya untuk mengetahui kemampuan vegetasi jalur hijau menyerap emisi CO₂ dilakukan dengan 2 metode pendekatan yaitu berdasarkan luas tajuk tumbuhan dan daya serap per jenis tumbuhan. Beban emisi CO₂ dari aktivitas kendaraan bermotor dihitung menggunakan pendekatan per konsumsi BBM. Nilai koefisien faktor emisi dan koefisien konsumsi BBM berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Indonesia No. 12 Tahun 2010.

Hasil penelitian menunjukkan kapasitas vegetasi jalur hijau Jalan Urip Sumoharjo dalam menyerap emisi CO₂ kendaraan bermotor belum memenuhi. Efektivitas tertinggi berada pada Segmen 2 yaitu mencapai 76,2% dan yang terkecil di Segmen 1 yang hanya 8,3%. Sehingga Jalan Urip Sumoharjo membutuhkan ketersediaan vegetasi yang memiliki kemampuan penyerapan CO₂ yang tinggi.

Kata Kunci: Penyerapan Karbon Dioksida, Jalur Hijau Jalan, Emisi Kendaraan Bermotor.

ABSTRACT

FERDY TRISETIO. *Analysis of Vehicle CO₂ Emissions Sink by Urip Sumoharjo Road Green Belt, Makassar City* (supervised by **Sumarni Hamid Aly** and **Nurul Masyiah Rani**).

The phenomenon of global warming began to be felt in Makassar City. This is based on the monitoring of the Paotere Maritime Meteorological Station which shows an increase in the average temperature of the atmosphere of Makassar City by 0.5°C. The reason is that motorized vehicles are one of the means of transportation in urban areas and have emitted Greenhouse Gases (GHG) around 29% of total GHG emissions. So, it is necessary to conduct research on the sequestration of CO₂ emissions of motorized vehicles passing on Urip Sumoharjo Street, Makassar City.

To find out the sequestration of CO₂ emissions of motor vehicles on Urip Sumoharjo Street, the road is divided into 6 segments. Furthermore, to determine the ability of green line vegetation to sink CO₂ emissions, it is carried out with 2 approach methods, namely based on the area of the plant canopy and plant type sink. The burden of CO₂ emissions from motor vehicle activities is calculated using a per fuel consumption approach. The value of the emission factor coefficient and fuel consumption coefficient based on the Regulation of the Indonesian Minister of Environment No. 12 of 2010.

The results showed that the vegetation capacity of the green belt of Urip Sumoharjo Street in sinking CO₂ emissions of motor vehicles has not good enough. The highest effectiveness was in Segment 2 which reached 76.2% and the smallest in Segment 1 which was only 8.3%. So that Urip Sumoharjo Street requires the availability of vegetation that has a high CO₂ sink ability.

Keyword: Carbon Dioxide Sequestration, Road Green Belt, Motor Vehicle Emissions

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Ruang Lingkup.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
A. Perubahan Iklim	8
B. Emisi Kendaraan Bermotor (Transportasi Darat)	9
C. Pengukuran Emisi CO ₂ dari Kendaraan Bermotor.....	15
D. Dispersi Polutan	19
E. Fungsi Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap CO ₂	21
F. Jalur Hijau Jalan	21
G. Kelompok Tanaman	27
H. Penyerapan CO ₂ oleh Tumbuhan	29
I. Pengukuran Serapan CO ₂ (C- <i>sequestration</i>) oleh Tumbuhan.....	33
J. Efisiensi dan Efektivitas Daya Serap CO ₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	40

A. Rancangan Penelitian	40
B. Lokasi Penelitian	43
C. Waktu Penelitian	50
D. Peralatan Yang Digunakan.....	51
E. Teknik Pengambilan Data	53
F. Teknik Pengolahan Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
A. Kondisi Eksisting Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo.....	59
B. Analisis Kemampuan Penyerapan CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Jalan	79
C. Analisis Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor	93
D. Analisis Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau Jalan Terhadap Beban Emisi	105
E. Analisis Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau Berdasarkan Dispersi Gas..	108
BAB V PENUTUP.....	118
A. Kesimpulan.....	118
B. Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	124
Lampiran 1. Data Perhitungan Daya Serap CO ₂ Vegetasi	125
Lampiran 2. Data Perhitungan Beban Emisi CO ₂ Kendaraan.....	204
Lampiran 3. Data Meteorologi	216
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	230

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kategori Kendaraan Bermotor	12
Tabel 2. Faktor Emisi (f) Gas Buang Kendaraan Untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia yang Ditetapkan Berdasarkan Kategori Kendaraan	18
Tabel 3. Faktor Emisi Gas Buang Berdasarkan Sub-Kategori Dalam Kategori Mobil.....	18
Tabel 4. Berat Jenis Masing-masing BBM.....	19
Tabel 5. Ekonomi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor di Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia	19
Tabel 6. Daya Serap CO ₂ untuk beberapa jenis tutupan tumbuhan	36
Tabel 7. Daya Serap CO ₂ Tiap Pohon	37
Tabel 8. Panjang Jalan dan Titik Pengukuran Setiap Segmen	45
Tabel 9. Jenis dan Jumlah Tumbuhan yang Tumbuh di Segmen 1	63
Tabel 10. Jenis dan Jumlah Tumbuhan yang Tumbuh di Segmen 2	66
Tabel 11. Jenis dan Jumlah Tumbuhan yang Tumbuh di Segmen 3	68
Tabel 12. Jenis dan Jumlah Tumbuhan yang Tumbuh di Segmen 4	70
Tabel 13. Jenis dan Jumlah Tumbuhan yang Tumbuh di Segmen 5	73
Tabel 14. Jenis dan Jumlah Tumbuhan yang Tumbuh di Segmen 6	75
Tabel 15. Rekapitulasi Jumlah Tumbuhan di Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo	78
Tabel 16. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 1	79
Tabel 17. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 2	82
Tabel 18. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 3	84
Tabel 19. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 4	85
Tabel 20. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 5	87
Tabel 21. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 6	90
Tabel 22. Rekapitulasi Kemampuan Penyerapan CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar	92
Tabel 23. Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor Pada Segmen 1	94
Tabel 24. Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor Pada Segmen 2	96
Tabel 25. Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor Pada Segmen 3	97
Tabel 26. Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor Pada Segmen 4	99
Tabel 27. Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor Pada Segmen 5	100
Tabel 28. Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor Pada Segmen 6	102
Tabel 29. Rekapitulasi Beban Emisi CO ₂ dari Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar	103
Tabel 30. Evaluasi Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar Terhadap Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor.....	106
Tabel 31. Evaluasi Ketersediaan Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Berdasarkan Dispersi Emisi CO ₂	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Efek Rumah Kaca dan Pemanasan Bumi	8
Gambar 2. Konversi Gas pada Catalytic Converter	10
Gambar 3. Konversi Gas Karbon Monoksida Menjadi Gas Karbon Dioksida dan Oksigen pada Catalytic Converter.....	11
Gambar 4. Bagian-bagian jalan	14
Gambar 5. Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	22
Gambar 6. Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara.....	23
Gambar 7. Jalur Tanaman pada Median Penahan Silau Lampu Kendaraan	24
Gambar 8. Kelompok Tanaman.....	27
Gambar 9. Fast Carbon Cycle.....	30
Gambar 10. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Utara dan Timur.....	34
Gambar 11. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Selatan dan Barat.....	35
Gambar 12. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Atas.....	35
Gambar 13. Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk	36
Gambar 14. Kerangka Penelitian.....	42
Gambar 15. Peta Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 16. Peta Segmen 1.....	46
Gambar 17. Peta Segmen 2.....	47
Gambar 18. Peta Segmen 3.....	48
Gambar 19. Peta Segmen 4.....	49
Gambar 20. Peta Segmen 5.....	49
Gambar 21. Peta Segmen 6.....	50
Gambar 22. Alat Pengambil dan Pengolah Data	52
Gambar 23. Jalur Hijau Jalan Tepi Utara dan Selatan.....	59
Gambar 24. Median Jenis Soil Ground dan Concrete Slab	60
Gambar 25. Pulau Jalan Urip Sumoharjo	61
Gambar 26. Median Jalan di Bawah Flyover	61
Gambar 27. Alihfungsi Jalur Hijau Menjadi Trotoar	62
Gambar 28. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen 1	63
Gambar 29. Pesebaran Tumbuhan Pada Segmen 1	64
Gambar 30. Potongan Melintang Pada Segmen 2	65
Gambar 31. Pesebaran Tumbuhan Pada Segmen 2	67
Gambar 32. Potongan Melintang Pada Segmen 3	68
Gambar 33. Pesebaran Tumbuhan Pada Segmen 2	69
Gambar 34. Potongan Melintang Pada Segmen 4	69
Gambar 35. Pesebaran Tumbuhan Pada Segmen 4	71
Gambar 36. Potongan Melintang Pada Segmen 5	72
Gambar 37. Pesebaran Tumbuhan Pada Segmen 5	74
Gambar 38. Potongan Melintang Pada Segmen 6	75

Gambar 39. Pesebaran Tumbuhan Pada Segmen 6	77
Gambar 40. Peta Pola Arah Angin di Segmen 1	109
Gambar 41. Peta Pola Arah Angin di Segmen 2	110
Gambar 42. Peta Pola Arah Angin di Segmen 3	111
Gambar 43. Peta Pola Arah Angin di Segmen 4	112
Gambar 44. Peta Pola Arah Angin di Segmen 5	113
Gambar 45. Peta Pola Arah Angin di Segmen 6	114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan Daya Serap CO ₂ Vegetasi	125
Lampiran 2. Data Perhitungan Beban Emisi CO ₂ Kendaraan.....	204
Lampiran 3. Data Meteorologi	216
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	230

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran udara telah banyak berkontribusi pada terjadinya fenomena perubahan iklim. Masuknya gas rumah kaca (GRK) seperti CO₂ dalam atmosfer mengakibatkan terjadinya pemanasan bumi yang mengarah pada fenomena perubahan iklim. Berdasarkan laporan *United State Environmental Protection Agency (Web update : April 2021)* menunjukkan bahwa pada tahun 2015, diperkirakan emisi Gas Rumah Kaca (karbon dioksida ekuivalen) di seluruh dunia dari kegiatan manusia hampir mencapai 47 miliar metrik ton. Angka ini mengalami peningkatan 51% jika dibandingkan pada tahun 1990. Selain itu, Bill Gates dalam bukunya yang berjudul *How to Avoid a Climate Disaster (2021)* mengatakan bahwa sebanyak 51 miliar ton Gas Rumah Kaca masuk ke dalam atmosfer bumi setiap tahun. Angka ini cukup fluktuatif, akan tetapi secara umum trennya cenderung meningkat. Hal ini sangat krusial karena karbon dioksida menyumbang sekitar tiga per empat dari total emisi global.

Ketidakseimbangan antara daya purifikasi Gas Rumah Kaca oleh lingkungan dengan jumlah gas yang diemisikan mengakibatkan terakumulasinya gas rumah kaca di atmosfer jika jumlah gas emisi lebih mendominasi. Berdasarkan laporan *United State Environmental Protection Agency (Web update : April 2021)*, sejak tahun 1990-2015 gas rumah kaca di atmosfer mengalami peningkatan yang signifikan. Dan pada tahun 2021 meningkat lagi sebanyak 8,5% dibandingkan jumlah emisi karbon dioksida pada tahun 2015. Apabila tidak ada langkah mitigasi, bumi akan mengalami bencana perubahan iklim yang serius.

Fenomena perubahan iklim sudah mulai dirasakan pada berbagai wilayah di belahan Bumi. Suatu dampak perubahan iklim mungkin dapat menyebabkan berbagai pengaruh yang berbeda di wilayah perkotaan. Dampak perubahan iklim di perkotaan sulit untuk dipahami karena kota bersifat kompleks karena banyaknya kumpulan manusia, kegiatan, ekosistem, dan pelayanan yang berbeda. Suatu dampak perubahan iklim mungkin dapat menyebabkan berbagai pengaruh yang

berbeda (Taylor, 2013). Kota sebagai pusat peradaban kehidupan dan kebudayaan seharusnya menyediakan ruang yang nyaman dan aman dari bencana agar tercipta kota yang layak huni dan berkelanjutan.

Banyak kota di Indonesia saat ini mengalami permasalahan perubahan iklim, salah satunya yaitu Kota Makassar. Hal ini diketahui dari pengamatan Stasiun Meteorologi Maritim Paotere (dalam Taylor, 2013) yang menunjukkan bahwa dalam kurun waktu tahun 1993 hingga tahun 2012, suhu rata-rata atmosfer Kota Makassar telah meningkat hingga 0,5°C dan peningkatan ini diproyeksi terus berlanjut.

Kenaikan suhu berpengaruh terhadap wilayah-wilayah yang memiliki sirkulasi angin yang buruk, seperti wilayah padat di tengah kota. Kondisi ini didukung dari hasil penelitian Kurnianti & Rahmi (2020) tentang *urban heat island* di kota makassar yang menyatakan bahwa suhu permukaan di Kota Makassar mengalami kenaikan di seluruh kecamatan. Terdapat 3 kecamatan yang mengalami peningkatan suhu cukup tinggi pada pengamatan dari tahun 2013 hingga tahun 2018, yaitu Kecamatan Tallo, Kecamatan Makassar, dan Kecamatan Panakkukang.

Jika merujuk pada prediksi dan informasi historis riwayat ancaman dan bencana iklim Kota Makassar, terdapat beberapa ancaman perubahan iklim yang paling mungkin dihadapi oleh Kota Makassar di masa depan seperti intensitas curah hujan tinggi dengan durasi musim hujan yang lebih pendek, kenaikan suhu selama musim kemarau yang lebih panjang serta kemungkinan kekeringan, kenaikan muka air laut, angin kencang dan gelombang besar (Taylor, 2013). Salah satu penyebab pemanasan bumi di wilayah Kota Makassar adalah emisi karbon dioksida dari kendaraan bermotor. Argumen ini didukung oleh laporan *United States Environmental Protection Agency (Web update : April 2021)* yang menjelaskan bahwa sektor transportasi merupakan sumber emisi gas rumah kaca terbesar di dunia yaitu sekitar 29% dari total gas emisi rumah kaca pada tahun 2019.

Di Kota Makassar, jumlah kendaraan terbilang sangat besar karena jumlah kendaraan telah melampaui jumlah penduduknya yang berjumlah 1,4 juta jiwa. Berdasarkan Data dari Ditlantas Polda SulSel (2019), jumlah kendaraan bermotor di Kota Makassar yaitu pada tahun 2017 sebanyak 1.505.835 kendaraan, tahun 2018

sebanyak 1.563.608 kendaraan, dan hingga Desember 2019 tercatat ada 1.643.653 kendaraan. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan kendaraan rata-rata per tahun di Kota Makassar sebesar 4,4%. Cukup besar dibandingkan laju pertumbuhan penduduk Kota Makassar rata-rata per tahun yaitu sebesar 1,2% (bandingan data tahun 2017-2019). Banyaknya jumlah kendaraan dengan laju pertumbuhan yang cenderung naik setiap tahun, dapat diprediksi bahwa Kota Makassar akan cepat mengalami risiko pemanasan bumi akibat dari peningkatan aktivitas kendaraan bermotor di darat. Hal ini yang menjadi salah satu penyebab terjadinya peningkatan suhu rata-rata atmosfer di Kota Makassar.

Dalam kondisi yang cukup riskan ini, muncul sebuah gagasan tentang Ruang Terbuka Hijau yang memiliki ide sederhana untuk menyeimbangkan fungsi pemanfaatan ruang di perkotaan yang selama ini terkonsentrasi pada persoalan ekonomi saja. Vegetasi yang berada dalam RTH diketahui dapat mengurangi beban emisi CO₂ karena tumbuhan memerlukan CO₂ dalam melakukan fotosintesis. Sesuai dengan hasil penelitian Kusminingrum (2008) tentang Potensi Tanaman Dalam Mereduksi Karbon Dioksida dan Karbon Monoksida, yaitu vegetasi pada RTH mampu mereduksi CO₂ 23,47% hingga 92,22% tergantung dengan jenis tanaman yang ada dalam RTH tersebut. RTH pada jalur hijau jalan diharapkan mampu mereduksi kadar CO₂ yang diemisikan oleh kendaraan transportasi darat karena letaknya berada dalam ruang manfaat jalan (rumaja).

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Makassar No. 4 tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Makassar tahun 2015-2034 menyebutkan bahwa luas ruang terbuka hijau di Kota Makassar hanya 8,31% dari luas total Kota Makassar dengan luas jalur hijau sebesar 71,21 Ha atau sebesar 0,4% luas total wilayah Kota Makassar. Kondisi ini cukup memprihatinkan jika melihat Kota Makassar yang kini tengah menghadapi masalah perubahan iklim akan tetapi salah satu sarana pengendali perubahan iklim masih terbilang sangat minim bahkan terlampaui jauh dari saran dari Kementerian Pekerjaan Umum yaitu pemanfaatan ruang terbuka hijau minimal sebesar 30% dari luas wilayah kota.

Jalur hijau jalan memiliki beberapa fungsi, salah satunya adalah mengurangi polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor seperti karbon dioksida. Pengurangan polusi CO₂ dapat dilakukan oleh tanaman yang tumbuh pada median dan tepi jalan

karena tumbuhan memerlukan CO₂ dalam melakukan fotosintesis. Proses fotosintesis menghasilkan karbohidrat dan oksigen. Karbohidrat ini nantinya menjadi nutrisi sekaligus sumber energi bagi tumbuhan. Adapun oksigen sangat baik untuk manusia dalam proses respirasi/pernapasan.

Sistem jaringan jalan di Kota Makassar dapat dibagi menjadi jalan arteri primer dan sekunder, jalan kolektor primer dan sekunder, jalan lokal, serta jalan bebas hambatan. Pengklasifikasian ini dilakukan agar ruas-ruas jalan yang telah ditetapkan bisa digunakan sesuai dengan fungsinya berdasarkan manajemen transportasi dan tata guna lahan. Diketahui bahwa jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Dengan fungsi tersebut, dapat diasumsikan bahwa jumlah kendaraan yang melalui jalan arteri primer lebih banyak di bandingkan jenis jalan lain. Sehingga jalan arteri dapat menjadi pusat emisi karbon dioksida dari kendaraan bermotor.

Salah satu Jalan Arteri Primer yang menjadi perhatian dan menjadi objek evaluasi kualitas udara perkotaan di Kota Makassar adalah Jalan Urip Sumoharjo. Hal ini dikarenakan Jalan Urip Sumoharjo berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan di Makassar seperti kegiatan pemerintahan provinsi dan kota, kegiatan komersil barang dan jasa, hingga kegiatan domestik masyarakat yang mengakibatkan padatnya aktivitas kendaraan di jalan tersebut. Padatnya aktivitas kendaraan bermotor di Jalan Urip Sumoharjo berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang besar. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian tentang **Analisis Penyerapan Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar**.

B. Rumusan Masalah

Jalur hijau jalan sebagai media penerima pertama emisi CO₂ dari aktivitas kendaraan bermotor dan sebagai prasarana penyerap CO₂ di jalan perlu dianalisis kemampuannya dalam menyerap CO₂ yang teremisi. Untuk menganalisis kemampuan penyerapan emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Urip

Sumoharjo Kota Makassar diperlukan identifikasi dan rumusan masalah penelitian yaitu:

1. Bagaimana kemampuan vegetasi jalur hijau eksisting Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar dalam menyerap CO₂?
2. Bagaimana besaran beban emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar?
3. Bagaimana ketersediaan vegetasi jalur hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar dalam menyerap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor yang melintas di jalan tersebut?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis kemampuan penyerapan CO₂ vegetasi jalur hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar.
2. Menganalisis besaran beban emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar.
3. Menganalisis ketersediaan vegetasi jalur hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar dalam menyerap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor yang melintas di jalan tersebut.

D. Ruang Lingkup

Batasan-batasan dari penelitian ini yaitu:

1. Wilayah studi terbatas pada Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar.
2. Emisi CO₂ yang diukur hanya berasal dari emisi kendaraan bermotor yang melintas di Jalan Urip Sumoharjo pada hari kerja, adapun emisi CO₂ yang bersumber bukan dari kendaraan bermotor tidak dibahas pada penelitian ini.
3. Penyerapan emisi CO₂ hanya memperhitungkan penyerapan dari vegetasi yang ada dalam ruang manfaat Jalan Urip Sumoharjo. Adapun vegetasi yang berada di luar ruang manfaat jalan tidak diperhitungkan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis
 - a) Sebagai syarat menyelesaikan studi sarjana;
 - b) Melatih menemukan metode penelitian;
 - c) Meningkatkan kemampuan investigasi dan berargumentasi;
 - d) Sebagai pengetahuan pengantar bagi penulis untuk mengetahui metode perhitungan emisi dan serapan CO₂ dalam perdagangan karbon ataupun pajak karbon.
2. Bagi Universitas
 - a) Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi mengenai pemanfaatan jalur hijau sebagai mitigasi bencana perubahan iklim;
 - b) Sebagai sarana pengembangan ilmu pengetahuan yang dapat dipelajari dalam proses belajar mengajar di perkuliahan.
3. Bagi Pemerintah

Sebagai referensi kebijakan Pemerintah Kota Makassar dalam merencanakan pembangunan jalur hijau jalan dengan perspektif kebutuhan pengurangan CO₂ dari kendaraan bermotor.
4. Bagi Masyarakat
 - a) Untuk menambah pengetahuan masyarakat tentang pentingnya jalur hijau jalan.
 - b) Sebagai informasi kepada masyarakat Kota Makassar dalam hal pemenuhan hak terhadap fasilitas umum berupa ruang terbuka hijau.

F. Sistematika Penulisan

Dalam rangka pembuatan suatu laporan penelitian, penulisan laporan harus disajikan secara runut dan sistematis sesuai dengan kaidah ilmiah yang berlaku agar mudah dipahami alur berpikir dan proses pengerjaannya. Hal ini dilakukan agar penelitian mampu menghasilkan ilmu pengetahuan yang teruji. Laporan tugas akhir ini tersusun atas lima bagian bab ditambah dengan lampiran pendukung yang mengikuti sistematika penulisan seperti berikut ini.

1. BAB I – PENDAHULUAN

BAB I – PENDAHULUAN merupakan bab pertama dalam laporan penelitian tugas akhir yang mengantarkan pembaca memahami objek penelitian yaitu tentang apa, mengapa, dan untuk apa topik ini diteliti. Dengan demikian, BAB I – PENDAHULUAN memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II – LANDASAN TEORI

BAB II – LANDASAN TEORI berisi tentang referensi aktual, relevan, asli yang menguraikan teori umum dan mendasar masalah yang diteliti. Dari landasan teori ini memunculkan gagasan penelitian yang akan dilakukan. Landasan teori menguraikan temuan, teori, dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang digunakan pada penelitian.

3. BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN menjelaskan kapan, dimana, dan bagaimana penelitian dilakukan. Dengan demikian, BAB III – METODOLOGI PENELITIAN memuat rancangan penelitian, lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, persiapan pengambilan data, tata cara atau prosedur pengambilan data yang secara sistematis dan ilmiah, serta cara mengolah data yang telah didapatkan.

4. BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN menyajikan hasil analisis data, pembahasan mengenai hasil analisis data, dan evaluasi temuan.

5. BAB V – PENUTUP

BAB V – PENUTUP memaparkan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian. Bab ini diperlukan untuk mengevaluasi tujuan awal dari penulisan penelitian ini.

6. Lampiran

Untuk kesempurnaan suatu tugas akhir sering diperlukan uraian atau keterangan tambahan yang penting, tetapi bila ditempatkan dalam bagian utama akan mengganggu kesinambungan dan alur tulisan sehingga keterangan tambahan itu ditempatkan di bagian lampiran.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Perubahan Iklim

Perubahan iklim adalah perubahan pola cuaca rata-rata yang terjadi dalam jangka waktu yang lama yang mempengaruhi iklim bumi pada skala lokal, regional, dan global. Sistem iklim secara alami dapat memanaskan dan mendinginkan sebagai respon terhadap perubahan faktor-faktor eksternal. Faktor eksternal itu diantaranya komposisi atmosfer (peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca), luminositas (tingkat kecerahan) matahari, letusan gunung berapi, dan variasi posisi bumi dan orbit terhadap sinar matahari. Perubahan iklim bumi yang teramati sejak awal abad ke-20 terutama disebabkan oleh aktivitas manusia yang salah satunya adalah penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil ini meningkatkan jumlah gas rumah kaca yang menahan panas di atmosfer bumi sehingga menaikkan suhu rata-rata permukaan bumi. Kenaikan suhu akibat aktivitas manusia ini dikenal dengan istilah pemanasan global (Hari, 2019).



Gambar 1. Efek Rumah Kaca dan Pemanasan Bumi

Sumber: Boer, et al., (2012)

Hampir setiap hari, matahari memancarkan panasnya ke Bumi. Sebagian panasnya dipantulkan kembali ke angkasa, dan sebagian lagi diserap oleh Bumi.

Kemudian sebagian panas yang diserap oleh Bumi itu dipantulkan kembali ke angkasa. Namun, karena banyaknya zat karbon dioksida dan gas berbahaya lain yang ada di udara menyebabkan panas bumi tersebut terhalang sehingga tidak dapat keluar angkasa. Hal ini mirip seperti terjadi pada rumah kaca, dimana panas matahari memanaskan segala sesuatu yang ada di dalam rumah kaca. Panas ini seharusnya memantul kembali keluar, tapi kaca itu justru memantulkan sebagian panas ini ke dalam rumah kaca. Inilah yang menyebabkan naiknya suhu bumi dan membuat bumi semakin panas (Susilo, 2019).

Gas-gas rumah kaca yang paling berperan dalam pemanasan global saat ini adalah karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida (NO), dan kloro-fluoro-klorida (CFC). Rusaknya hutan-hutan yang seharusnya berfungsi sebagai penyimpanan CO_2 turut menjadi penyebab pemanasan global (Hari, 2019). Bila hutan sering ditebang maka di masa mendatang hutan akan musnah. Akibat dari tidak adanya hutan ini, maka tidak ada lagi daerah resapan air dan tidak ada lagi pepohonan sebagai penyerap karbon dioksida yang dihasilkan oleh pabrik dan kendaraan (Susilo, 2019).

B. Emisi Kendaraan Bermotor (Transportasi Darat)

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Ada lima unsur dalam gas buang kendaraan yang diukur yaitu senyawa HC (hidrokarbon), CO (karbon monoksida), CO_2 (karbon dioksida), O_2 (oksigen), dan senyawa NO_x (Nitrogen Oksida). Gas CO_2 merupakan hasil pembakaran sempurna bahan bakar minyak bumi maupun batu bara (Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, 2018).

1. Proses Terbentuknya Gas Buang

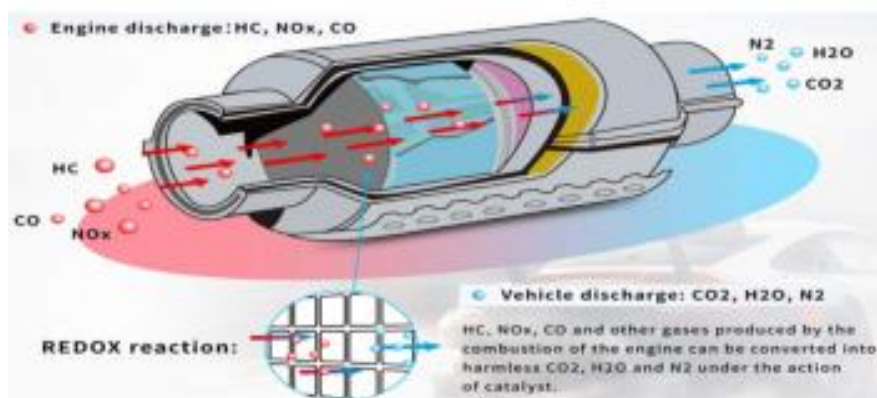
Bila karbon di dalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO_2 . Apabila unsur oksigen udara tidak cukup,

pembakaran tidak sempurna akan terjadi, sehingga karbon di dalam bahan bakar terbakar mengikuti reaksi pada Persamaan (1) (Purnomo, 2014):



Emisi CO dari kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran udara dengan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang pembakaran (AFR). Jadi, untuk mengurangi CO, perbandingan campuran harus dikurangi atau dibuat kurus (*excess air*). Namun akibatnya HC dan NO_x lebih mudah timbul serta *output* mesin menjadi berkurang. *Catalytic Converter* merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan dari emisi kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin. *Catalytic converter* berfungsi untuk mempercepat oksidasi emisi hidrokarbon (HC) dan karbon dioksida (CO), serta mereduksi nitrogen oksida (NO_x). Tujuan pemasangan *catalytic converter* adalah merubah polutan-polutan yang berbahaya seperti CO, HC, dan NO_x menjadi gas-gas yang tidak berbahaya, seperti karbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O), dan Nitrogen (N₂) melalui reaksi kimia (Purnomo, 2014).

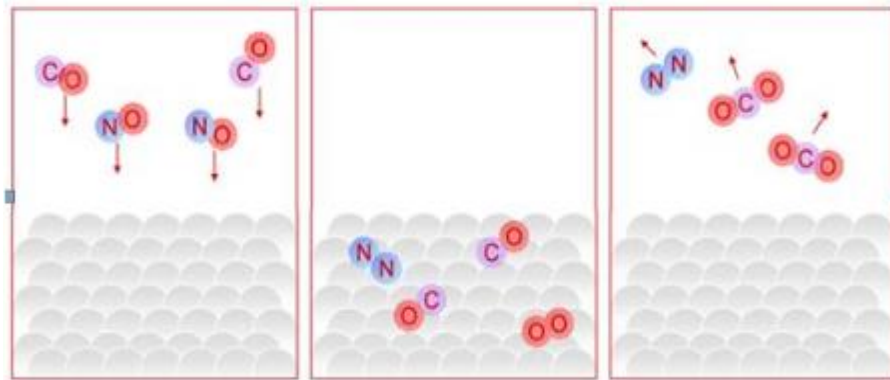
Setelah terurai menjadi N₂ dan O₂ gas buang masuk ke katalisator yang berbentuk sarang tawon. Saat gas buang menyentuh katalisator maka akan terjadi reaksi kimia. Reaksi kimia tersebut mengurangi beberapa senyawa hidrokarbon berbahaya menjadi H₂O dan CO₂ (Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, 2018). Skema konversi gas oleh *catalytic converter* pada kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konversi Gas pada Catalytic Converter

Sumber : Dey & Dhal (2019)

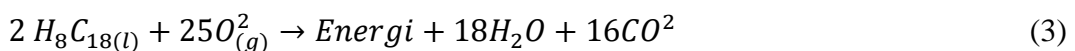
Salah satu reaksi pada *catalytic converter* adalah penguraian CO menjadi CO₂ dan N₂. Reaksi kimianya dapat dilihat pada Persamaan (2) dan Gambar 3.



Gambar 3. Konversi Gas Karbon Monoksida Menjadi Gas Karbon Dioksida dan Oksigen pada *Catalytic Converter*

Sumber: Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan (2018)

Adapun reaksi kimia pembakaran pada kendaraan bermotor antara bahan bakar (H₈C₁₈) dan oksigen yang menghasilkan energi gerak dan gas hasil pembakaran dapat dilihat pada Persamaan (3) (Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, 2018).



Keberadaan CO₂ yang berlebihan di udara memang tidak berakibat langsung pada manusia. Karbon dioksida merupakan unsur kimia beracun yang timbul dari proses pembakaran, timbulnya gas ini tidak bisa dihindari karena setiap pembakaran yang sempurna selalu menghasilkan karbon dioksida yang tinggi dan oksigen yang rendah.

2. Kendaraan

Menurut Undang-undang Republik Indonesia No.22 Tahun 2009, Kendaraan adalah suatu sarana angkut di jalan yang terdiri atas kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 44 tahun 1993, kendaraan bermotor dapat dibagi menjadi:

- a) Sepeda motor adalah kendaraan bermotor beroda dua, atau tiga tanpa rumah-rumah baik dengan atau tanpa kereta samping;
- b) Mobil penumpang adalah setiap kendaraan bermotor yang dilengkapi sebanyak-banyaknya 8 tempat duduk tidak termasuk tempat duduk pengemudi, baik dengan maupun tanpa perlengkapan pengangkutan bagasi;
- c) Mobil bus adalah setiap kendaraan bermotor yang dilengkapi lebih dari 8 tempat duduk tidak termasuk tempat duduk pengemudi, baik dengan maupun tanpa perlengkapan bagasi;
- d) Mobil barang adalah setiap kendaraan bermotor selain dari yang termasuk dalam sepeda motor, mobil penumpang, dan mobil bus;
- e) Kendaraan khusus adalah kendaraan bermotor selain daripada kendaraan bermotor untuk penumpang dan kendaraan bermotor untuk barang, yang penggunaannya untuk keperluan khusus atau mengangkut barang-barang khusus.

Berdasarkan PERMEN LH No. 12 Tahun 2010, kendaraan bermotor dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis kendaraan, berdasarkan dari berbagai sumber data yang telah dihimpun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Kendaraan Bermotor

Kategori Polda, BPS	Kategori Dishub, SAMSAT	Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara	Sub-kategori untuk perhitungan beban pencemar udara
Sepeda motor	Roda 2	Sepeda motor	Roda 2
	Roda 3		Roda 3
Mobil penumpang	Sedan/jeep/van*	Mobil	Sedan
			Jeep
			Van/minibus
	Taksi		
	Mikrolet/angkutan kota dan sejenisnya		Mikrolet/angkutan kota Pick-up

Kategori Polda, BPS	Kategori Dishub, SAMSAT	Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara	Sub-kategori untuk perhitungan beban pencemar udara
		Mobil solar	Jeep solar Van/minibus solar Pick-up solar
		Mobil bensin	Sedan Jeep bensin Van/minibus bensin Taksi Mikrolet/angkutan kota Pick-up bensin
Bis	Metromini dan sejenisnya Bis	Bis	Metromini dan sejenisnya Bis
Truk	Pick-up Truk	Truk	Truk dan alat berat

*) Apabila tersedia data yang lebih rinci, maka kelompok mobil penumpang dapat dipisahkan menjadi kategori sedan, jeep, dan van.

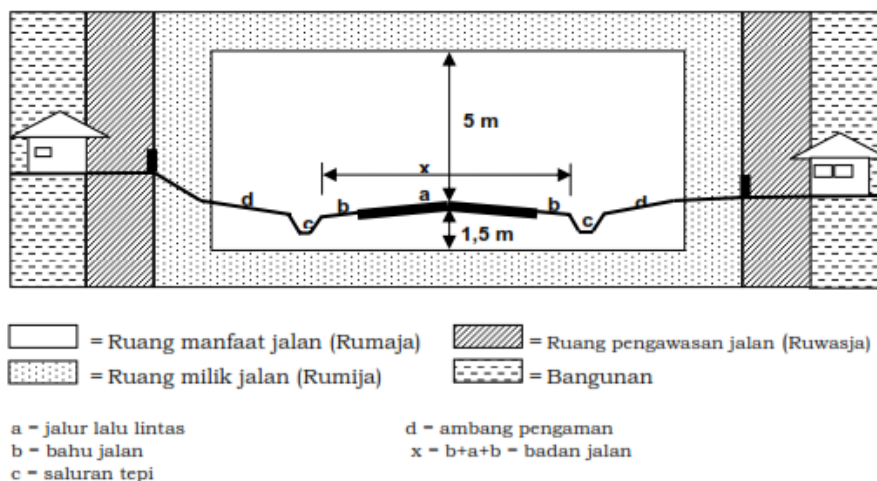
Sumber: PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

3. Jalan

Menurut PERMEN PUPR No. 5 tahun 2018, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan yang diperuntukkan bagi Lalu Lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Kelas jalan adalah pengelompokan jalan yang berdasarkan fungsi, intensitas lalu lintas, daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat, dan dimensi kendaraan bermotor.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 34 tahun 2006, jalan dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

- a) Ruang manfaat jalan meliputi jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Ruang manfaat jalan hanya diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan, dan bangunan pelengkap lainnya.
- b) Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. Saluran tanah tertentu dapat dimanfaatkan sebagai ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan.
- c) Ruang pengawasan jalan merupakan ruangan tertentu di luar ruang milik jalan yang penggunaannya ada di bawah pengawasan. Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.



Gambar 4. Bagian-bagian jalan

Sumber : Peraturan Pemerintah No. 34 tahun 2006

Berdasarkan sifat dan pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan, fungsi jalan dibedakan atas arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan. Fungsi jalan dapat dibagi menjadi sistem jaringan primer dan sistem jaringan sekunder yang dijelaskan fungsinya sebagai berikut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 34, 2006).

- a) Jalan arteri primer berfungsi untuk menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Sedangkan jalan arteri sekunder menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.
- b) Jalan kolektor primer berfungsi untuk menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Sedangkan jalan kolektor sekunder berfungsi untuk menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.
- c) Jalan lokal primer berfungsi untuk menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan. Sedangkan jalan lokal sekunder berfungsi menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.
- d) Jalan lingkungan primer berfungsi untuk menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan. Sedangkan jalan lingkungan sekunder berfungsi untuk menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

C. Pengukuran Emisi CO₂ dari Kendaraan Bermotor

Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor. Semakin ramai kendaraan yang ada, semakin tinggi tingkat polusi CO di udara. Komponen utama bahan bakar fosil ini adalah hidrogen (H) dan Karbon (C). Pembakaran akan menghasilkan senyawa HC, CO, CO₂, serta NO_x pada kendaraan berbahan bakar bensin. Penyebab tingginya HC antara lain pengapian tidak tepat, kompresi lemah, maupun kabel busi yang

sudah aus. HC terbentuk selama pembakaran tidak sempurna sehingga bensin tidak terbakar habis. Sedangkan kadar CO akan bertambah tinggi jika dalam proses pengapian komposisi bahan bakar lebih banyak daripada udara (O₂). Akibatnya, CO yang terbuang meningkat (Khoiroh, 2014).

1. Perhitungan Beban Emisi

Beban emisi adalah besarnya emisi yang masuk ke dalam udara ambien dari suatu kegiatan di suatu daerah selama satu kurun waktu tertentu. Berdasarkan Buku Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK yang ditulis oleh Boer, et al., (2012), kedalaman metode yang dipergunakan dalam inventarisasi GRK dikenal dengan istilah 'tier'. Semakin tinggi kedalaman metode yang digunakan maka inventarisasi GRK yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Secara umum, tingkat ketelitian (tier) dalam penyelenggaraan inventarisasi GKR dibagi menjadi tiga yaitu:

- a) *Tier 1*, metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan dasar (*basic equation*) dan faktor emisi *default* atau *IPCC default values* (yaitu faktor emisi yang disediakan dalam *IPCC Guideline*) dan data aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global.
- b) *Tier 2*, perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci misalnya persamaan reaksi atau neraca materil dan menggunakan faktor emisi lokal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.
- c) *Tier 3*, metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan modeling dan *sampling*). Dengan pendekatan modeling faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah.

Hidayat (2013) menjelaskan bahwa terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan untuk menghitung emisi dari kendaraan yang melewati suatu ruas jalan, yaitu metode per jenis kendaraan dan metode per konsumsi BBM. Kedua metode tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing.

Metode per jenis kendaraan menghitung emisi dengan cara mengelompokkan kendaraan ke dalam beberapa tipe dan jenis yang sama. Asumsinya bahwa besaran emisi gas dari setiap tipe dan merek nilainya sama. Akan tetapi dalam kenyataannya, kondisi setiap kendaraan satu dengan yang lain berbeda walaupun dengan tipe dan merek yang sama. Hal ini disebabkan karena faktor umur mesin, faktor pemeliharaan, faktor lama pemakaian, faktor kontur dan geometrik jalan, dan sebagainya (Hidayat, 2013).

Untuk metode per jenis BBM, tingkat konsumsi BBM kendaraan juga dipengaruhi oleh faktor umur mesin, faktor pemeliharaan, faktor lama pemakaian, faktor kontur dan geometrik jalan, dan sebagainya. Namun, yang paling mempengaruhi untuk metode per jenis BBM adalah faktor kebiasaan dalam mengemudikan kendaraan, seperti saat melakukan akselerasi dan deselerasi kecepatan (Hidayat, 2013).

Untuk menghitung menghitung emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan Persamaan (4) (Pasaribu & Tangahu, 2015).

$$E_k = \frac{n \times L \times f \times \rho}{FE} \quad (4)$$

Keterangan :

- E_k : beban emisi CO₂ (gram/jam)
- n : jumlah kendaraan (kendaraan/jam)
- L : panjang jalan (km)
- f : faktor emisi (gram/Kg BBM)
- ρ : berat jenis bahan bakar (kg/liter)
- FE : ekonomi bahan bakar (km/liter)

2. Faktor Emisi

Menurut PERMEN LH No. 12 Tahun 2010, faktor emisi merupakan rerata statistik dari jumlah massa pencemar yang diemisikan untuk setiap satuan aktivitas kegiatan. Faktor emisi kendaraan bermotor dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini.

- a) Karakteristik geografi (meteorologi dan variasi kontur);
- b) Karakteristik bahan bakar;

- c) Teknologi kendaraan; dan
- d) Pola kecepatan kendaraan bermotor (*driving cycle*).

Asumsi :

- a) Karakteristik geografi kota di seluruh Indonesia diasumsikan seragam;
- b) Karakteristik bahan bakar di seluruh Indonesia diasumsikan seragam;
- c) Teknologi kendaraan bermotor sebanding dengan umur kendaraan bermotor dan dapat diasumsikan seragam distribusinya di seluruh Indonesia apabila belum tersedia data populasi kendaraan bermotor berdasarkan umurnya.

Tabel 2. Faktor Emisi (f) Gas Buang Kendaraan Untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia yang Ditetapkan Berdasarkan Kategori Kendaraan

Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara*	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
Sepeda motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil (bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil (solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

*) mengikuti kategori pada Tabel 1 kolom 3 pada sub-bab Jenis Kendaraan

Sumber : PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

Apabila kategori mobil dibagi menjadi sub-kategori seperti tercantum pada Tabel 1 kolom 4 pada sub-bab Kendaraan, tanpa membedakan jenis bahan bakar, maka faktor emisi untuk sub-kategori tersebut seperti tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Emisi Gas Buang Berdasarkan Sub-Kategori Dalam Kategori Mobil

Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara*	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
Angkot	43,1	5,08	2,1	0,006	3180	0,029
Taksi	55,3	5,6	2,8	0,008	3180	0,025
Pick-up	31,8	3,5	2	0,026	3178	0,13
Jeep	36,7	2,86	2,36	0,039	3178	0,145
Van/minibus	24	2,9	1,55	0,029	3178	0,14
Sedan	33,8	3,7	1,9	0,004	3180	0,023

Sumber : PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

3. Perhitungan Beban Emisi CO₂

Dari Tabel 2 dan 3 dapat diketahui bahwa perhitungan beban emisi jenis CO₂ berbeda dengan jenis polutan lainnya karena dari satuan faktor emisi yang berbeda. Dengan satuan g/Kg BBM, dapat dikatakan bahwa faktor emisi untuk perhitungan beban emisi CO₂ berkaitan dengan konsumsi bahan bakar kendaraan. Untuk menghitung beban emisi CO₂ dengan menggunakan Persamaan (4) dengan mengetahui berat jenis masing-masing BBM (bensin dan solar) pada Tabel 4 dan ekonomi bahan bakar atau konsumsi BBM kendaraan per kilometer (km/liter) pada Tabel 5.

Tabel 4. Berat Jenis Masing-masing BBM

Jenis BBM	Berat Jenis (Kg/liter)
Bensin	0,63
Solar	0,7

Sumber: (Pasaribu & Tangahu, 2015)

Tabel 5. Ekonomi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor di Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia

Kategori/Sub-Kategori	Ekonomi Bahan Bakar (km/liter)
Sedan	9,8
Van/minibus	8
Taksi	8,7
Angkot	7,5
Bis sedang/mikrobis	4
Bis besar	3,5
Pick-up	8,5
Truk 2 as	4,4
Truk 3 as	4
Jeep	8
Sepeda motor/roda 3	28

Sumber : PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

D. Dispersi Polutan

Ketika polutan diemisikan ke dalam udara, atmosfer berperan dalam perpindahan, difusi, reaksi kimia, dan pengangkutan polutan tersebut. Empat proses di atmosfer tersebut selanjutnya disebut dispersi. Dispersi adalah proses

perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan yang telah diemisikan ke udara oleh kondisi atmosfer. Proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi setempat seperti radiasi cahaya matahari, suhu dan stabilitas atmosfer, distribusi angin, kelembaban udara, serta pengaruh gejala cuaca seperti presipitasi. Sedangkan apabila proses pendispersian polutan tersebut telah mengalami interaksi dengan objek di bumi atau permukaan bumi maka topografi berperan penting dalam proses pendispersian polutan (Rizqi, Aly, & Pasra, 2021).

Angin adalah pergerakan atau perpindahan besar-besaran massa udara secara horizontal, dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Bentuk pergerakan angin ini dapat dibedakan atas pergerakan laminar dan turbulen. Pergerakan angin laminar adalah pergerakan yang mulus sepanjang lapisan yang sejajar (*lines of flow parallel and orderly*). Sedangkan pergerakan angin turbulen merupakan pergerakan yang acak dan sulit di prediksi (*chaotic motion, rapid, and unpredictable*). Kecepatan angin berpengaruh terhadap proses dispersi di atmosfer dalam 3 hal yaitu (Romon, Aly, & Runtulalo, 2016) :

1. Kecepatan angin berpengaruh pada penyebaran emisi dari sumber emisi;
2. Turbulensi mekanis yang menambah pencampuran disebabkan adanya angin; dan
3. Efek *buoyancy* akan diperkecil dengan semakin besarnya kecepatan angin, sehingga menjaga ketinggian penyebaran polutan pada ketinggian di sekitar ketinggian polutan saat dilepaskan.

Hoesodo dalam Romon, Aly, & Runtulalo (2016), menyatakan bahwa arah angin jarang bersifat tetap, baik untuk jangka waktu yang lama maupun pendek. Nilai rata-rata arah angin dalam satu periode atau beberapa jam dapat ditentukan dari data meteorologi. Nilai rata-rata angin untuk jangka medium penting untuk menentukan arus di permukaan yang terkena emisi dari suatu sumber. Variasi arah angin untuk jangka waktu pendek (periode detik atau menit) dapat disebabkan adanya turbulensi dan nilainya dapat dikategorikan ke nilai arah angin jangka waktu medium. Variasi jangka pendek tidak hanya secara horizontal tetapi juga memiliki komponen vertikal yang mempengaruhi dispersi turbulensi. Besarnya variasi horizontal dan vertikal dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer. Pengaruh friksi pada

permukaan tanah akan menurunkan kecepatan angin sehingga kecepatan dibagian atas lebih tinggi dibandingkan bagian bawah.

E. Fungsi Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap CO₂

Dalam KTT Bumi II (*Earth Summit II*) pada tahun 2002 di Johannesburg, Afrika Selatan, disepakati bahwa kota-kota besar harus menyediakan RTH minimal 30% dari luas kota untuk keseimbangan ekologis. Kesepakatan ini diambil untuk mengurangi dampak pemanasan bumi yang diakibatkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, sebab bila terus dibiarkan akan memiliki dampak kritis bagi kota-kota di dunia. Sehubungan dengan luasan ruang publik hijau sebesar 30% serta penataan ruang kota, RTH dalam hal ini dapat diartikan sebagai kawasan yang mempunyai unsur dan struktur alami yang harus diintegrasikan dalam rencana tata ruang kota, tata ruang wilayah, dan rencana tata ruang regional dalam kesatuan terpadu yang membentuk infrastruktur hijau (*green infrastructure*) dan infrastruktur ekologis (*ecological infrastructure*) (Heston & Nugraha, 2017).

Infrastruktur hijau berperan sebagai pencipta keseimbangan ekosistem sekaligus sebagai pengendali pola pembangunan fisik kota. Infrastruktur hijau merupakan jaringan terpadu dari berbagai jenis RTH, terdiri atas area (*hub*) dan jalur (*link*). Dalam penataan ruang kota, infrastruktur hijau digunakan sebagai pengendali perkembangan kota agar tidak terjadi peluberan kota (*urban sprawl*). Oleh sebab itu, kawasan yang telah ditetapkan sebagai RTH tidak boleh dikonversi untuk fungsi lain (Heston & Nugraha, 2017).

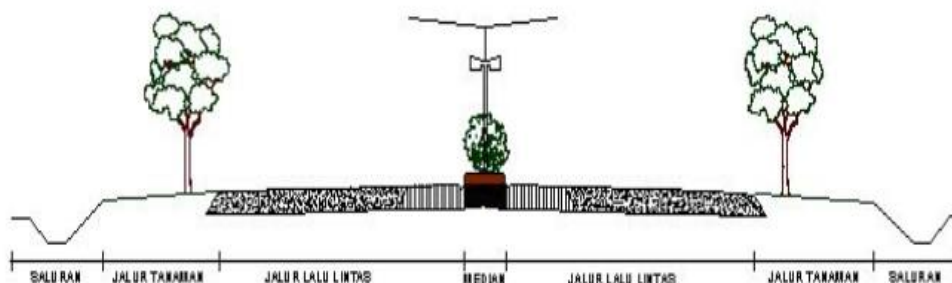
F. Jalur Hijau Jalan

Jalur hijau adalah jalur penempatan tanaman serta elemen lansekap lainnya yang terletak di dalam ruang milik jalan (rumija) maupun di dalam ruang pengawasan jalan (ruwasja). Sering disebut jalur hijau karena dominasi elemen lansekapnya adalah tanaman yang pada umumnya berwarna hijau. Jalur hijau merupakan salah satu elemen ruang terbuka hijau (RTH) publik. Hal ini diatur dalam bagian Penjelasan Pasal 29 Undang-Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang mengatakan bahwa ruang terbuka hijau

publik merupakan ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Yang termasuk ruang terbuka hijau publik, antara lain adalah taman kota, taman pemakaman umum, dan jalur hijau sepanjang jalan, sungai, dan pantai.

Beberapa struktur pada jalur hijau jalan yaitu daerah sisi jalan, median jalan, maupun pulau lalu lintas (*traffic island*). Daerah sisi jalan adalah daerah yang berfungsi untuk keselamatan dan kenyamanan pemakai jalan, lahan untuk pengembangan jalan, kawasan penyangga, jalur hijau, tempat pembangunan fasilitas pelayanan dan melindungi bentukan alam. Sering pula dijumpai jalan yang di kanan kirinya sudah dibuatkan jalur khusus untuk pejalan kaki (pedestrian masih pula ditanami pohon). RTH jalur hijau jalan terdiri dari pulau jalan dan median jalan. Taman pulau jalan adalah RTH yang terbentuk oleh geometris jalan seperti pada persimpangan tiga atau bundaran jalan. Sedangkan median jalan berupa jalur hijau pemisah yang membagi jalan menjadi dua lajur atau lebih. Median atau pulau dapat berupa taman atau non taman (Khoiroh, 2014).

Dalam PERMEN Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008, untuk jalur hijau jalan, RTH dapat disediakan dengan penempatan tanaman antara 20-30% dari ruang milik jalan (rumija) sesuai dengan klas jalan. Untuk menentukan pemilihan jenis tanaman, perlu memperhatikan dua hal, yaitu fungsi tanaman dan persyaratan penempatannya. Disarankan agar dipilih jenis tanaman khas daerah setempat, yang disukai oleh burung-burung, serta tingkat evapotranspirasi rendah.



Gambar 5. Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan

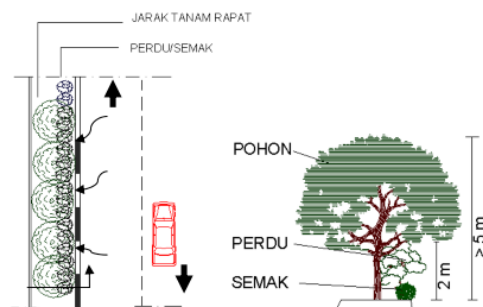
Sumber: PERMEN Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008

Berdasarkan fungsi tanaman dan persyaratan penempatannya, jalur hijau jalan dapat dibagi 5 jenis, yaitu jalur hijau sebagai peneduh, penyerap polusi udara, peredam kebisingan, pemecah angin, dan pembatas pandang. Untuk jalur hijau jalan sebagai penyerap polusi udara memiliki kriteria sebagai berikut.

1. Terdiri dari pohon, perdu/semak;
2. Memiliki kegunaan untuk menyerap udara;
3. Jarak tanam rapat; dan
4. Bermassa daun padat.

Contoh jenis tanaman:

1. Angsana (*Ptherocarphus indicus*);
2. Akasia daun besar (*Accasia mangium*);
3. Oleander (*Nerium oleander*);
4. Bogenvil (*Bougenvillea sp*); dan
5. Teh-tehan pangkas (*Acalypha sp*).



Gambar 6. Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara

Sumber: PERMEN Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008

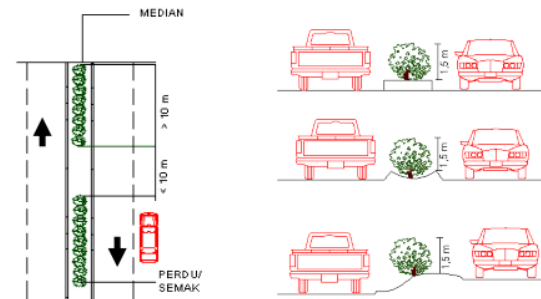
Pada media jalan, jalur hijau cenderung diperuntukkan sebagai penahan silau lampu kendaraan. Adapun kriteria perencanaan pembuatan jalur hijau pada median jalan adalah sebagai berikut PERMEN Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008.

1. Tanaman perdu/semak;
2. Ditanam rapat;
3. Ketinggian 1,5 meter; dan
4. Bermassa daun padat.

Contoh jenis tanaman :

1. Bogenvil (*Bougenvillea sp*);

2. Kembang sepatu (*Hibiscus rosasinensis*);
3. Oleander (*Netrium oleander*); dan
4. Nusa Indah (*Mussaenda sp*).



Gambar 7. Jalur Tanaman pada Median Penahan Silau Lampu Kendaraan

Sumber: PERMEN Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008

Bagian dari tanaman yang menjadi pertimbangan pemanfaatannya adalah dari organ (batang, daun, buah, bunga, dan perakarannya serta sifat perkembangannya. Sebagai contoh, dari tajuk, bunga, dan daun dapat menimbulkan kesan keindahan (estetika), dari beberapa bunga yang mengeluarkan aroma segar dan warna yang menarik, batang dan daun dapat bermanfaat sebagai peneduh, pembatas, penghalang angin, penghalang silau dari lampu kendaraan dan cahaya matahari. Berikut ini beberapa fungsi tanaman di jalan (PERMEN PU No. 5, 2012).

1. Mengurangi Pencemar Udara (CO₂)

Secara umum jenis tanaman yang berhijau daun (*chlorophyl*) dalam proses fotosintesisnya dengan bantuan cahaya matahari akan menggunakan CO₂ dari udara atau lingkungan sekitarnya diubah menghasilkan O₂. Gas CO₂ sebagai salah satu gas rumah kaca yang dapat menimbulkan pemanasan global akan direduksi oleh tanaman. Semua jenis tanaman yang berklorofil memanfaatkan CO₂ untuk proses biokimia yang dibantu cahaya matahari dapat menghasilkan O₂ yang dibutuhkan untuk kehidupan makhluk hidup di bumi.

2. Penyerap Kebisingan

Beberapa jenis tanaman dapat meredam suara dengan cara mengabsorpsi gelombang suara oleh daun, cabang, dan ranting. Jenis tanaman (pohon, perdu/semak) yang paling efektif untuk meredam suara adalah yang mempunyai tajuk yang tebal dan bermassa daun padat. Contoh tanaman yang bertajuk tebal dan

massa daun padat antara lain: tanjung, kiara payung, teh-tehan pangkas, puring, pucuk merah, kembang sepatu, bougenville, dan oleander.

3. Penghalang Silau

Cahaya lampu kendaraan dari arah yang berlawanan saat malam hari seringkali mengganggu pandangan atau silau bagi pengemudi lainnya yang berlawanan arah. Salah satu cara penanganannya dengan cara menanam tanaman di tepi dan median jalan.

Pohon/perdu yang dipilih sebaiknya bermassa daun padat, ditanam tepat pada ketinggian 1,5 m. Pada jalur jalan raya bebas hambatan, penanaman pohon tidak dibenarkan pada jalur median jalan. Sebaiknya pada jalur median ditanam tanaman semak, agar sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan dapat dikurangi. Contoh: bougenville, puring, pucuk merah, kembang sepatu, oleander, dan nusa indah.

4. Pembatas Pandang

Tanaman dapat pula dimanfaatkan sebagai penghalang pandangan terhadap hal-hal yang tidak menyenangkan untuk ditampilkan atau dilihat, seperti timbunan sampah, tempat pembuangan sampah, dan galian tanah. Jenis tanaman tinggi dan perdu/semak yang bermassa daun padat dapat ditanam berbaris atau membentuk massa dengan jarak tanam rapat. Contoh: bambu, glodokan tiang, cemara, puring, pucuk merah, kembang sepatu, dan oleander.

5. Pengarah

Tanaman dapat dipakai sebagai penghalang pergerakan manusia dan hewan. Selain itu, juga dapat berfungsi mengarahkan pergerakan. Lansekap tepi jalan yang baik dapat memberikan arah dan petunjuk bagi pengendara. Fungsi penanaman dapat menolong/membantu pengguna jalan menginformasikan adanya tikungan jalan atau mendekati jembatan. Walaupun penanaman seperti itu harus didesain dengan pertimbangan untuk keselamatan lalu lintas, pemeliharaan yang murah, dan mengurangi penyiangian. Contoh: cemara, glodokan tiang, dan palem.

6. Memperindah Lingkungan

Lansekap yang indah/cantik dan jalan yang teduh ditanami pohon dan tanaman lain di sepanjang jalan akan menciptakan lingkungan yang lebih kondusif, membuat

santai dan ketenangan bagi pengendara. Penanaman perdu dan pohon khususnya di daerah perkotaan didesain berkaitan dengan jenis dan fungsi dari jalan untuk mengurangi beberapa gangguan antara lain polusi udara dan kebisingan.

7. Penahan Benturan

Kecelakaan akan terjadi ketika pengendara mengalami kelelahan, lepas kendali, mabuk, melebihi batas kecepatan atau mencoba menghindari benturan pada objek yang membahayakan di jalan. Pada lokasi dimana hal-hal seperti itu terjadi, lingkungan tepi jalan yang dapat membantu pengendara mengurangi kemungkinan membentur objek yang keras dengan menggunakan tanaman.

Penanaman perdu yang berakar dengan kuat akan tumbuh dengan baik akan mengurangi kerusakan dan kecelakaan pada kendaraan dan pengemudi daripada memasang pembatas/dinding yang keras.

8. Pencegah Erosi

Kegiatan manusia dalam menggunakan lahan selain menimbulkan efek positif juga menyebabkan efek negatif terhadap kondisi tanah/lahan. Misalnya dalam pembentukan muka tanah, pemotongan, dan penambahan muka tanah (*cut and fill*). Kondisi tanah menjadi rapuh dan mudah tererosi oleh karena pengaruh air hujan dan embusan angin yang kencang. Akar tanaman dapat mengikat tanah sehingga tanah menjadi kokoh dan tahan terhadap pukulan air hujan serta tiupan angin. Selain itu, dapat juga untuk menahan air hujan yang jatuh secara tidak langsung ke permukaan tanah. Pohon, perdu, dan rumput dapat membantu dalam mengendalikan erosi tanah.

9. Habitat Satwa

Tepi jalan akan menyediakan tempat bagi tanaman yang harus ditanam kembali. Hal ini membantu mengembalikan keseimbangan sistem ekologi. Spesies yang diadopsi pada kondisi lahan yang khusus dan mempunyai nilai keilmuan dan pengobatan harus dilindungi.

Salah satu satwa liar yang dapat dikembangkan diperkotaan adalah burung. Beberapa jenis burung sangat membutuhkan tanaman sebagai tempat mencari makan maupun sebagai tempat bersarang dan bertelur. Tanaman sebagai sumber

makanan bagi hewan serta tempat berlindung kehidupannya. Hingga secara tidak langsung tanaman dapat membantu pelestarian kehidupan satwa.

10. Pengalih Parkir Ilegal

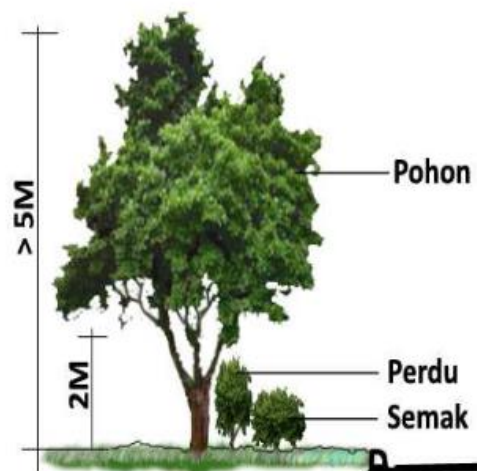
Penanaman perdu atau pohon pada tepi jalan dapat mencegah parkir liar khususnya di daerah perkotaan dimana hal ini menjadi masalah. Walaupun rambu sudah dipasang. Pada luasan yang terbatas dapat digunakan pohon kecil atau perdu untuk menghalangi pengendara yang akan parkir di daerah larangan parkir.

11. Pemecah Angin

Pemilihan tanaman yang ditanam sepanjang koridor jalan akan berfungsi sebagai pemecah angin, dengan demikian mengurangi efek dari angin pada pengendara, khususnya angin kencang dan angin lintang. Jenis tanaman yang dipakai harus tanaman tinggi dan perdu/semak, bermassa daun padat, ditanam berbaris atau membentuk massa dengan jarak tanam rapat $< 3\text{m}$. Contoh: glodokan tiang, cemara, angkana, tanjung, kiara payung, kembang sepatu, puring, pucuk merah.

G. Kelompok Tanaman

Berdasarkan PERMEN PU No. 5 Tahun 2012, tanaman dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok yaitu pohon, perdu/semak, terna, dan liana. Pengelompokkan ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kelompok Tanaman

Sumber: PERMEN PU No. 5 Tahun 2012

1. Pohon

Pohon atau juga pokok adalah tumbuhan dengan batang dan cabang yang berkayu. Pohon memiliki batang utama yang tumbuh tegak, menopang tajuk pohon. Pohon dibedakan dari semak melalui penampilannya. Semak juga memiliki batang berkayu, tetapi tidak tumbuh tegak. Dengan demikian, pisang bukanlah pohon sejati karena tidak memiliki batang sejati yang berkayu. Jenis-jenis mawar hias lebih tepat disebut semak daripada pohon karena batangnya walaupun berkayu tetapi tidak berdiri tegak dan habitusnya cenderung menyebar menutup permukaan tanah (PERMEN PU No. 5 Tahun 2012).

Batang merupakan bagian utama pohon dan menjadi penghubung utama antara bagian akar, sebagai pengumpul air dan mineral, dan bagian tajuk pohon (*canopy*), sebagai pusat pengolahan masukan energi (produksi gula dan bereproduksi). Cabang adalah bagian batang, tetapi berukuran lebih kecil dari batang yang berfungsi memperluas ruang bagi pertumbuhan daun sehingga mendapat lebih banyak cahaya matahari dan juga menekan tumbuhan pesaing sekitarnya. Batang diliputi dengan kulit yang melindungi batang dari kerusakan (PERMEN PU No. 5 Tahun 2012).

2. Perdu atau Semak

Perdu atau semak adalah suatu kategori tumbuhan berkayu atau yang dibedakan dengan pohon karena cabangnya yang banyak dan tingginya yang lebih rendah, biasanya kurang dari 5-6 meter. Banyak tumbuhan dapat berupa pohon atau perdu tergantung kondisi pertumbuhannya (PERMEN PU No. 5 Tahun 2012).

3. Terna

Terna adalah tumbuhan yang batangnya lunak karena tidak membentuk kayu. Tumbuhan semacam ini dapat merupakan tumbuhan semusim, tumbuhan dwimusim, ataupun tumbuhan tahunan. Tumbuhan yang dapat disebut terna umumnya adalah semua tumbuhan berpembuluh (*tracheophyta*). Biasanya sebutan ini hanya dikenakan bagi tumbuhan yang berukuran kecil (kurang dari 2 meter) dan tidak dikenakan pada tumbuhan non-kayu yang merambat (digolongkan tumbuhan merambat) (PERMEN PU No. 5 Tahun 2012).

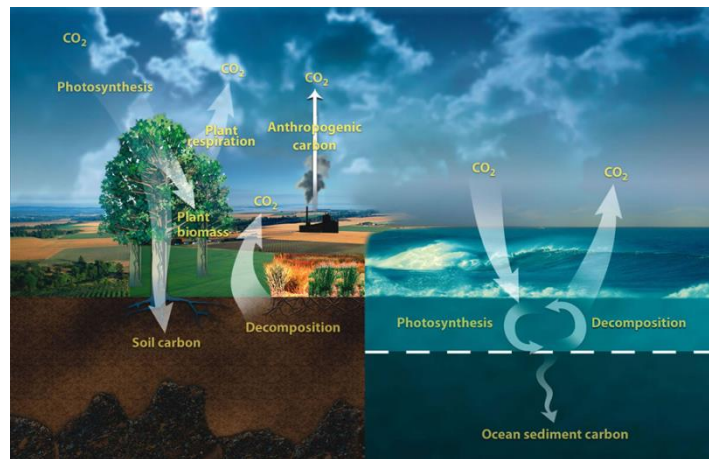
4. Liana

Liana adalah suatu habitus tumbuhan. Suatu tumbuhan dikatakan liana apabila dalam pertumbuhannya memerlukan kaitan atau objek lain agar ia dapat bersaing mendapatkan cahaya matahari. Liana juga dapat pula dikatakan tumbuhan yang merambat, memanjat, atau menggantung. Berbeda dengan epifit yang mampu sepenuhnya tumbuh lepas dari tanah, akar liana berada di tanah paling tidak memerlukan tanah sebagai sumber haranya (PERMEN PU No. 5 Tahun 2012).

H. Penyerapan CO₂ oleh Tumbuhan

Hutan, tanah, laut, dan atmosfer semuanya menyimpan karbon yang berpindah secara dinamis diantara tempat-tempat penyimpanan tersebut sepanjang waktu. Tempat penyimpanan ini disebut dengan kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Simpanan karbon lain yang penting adalah deposit bahan bakar fosil. Simpanan karbon ini tersimpan jauh di dalam perut bumi dan secara alami terpisah dari siklus karbon di atmosfer, kecuali jika simpanan tersebut di ambil dan dilepaskan ke atmosfer, ketika bahan-bahan tersebut dibakar. Semua pelepasan karbon dari simpanan ini akan menambah karbon yang berada di kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Apa yang terjadi saat ini selain kerusakan hutan, adalah begitu tingginya laju pembakaran bahan bakar fosil sehingga jumlah karbon yang berada di atmosfer meningkat dengan pesat (Sutaryo, 2009).

Dinamika karbon dalam alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Siklus karbon merupakan siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon dalam biosfer, pedosfer, geosfer, dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling mempengaruhi (Purnobasuki dalam Al Hazmi, Mulyanto, & Arfiati, 2017). Proses daur karbon dapat dilihat pada Gambar 9.



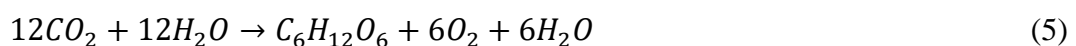
Gambar 9. Fast Carbon Cycle

Sumber : The United States Departement of Energy

Pohon (dan organisme foto-ototrof lainnya) melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah, dan lain-lain. Keseluruhan hasil dari proses fotosintesis ini sering disebut juga dengan produktifitas primer (Sutaryo, 2009).

Tumbuhan akan mengurangi karbon (CO₂) di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana, dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Vegetasi adalah keseluruhan tetumbuhan dari suatu kawasan baik yang berasal dari kawasan itu atau didatangkan dari luar, meliputi pohon, perdu, semak, dan rumput. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon *pool* ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009).

Dengan kemampuan fotosintesis pada siang hari, daun dari pohon pelindung jalan mampu mengubah gas CO₂ menjadi O₂ yang bermanfaat bagi semua kehidupan di sekitarnya. Reaksi fotosintesis dapat dilihat pada Persamaan (5) (Mansur & Pratama, 2014).



Fotosintesis adalah proses metabolisme pengubah CO₂ dan H₂O menjadi karbohidrat dengan bantuan klorofil dan cahaya matahari. Proses ini berlangsung di dalam butir kloroplas yang terdiri dari dua bagian yaitu: (1) Tilakoid yang tersusun dari grana yang memungkinkan terjadinya pengubah energi cahaya menjadi energi kimia (foto-fosforilasi) dan (2) Lamela yang merupakan tempat terjadinya reduksi CO₂ pada reaksi gelap. Gas CO₂ sebagai bahan bakar utama fotosintesis masuk melalui stomata (Dahlan, 2007).

Berdasarkan beberapa pendapat dan teori yang di himpun Dahlan (2007), laju fotosintesis daun tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Perbedaan Jenis Tumbuhan

Tumbuhan berdasarkan fotosintesisnya dapat dibagi menjadi 3 golongan besar yakni jenis C-3, C-4, dan CAM. Tanaman C-4 antara lain: jagung, tebu, dan sorgum. Tanaman kehutanan umumnya tergolong ke dalam C-3. Nenas dan kaktus termasuk golongan CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*). Setiap jenis tumbuhan mempunyai laju fotosintesis yang berlainan. Ada tanaman yang memiliki laju *sink* gas CO₂ yang tinggi dan ada juga yang memiliki laju *sink* yang rendah.

2. Umur Daun

Laju fotosintesis dipengaruhi oleh umur daun. Daun muda umumnya mempunyai kemampuan fotosintesis yang masih rendah yang kemudian akan meningkatkan dengan bertambahnya umur dan luasan daun. Setelah ukuran daun mencapai maksimum maka daun akan menjadi tua dan berubah warna menjadi kuning karena klorofil mulai rusak. Kemampuan fotosintesis daun dengan klorofil yang mulai rusak akan menurun bahkan akan terhenti jika klorofilnya sudah sangat rusak.

3. Letak Daun

Daun yang terletak di bagian dalam tajuk kurang cukup mendapat cahaya matahari. Akibatnya laju fotosintesis daun yang terletak di bagian dalam tajuk umumnya lebih rendah daripada daun yang terletak di tepi luar tajuk yang mendapat cahaya matahari yang cukup.

4. Fase Pertumbuhan

Tumbuhan yang tumbuh, sedang berbunga dan berbuah memiliki laju fotosintesis yang tinggi dan laju translokasi fotosintat yang tinggi pula. Sebaliknya tumbuhan yang sedang istirahat laju fotosintesisnya rendah.

5. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari yang dibutuhkan oleh tumbuhan berbeda-beda. Ada jenis tumbuhan yang pertumbuhannya baik pada cahaya matahari penuh dan ada pula tumbuhan yang pertumbuhannya baik pada kondisi ternaungi (*shade plants*).

6. Konsentrasi Gas CO₂

Gas CO₂ merupakan bahan yang dibutuhkan untuk fotosintesis. Oleh sebab itu, jika konsentrasi gas ini semakin meningkat maka hasil fotosintesis akan meningkat pula. Walaupun demikian secara umum konsentrasi gas yang melebihi 1.000-2.000 ppm akan berpengaruh buruk pada fotosintesis.

7. Suhu Udara

Laju fotosintesis akan meningkat dengan meningkatnya suhu udara karena proses biokimia menjadi lebih cepat. Namun, pada suhu yang sangat tinggi, enzim yang berperan dalam fotosintesis menjadi rusak sehingga fotosintesis akan terganggu.

8. Ketersediaan Air Tanah dan Kelembaban Udara

Bahan yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis selain gas CO₂ juga air. Oleh sebab itu, jika tumbuhan kekurangan air maka translokasi air dari akar ke daun berkurang. Untuk mengurangi daun kehilangan air, terlebih lagi pada keadaan kelembaban udara sangat rendah maka bukaan stomata daun akan mengecil bahkan menutup. Dengan demikian masuknya gas CO₂ ke dalam daun lewat stomata akan berkurang. Akibatnya proses fotosintesis juga akan menurun.

9. Kesehatan Daun

Daun yang terserang penyakit menyebabkan tidak bisa melakukan fotosintesis secara baik. Toksin yang dihasilkan oleh *Pseudomonas syringae* atau ten-toksin yang dihasilkan oleh *Alternaria temis* dapat mempengaruhi fotosintesis tumbuhan.

10. Polutan Udara

Beberapa polutan dapat mempengaruhi fotosintesis. Gas SO_x, NO_x, ozon, dan hujan asam dapat mempengaruhi proses fotosintesis, baik melalui proses terbentuknya kloroplas maupun dalam mempengaruhi umur kloroplas serta proses biokimia yang terjadi dalam daun.

I. Pengukuran Serapan CO₂ (*C-sequestration*) oleh Tumbuhan

Terdapat beberapa pendekatan untuk mengukur serapan CO₂ dari pohon, diantaranya dengan pengukuran stomata daun, pemetaan dengan bantuan aplikasi penginderaan jauh atau pengukuran dengan metode biomassa. Metode volume organisme (*biomassa*), yaitu pengukuran dengan menggunakan model alometrik. Pengertian model alometrik adalah suatu fungsi atau persamaan matematika yang menunjukkan hubungan antara bagian tertentu dari makhluk hidup dengan bagian lain atau fungsi tertentu dari makhluk hidup tersebut. Persamaan tersebut dipakai untuk menduga parameter tertentu dengan menggunakan parameter lainnya yang lebih mudah (Sutaryo dalam Hidayat, 2013).

Proses penimbunan karbon (C) dalam tubuh tumbuhan hidup dinamakan proses sekuestrasi (*C-sequestration*). Dengan demikian mengukur jumlah C yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup (*biomass*) pada suatu lahan, dapat menggambarkan CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Sedangkan pengukuran C yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati secara tidak langsung menggambarkan CO₂ yang tidak dilepaskan ke udara melalui pembakaran (Purnobasuki dalam Al Hazmi, Mulyanto, & Arfiati, 2017).

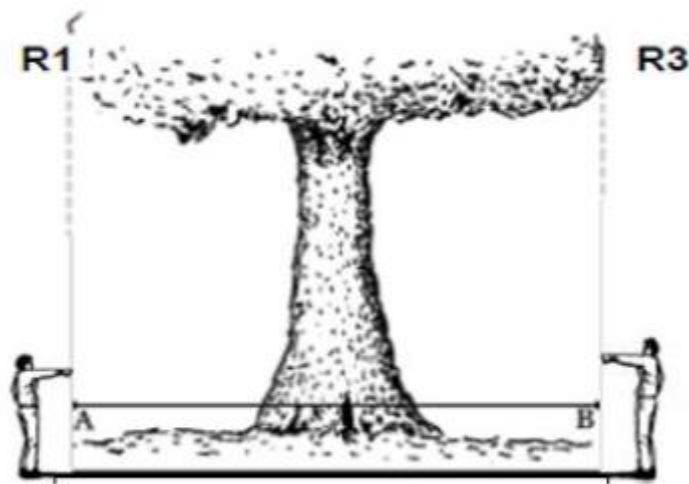
Perhitungan serapan perluasan tajuk atau kanopi adalah pendekatan luas tutupan dengan membuat fungsi luas terhadap setiap tegakan untuk jenis tanaman. Pendekatan ini dilakukan karena model tutupan yang diasumsikan melingkar (lingkaran) dari setiap tegakan tidak simetris. Dari perhitungan ini didapatkan bahwa kemampuan serapan per tajuk tanaman yang tinggi adalah Angsana (4,2601692 ppm). Kemampuan jenis tanaman mangga dalam penyerapan CO₂ juga relatif tidak berbeda dengan jenis Angsana. Tanaman yang mempunyai kemampuan rendah dalam menyerap CO₂ adalah Johar (*Cassia siemea*) dengan kemampuan serapan per luasan tajuk adalah 0,392264 ppm (Pentury dalam Murti, 2015).

Istilah tajuk dipakai biasanya untuk menggambarkan morfologi atau ekologi suatu komunitas pepohonan. Bentuk tajuk bermacam-macam dan sering kali khas untuk kelompok tumbuhan tertentu. Bentuk itu ditentukan oleh proses adaptasi dan bagaimana suatu individu bertahan hidup di tempat tumbuhnya. Pengukuran terhadap tajuk dipakai untuk mengetahui efisiensi fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).

Pengukuran tajuk menggunakan cara "*Improvised technique*" (Fellizar dalam Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013), yaitu dengan menetapkan suatu titik sebagai pusat tajuk pada permukaan tanah, dari titik tersebut dibuat garis ke utara, selatan, timur, dan barat sampai pada akhir batas tajuk. Panjang rata-rata garis tersebut sama dengan diameter tajuk.

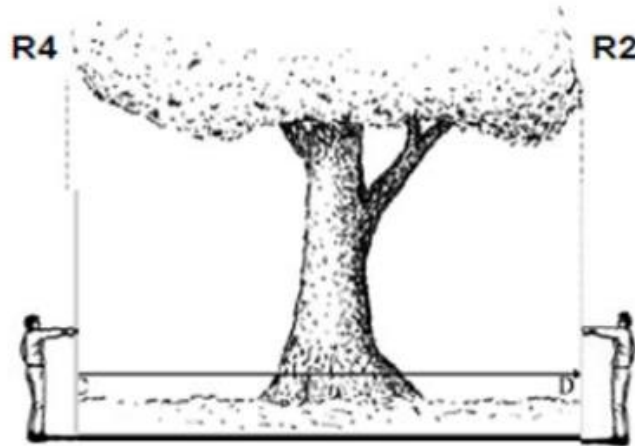
Untuk pohon-pohon tropis, pengukuran diameter tajuk dilakukan sebanyak 2 kali dengan posisi saling tegak lurus. Secara teknis, pengukuran diameter tajuk dilakukan dengan mengukur jari-jari tajuk pohon sebanyak 4 kali dan saling tegak lurus menurut 4 arah mata angin utama yaitu utara, timur, selatan, dan barat (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).

Cara pengukuran diameter tajuk pada arah tampak samping dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 serta pada arah tampak atas dilihat pada Gambar 12. Pengukuran diameter tajuk ini harus diperhatikan posisi tajuk yang terlebar sebagai patokan awal pengukuran diameter atau jari-jari tajuknya dan selanjutnya diukur posisi diameter tajuk yang tegak lurus terhadap posisi pertama, sehingga diperoleh 4 jari-jari tajuk (R1, R2, R3, dan R4). Pencatatan (R1, R2, R3, dan R4) dimulai dari Utara kemudian Timur, Selatan dan Barat dengan maksud untuk mempermudah pengukuran (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).



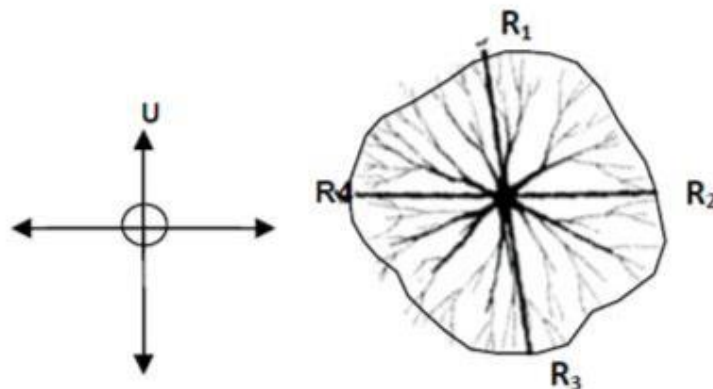
Gambar 10. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Utara dan Timur

Sumber: (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013)



Gambar 11. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Selatan dan Barat

Sumber: (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013)



Gambar 12. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Atas

Sumber: (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013)

Daya serap CO₂ dapat diketahui berdasarkan luas tutupan tumbuhan. Menurut Kondorura, Tjaronge, & Aly (2018), untuk menghitung luas tajuk pohon dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada Persamaan (6).

$$LT = \frac{1}{4} \pi d^2 \times \%Kerapatan\ Tajuk\ Pohon \quad (6)$$

Keterangan :

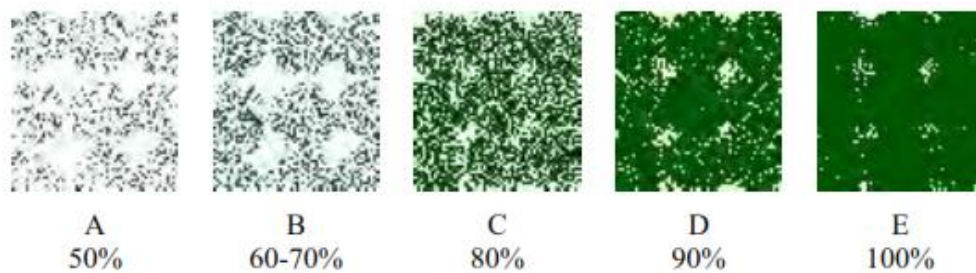
LT : Luasan Tajuk masing-masing jenis tumbuhan (cm²)

π : 3,14 (konstanta)

d : diameter tanaman (cm)

Kerapatan tajuk masing-masing jenis tumbuhan (minimal 50%, maksimal 100%)

Penentuan persentase kerapatan tajuk didasarkan pada penilaian secara visual. Penilaian ini bersifat subjektif sehingga dibutuhkan acuan. Kerapatan tajuk ditentukan berdasarkan ketebalanutupan daun dalam satu area untuk RTH publik. Penentuan asumsi kerapatan tajuk ini dilakukan berdasarkan pengembangan dari penelitian terdahulu. Adapun acuan visualisasi penentuan kerapatan tajuk dapat dilihat pada Gambar 13 (Murti, 2015).



Gambar 13. Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk

Sumber: (Murti, 2015)

Menghitung daya serap CO₂ tumbuhan dilakukan dengan mengalikan luas tajuk (dalam satuan hektar) dengan koefisien daya serap CO₂ berdasarkan tipe penutupan pohon seperti pada Persamaan (7) dan Tabel 6.

$$C_{sink} = LT \times \text{Koefisien daya serap CO}_2 \text{ dalam satuan luas} \quad (7)$$

Keterangan :

C_{sink} : Daya serap CO₂ tumbuhan (kg/jam)

LT : Luasan Tajuk masing-masing jenis tumbuhan (ha)

Koefisien daya serap CO₂ termuat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Daya Serap CO₂ untuk beberapa jenis tutupan tumbuhan

Tipe Penutupan	Koefisien Daya Serap CO ₂		
	(kg/ha/jam)	(kg/ha/hari)	(ton/ha/tahun)
Pohon	129,925	1.559,1	569,07
Semak/Perdu	12,556	150,68	55,00
Padang Rumput	2,74	32,88	12,00
Sawah	2,74	32,99	12,00

Sumber : Prasetyo (2002) dalam Laksono & Damayanti (2014)

Selain dengan metode luas tajuk tumbuhan, kemampuan penyerapan CO₂ vegetasi juga dapat dihitung menggunakan metode daya serap karbon dioksida per

jenis tumbuhan. Pendekatan ini menganggap bahwa setiap jenis tumbuhan memiliki laju penyerapan gas karbon dioksida bervariasi yang berbeda karena adanya perbedaan fisiologi tumbuhan seperti kemampuan transpirasi, pembukaan stomata daun dan PAR daun, tebal daun, serta tinggi tanaman (Mansur & Pratama, 2014).

Untuk menghitung daya serap menggunakan metode per jenis tumbuhan dapat menggunakan Persamaan (8) dan untuk mengetahui daya serap per jenis tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 7.

$$C_{sink} = \text{daya serap } CO_2 \text{ per 1 jenis tumbuhan} \times \text{jumlah tumbuhan} \quad (8)$$

Tabel 7. Daya Serap CO₂ Tiap Pohon

No.	Nama Jenis Tumbuhan	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (gr/jam.pohon)
1	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	165 ^[1]
2	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	310,52 ^[1]
3	Asam Landi	<i>Pithecellobium dulce</i>	165 ^[1]
4	Bambu Cina	<i>Bambusa multiplex</i>	0,39 ^[1]
5	Beringin	<i>Ficus banjamina</i>	1.146,51 ^[1]
6	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	96,9 ^[1]
7	Cemara Laut	<i>Casuarina equisetifolia</i>	45 ^[1]
8	Glodokan	<i>Polyalthia longifolia</i>	719,74 ^[1]
9	Jambu biji	<i>Syzygium malaccense</i>	44,59 ^[1]
10	Jati	<i>Tectona grandis</i>	12,41 ^[1]
11	Kersen	<i>Muntingia calabura</i>	0,6 ^[1]
12	Kayu Bejaran	<i>Lanea coromandelica</i>	45 ^[1]
13	Kembang Kecrutan	<i>Spathodea campanulata</i>	24,16 ^[1]
14	Keben/Ketapang	<i>Barringtonia asiatica</i>	165 ^[1]
15	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mantaly</i>	24,16 ^[1]
16	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	165 ^[1]
17	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	3.112,43 ^[1]
18	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	51,96 ^[1]
19	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	22 ^[1]

No.	Nama Jenis Tumbuhan	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (gr/jam.pohon)
20	Palem Ekor Tupai	<i>Wodyetia bifurcata</i>	0,39 ^[1]
21	Palem Kenari	<i>Phoenix sylvestris</i>	0,39 ^[1]
22	Palem Kuning	<i>Dyopsis lutescens</i>	0,39 ^[1]
23	Palem Putri	<i>Veitchia merrillii</i>	32,6 ^[1]
24	Pandan Bali	<i>Dracaena draco</i>	0,39 ^[1]
25	Pucuk merah	<i>Oleina syzygium</i>	155,58 ^[1]
26	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	1.319,35 ^[1]
27	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	22 ^[1]
28	Tabebuia	<i>Tabebuia chrysantha</i>	24,2 ^[1]
29	Tabebuia Pink	<i>Tabebuia rosea</i>	24,2 ^[1]
30	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	67,58 ^[1]
31	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	3.252,1 ^[1]
32	Bitti	<i>Vitex cofassus</i>	702,17 ^[2]
33	Kayu Hitam	<i>Diospyros celebica</i>	589,73 ^[2]
34	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	8,9 ^[2]
35	Waru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	183,58 ^[3]
36	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	0,17 ^[3]
37	Bunga Kertas	<i>Bougainvillea glabra</i>	1.643,83 ^[4]
38	Kamboja	<i>Plumeria acuminata</i>	25,114 ^[5]

Sumber: [1] Roshintha & Mangkoediharjo (2016), [2] Sa'iedah (2018),

[3] Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2017),

[4] Dubal, Ghorpade, Dongare, & Patil, (2013),

[5] Suryaningsih, Haji, & Wirosodarmo (2019).

Jumlah tumbuhan adalah jumlah setiap jenis tumbuhan yang tumbuh pada suatu jalur hijau, median, ataupun pulau jalan. Untuk mengetahui total serapan CO₂ pada suatu jalur hijau, median, ataupun pulau jalan dapat menjumlahkan seluruh daya serap pohon/perdu yang tumbuh pada area tersebut dengan menggunakan Persamaan (9).

$$C_{sink\ total} = \sum_{i=1}^n C_{sink\ ke-i} \quad (9)$$

Keterangan :

$C_{sink\ total}$: Daya serap CO₂ total vegetasi pada suatu jalur hijau, median, ataupun pulau jalan;

n : Banyaknya jenis tumbuhan pada suatu jalur hijau, median, ataupun pulau jalan

i : jenis tumbuhan ke- i

J. Efisiensi dan Efektivitas Daya Serap CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau

Setelah dilakukan perhitungan total emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dan perhitungan kemampuan daya serap CO₂ dari proses fotosintesis tumbuhan yang ada di Ruang Terbuka Hijau maka dapat dilakukan perhitungan efisiensi daya serap Ruang Terbuka Hijau. Perhitungan efisiensi daya serap Ruang Terbuka Hijau ini dapat digunakan dalam analisis ketersediaan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan kebutuhan terhadap penyerapan emisi CO₂ kendaraan bermotor dengan menggunakan Persamaan (10) (Ashiddiq, Tjaronge, & Aly, 2021).

$$Sisa\ emisi\ CO_2 = E_k - Daya\ serap\ CO_2 \quad (10)$$

Keterangan :

E_k : Total emisi kendaraan pada jalan (i)

$Daya\ serap\ CO_2$: Daya serap CO₂ pada vegetasi jalur hijau jalan (i)

Efektivitas daya serap Ruang Terbuka Hijau terhadap beban emisi CO₂ dapat dilakukan dengan cara membandingkan kemampuan penyerapan CO₂ vegetasi terhadap total beban emisi CO₂ kendaraan bermotor seperti pada Persamaan (11) (Sasmita & Fatatulhairani, 2019).

$$\%Efektivitas = \frac{Total\ Daya\ Serap\ Vegetasi\ RTH}{Emisi\ CO_2} \times 100\% \quad (11)$$