

SKRIPSI

**ANALISIS PENYERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO₂)
KENDARAAN BERMOTOR DI JALAN A.P. PETTARANI
KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD RIEVANO SHALVAA MURSHAL
D131 18 1322**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**ANALISIS PENYERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO₂)
KENDARAAN BERMOTOR DI JALAN A.P. PETTARANI
KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD RIEVANO SHALVAA MURSHAL
D131 18 1322**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS PENYERAPAN EMISI KARBON DIOKSIDA
(CO₂) KENDARAAN BERMOTOR DI JALAN A.P.
PETTARANI KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Rievano Shalvaa Murshal
D131181322

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 1 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



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

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM.
NIP 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muhammad Rievano Shalvaa Murshal

NIM : D131181322

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Penyerapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Kendaraan Bermotor Di Jalan
A. P. Pettarani Kota Makassar

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. 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 dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 21 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Rievano Shalvaa Murshal
D131181322

ABSTRAK

MUHAMMAD RIEVANO SHALVAA MURSHAL. *Analisis Penyerapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Kendaraan Bermotor Di Jalan A.P. Pettarani Kota Makassar* (dibimbing oleh **Sumarni Hamid Aly** dan **Nurul Masyiah Rani Harusi**)

Kota Makassar menjadi salah satu kota di kawasan timur Indonesia dengan perkembangan yang pesat, perkembangan ini dapat menyebabkan peningkatan kendaraan bermotor. Salah satu senyawa yang dihasilkan kendaraan bermotor adalah gas karbon dioksida (CO₂). Senyawa karbon dioksida (CO₂) dapat meningkatkan gas rumah kaca di atmosfer sehingga dapat mengakibatkan naiknya suhu udara rata-rata di bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan vegetasi jalur hijau jalan terhadap jumlah emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan kendaraan bermotor, besaran beban emisi karbon dioksida (CO₂) kendaraan bermotor, dan ketersediaan vegetasi jalur hijau jalan dalam menyerap emisi karbon dioksida (CO₂).

Pengumpulan data primer berupa volume kendaraan setiap jenis kendaraan bermotor, jenis dan jumlah vegetasi, dan diameter tajuk vegetasi, pengolahan daya serap vegetasi dilakukan dengan menggunakan metode luas tajuk, beban emisi dengan menggunakan pendekatan per konsumsi bahan bakar motor pada 6 segmen penelitian di Jalan A. P. Pettarani Kota Makassar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas vegetasi ruang jalur hijau jalan dalam menyerap emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tidak memenuhi dalam penyerapan beban emisi, sehingga hal ini menyatakan bahwa ketersediaan vegetasi di jalur hijau jalan tidak cukup dalam menyerap beban emisi kendaraan bermotor yang melintas di sepanjang jalan A. P. Pettarani Kota Makassar

Kata Kunci: Karbon Dioksida (CO₂), Ruang Terbuka Hijau, Emisi Kendaraan Bermotor

ABSTRACT

MUHAMMAD RIEVANO SHALVAA MURSHAL. Analysis Of Vehicle Carbon Dioxide Emission In A.P. Pettarani Road, Makassar City (supervised by **Sumarni Hamid Aly** and **Nurul Masyiah Rani Harusi**)

The city of Makassar has become one of the cities in the eastern region of Indonesia with rapid development, and this development can lead to an increase in motorized vehicles. One of the compounds produced by motorized vehicles is carbon dioxide (CO₂) gas. Carbon dioxide (CO₂) can contribute to the greenhouse effect in the atmosphere, which can result in an increase in the average air temperature on Earth.

This study aims to determine the ability of vegetation along green roadways to mitigate the amount of carbon dioxide (CO₂) emissions produced by motorized vehicles, the amount of carbon dioxide (CO₂) emissions from motor vehicles, and the availability of vegetation along green roadways in absorbing carbon dioxide (CO₂) emissions.

Primary data collection includes the volume of each type of motorized vehicle, the type and quantity of vegetation, and the diameter of vegetation canopies. The processing of vegetation absorption capacity is carried out using the canopy area method, and emission loads are calculated using a per-fuel-consumption approach for motor vehicles in six research segments along A. P. Pettarani Road in Makassar City.

The results of the study show that the capacity of vegetation in the space of green roadways to absorb carbon dioxide (CO₂) emissions generated by motor vehicles does not meet the absorption load of emissions by vegetation. This demonstrates that the availability of vegetation along green roadways is not sufficient to absorb the emission load from motor vehicles passing along A. P. Pettarani Road in Makassar City.

Keyword: Carbon Dioxide (CO₂), Green Open Space, Motor Vehicle Emissions

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	III
PERNYATAAN KEASLIAN.....	IV
ABSTRAK	V
ABSTRACT	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR TABEL	IX
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
KATA PENGANTAR.....	XIV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Batasan Studi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pencemaran Udara.....	6
2.2 Ruang Terbuka Hijau.....	9
2.3 Kendaraan Bermotor dan Emisi	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	23
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.3 Benda Uji dan Alat	34
3.4 Metode Pengumpulan Data	35
3.5 Metode Pengolahan Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Analisis Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor.....	42
4.2 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Vegetasi Di Jalan A.P. Pettarani Kota Makassar.....	60
4.3 Analisis Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau Jalan Terhadap Beban Emisi.....	90

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daya Serap CO ₂ untuk beberapa jenis tutupan tumbuhan	15
Tabel 2 Kategori Kendaraan Dalam Menghitung Beban Pencemaran Udara.....	16
Tabel 3. Faktor Emisi Kendaraan Bermotor	20
Tabel 4. Ekonomi Bahan Bakar Setiap Kendaraan Bermotor.....	22
Tabel 5. Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor	22
Tabel 6. Panjang Jalan dan Titik Pengukuran Setiap Segmen	25
Tabel 7. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Segmen 1	42
Tabel 8. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Segmen 2.....	44
Tabel 9. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Segmen 3.....	45
Tabel 10. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Segmen 4.....	46
Tabel 11. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Segmen 5	47
Tabel 12. Jumlah Kendaraan Bermotor di Segmen 6.....	48
Tabel 13. Beban Emisi CO ₂ pada segmen 1	50
Tabel 14 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 2.....	51
Tabel 15 Beban Emisi CO ₂ pada Segmen 3	53
Tabel 16. Beban Emisi CO ₂ pada Segmen 4.....	54
Tabel 17. Beban Emisi CO ₂ pada Segmen 5	55
Tabel 18. Beban Emisi CO ₂ pada Segmen 6.....	57
Tabel 19. Jumlah Vegetasi di Segmen 1	60
Tabel 20. Jumlah Vegetasi di Segmen 2.....	63
Tabel 21. Jumlah Vegetasi di segmen 3.....	67
Tabel 22. Jumlah Vegetasi di segmen 4.....	70
Tabel 23. Jumlah Vegetasi di Segmen 5.....	73
Tabel 24 Jumlah Vegetasi di Segmen 6.....	76
Tabel 25. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 1.....	80
Tabel 26. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 2.....	82
Tabel 27. Daya Serap CO ₂ vegetasi jalur hijau pada Segmen 3.....	83
Tabel 28. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 4.....	85
Tabel 29. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 5.....	86
Tabel 30. Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau Pada Segmen 6.....	88
Tabel 31 Evaluasi Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau Jalan A. P. Pettarani Kota Makassar Terhadap Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tata Letak Jalur Hijau Jalan.....	11
Gambar 2. Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk.....	15
Gambar 3. Kerangka Penelitian	23
Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian	24
Gambar 5. Peta Segmen 1	26
Gambar 6. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen 1	27
Gambar 7. Peta Segmen 2	27
Gambar 8. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen	28
Gambar 9. Peta Segmen 3	28
Gambar 10. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen 3	29
Gambar 11. Peta Segmen 4	30
Gambar 12. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen 4	31
Gambar 13. Peta Segmen 5	31
Gambar 14. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen 5	32
Gambar 15. Peta Segmen 6	32
Gambar 16. Potongan Melintang Jalan Pada Segmen 6.	33
Gambar 17. Alat Pengambilan Data.....	35
Gambar 18. Metode Pengumpulan Data Volume Kendaraan	36
Gambar 19. Pengukuran Dimensi tajuk (A) Tampak Utara dan Timur, (B) Tampak Selatan dan Barat, dan (C) Tampak Atas.....	37
Gambar 20. Metode Perhitungan Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor	39
Gambar 21. Metode Perhitungan Daya Serap Vegetasi	40
Gambar 22. Metode Perhitungan Besaran Emisi CO ₂ Yang tidak dapat terserap oleh vegetasi.....	41
Gambar 23. Rekapitulasi Volume Kendaraan Bermotor Pada Jalan A.P. Pettarani Kota Makassar.....	49
Gambar 24. Rekapitulasi Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor.....	59
Gambar 25. Persebaran Tumbuhan Pada Bagian (A) Median Jalan, (B) Tepi Barat, dan (C) Tepi Timur di Segmen 1	62
Gambar 26. (A) Perdu Bayam (B) Pohon Ketapang Kencana.....	63
Gambar 27. Persebaran Tumbuhan Pada Bagian (A) Median Jalan, (B) Tepi Barat, dan (C) Tepi Timur di Segmen 2.....	66
Gambar 28. Perdu Bunga Iris.....	66
Gambar 29. Persebaran Tumbuhan Pada Bagian (A) Median Jalan, (B) Tepi Barat, dan (C) Tepi Timur di Segmen 3	69
Gambar 30. (A) Perdu Pucuk Merah (B) Pohon Palm Ratu	70
Gambar 31. Persebaran Tumbuhan Pada Bagian (A) Median Jalan, (B) Tepi Barat, dan (C) Tepi Timur di Segmen 4.....	72
Gambar 32. (A) Pohon Ketapang (B) Pohon Tanjung	73
Gambar 33. Persebaran Tumbuhan Pada Bagian (A) Median Jalan, (B) Tepi Barat, dan (C) Tepi Timur di Segmen 5	75
Gambar 34. Perdu Pucuk Merah	76
Gambar 35. Persebaran Tumbuhan Pada Bagian (A) Median Jalan, (B) Tepi Barat, dan (C) Tepi Timur di Segmen 6.....	78
Gambar 36. (A) Pohon Glodokan Tiang (B) Pohon Palm Kol	79
Gambar 37. Rekapitulasi Jumlah Vegetasi di Jalan A.P. Pettarani.....	79

Gambar 38. Rekapitulasi Kemampuan Daya Serap CO ₂ Vegetasi.....	90
Gambar 39. Emisi CO ₂ Yang Dapat Terserap Oleh Vegetasi	93

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang / Singkatan	Arti dan Keterangan
BBM	Bahan Bakar Minyak
NO _x	Oksida Nitrogen
CO	Karbon Monoksida
SO _x	Sulfur
TSP	<i>Total Suspended Particulate</i>
CO ₂	Carbon Dioksida
N ₂ O	Dinitrogen Monoksida
HFC	Hidrofluorokarbon
SF ₆	Belerang Heksafluorida
CH ₄	Metana
CFC	Klorofluorokarbon
NO	Nitrogen Monoksida
H ₂ O	Oksidan atau Air (<i>Water</i>)
PM ₁₀	Partikulat berukuran 10 micron
Pb	Timbal
O ₂	Oksigen
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
RTH	Ruang Terbuka Hijau
GRK	Gas Rumah Kaca
LV	<i>Light Vehicle</i>
HV	<i>Heavy Vehicle</i>
MC	<i>Motorcycle</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Daya Serap Vegetasi.....	100
Lampiran 2 Data Perhitungan Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor	118
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	130

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat Rahmat dan karunia-Nya penulisan bisa menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Penyerapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Kendaraan Bermotor Di Jalan A.P. Pettarani Kota Makassar”. Laporan skripsi ini disusun dengan tujuan memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi S1 Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin Makassar.

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat banyak hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat doa, bimbingan, dan kerja keras dari berbagai pihak akhirnya penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini, dengan itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusinya selama penelitian ini berlangsung kepada:

1. Orang tua tercinta atas doa, kasih sayang, dan semangat yang tiada hentinya selalu mendoakan dan mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Bapak Pro. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.t., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas segala arahan, bimbingan, dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan tugas akhir
6. Ibu Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II atas segala waktu, ilmu, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim S.T., M.T., yang telah memberikan masukan dan saran sebagai dosen penguji penulis serta telah banyak membimbing dan mengajari penulis selama masa perkuliahan

8. Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T., yang telah memberikan masukan dan saran sebagai dosen penguji penulis serta telah banyak membimbing dan mengajari penulis selama masa perkuliahan
9. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan atas didikan, ilmu yang bermanfaat dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan selama kurang lebih empat tahun.
10. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh terkhusus kepada Ibu Sumiati, Pak Olan, dan Kak Tami sebagai staf Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
11. Arfian, Hijrah, Fadiq dan teman-teman yang telah membantu peneliti selama pengambilan data dalam penelitian ini.
12. Teman-teman di Lab. Riset Kualitas Udara dan Bising yang memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini
13. Teman-Teman Teknik Lingkungan 2018 dan Transisi 2019 yang telah memberikan banyak pengalaman dan kenangan selama penulis berada di dunia kampus.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat untuk dijadikan sebagai referensi yang berharga dalam mengembangkan ilmu pengetahuan bagi seluruh pihak. Penulis pun menyadari bahwa terdapat kesalahan. Oleh karena itu, penulis meminta maaf dan menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun terhadap tugas akhir ini

Gowa, 21 Agustus 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan lingkungan telah ada sejak lama, masalah yang paling besar salah satunya yaitu pencemaran udara. Pencemaran udara sering dijumpai di negara-negara besar seperti di Indonesia. Sumber dari pencemaran udara di kota besar ini umumnya berasal dari sektor pabrik dan transportasi.

Di kota-kota besar terjadi penambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang pesat sehingga meningkatnya di sektor pemukiman, transportasi, dan perindustrian. Kemajuan teknologi yang dapat dicapai oleh manusia dalam upaya untuk meningkatkan kualitas kehidupan manusia dapat memberikan dampak positif dan juga negatif (Farida, 2004).

Sektor yang paling berdampak dalam peningkatan emisi berasal dari sektor transportasi akibat meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan. Gangguan yang sering timbul adalah polusi. Kendaraan merupakan sumber pencemaran udara paling besar di daerah perkotaan, sekitar 60-85% berasal dari emisi kendaraan bermotor. Sektor transportasi menjadi penyebab tingginya pencemaran udara karena membutuhkan bahan bakar minyak (BBM) dalam mengoperasikan kendaraan, saat menggunakan kendaraan atau transportasi yang memakai bahan bakar minyak akan mengeluarkan senyawa seperti oksida-oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO), oksida-oksida sulfur (SO_x), total hidrokarbon (THC), dan *Total Suspended Particulate* atau debu (TSP) (Jalaluddin, 2021).

Kota Makassar menjadi salah satu kota di kawasan timur Indonesia yang berkembang, sehingga pertumbuhan di sektor bidang transportasi sangat pesat. Perkembangan ini mengakibatkan banyaknya kendaraan bermotor yang digunakan. kendaraan yang paling meningkat adalah kendaraan pribadi dan umum selain roda empat. Akibat peningkatan ini tentu akan mengakibatkan tingginya paparan emisi kendaraan. Salah satu senyawa yang dihasilkan dari kendaraan bermotor adalah karbon dioksida (CO_2), senyawa ini adalah hasil pembakaran yang sempurna dari kendaraan bermotor (Jalaluddin, 2021).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Makassar, terjadi peningkatan jumlah kendaraan pada 3 tahun terakhir yaitu pada tahun 2019 hingga tahun 2021, pada tahun 2019 jumlah kendaraan yang terdaftar sebanyak 903.902 ribu, 905.074, dan 908.231. dari data tersebut kita bias melihat bahwa setiap tahun jumlah kendaraan meningkat 1,10% setiap tahun nya, meningkatnya volume kendaraan tentu membuat emisi CO₂ ikut meningkat. Meningkatnya kandungan CO₂ di udara dapat meningkatkan gas rumah kaca di atmosfer sehingga mengakibatkan naiknya suhu udara rata-rata di bumi (Badan Pusat Statistik,2022).

Gas rumah kaca di dunia terus meningkat setiap tahun nya, pada tahun 1988, *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* pada laporannya menyatakan bahwa setiap tahun akan terjadi kenaikan suhu rata-rata sebesar 0,3°C perdekade, hal ini mengakibatkan pada tahun 2025 suhu rata-rata akan naik sekitar 2°C dan sekitar 4°C pada tahun 2100 (Sands, 2018).

Pada indeks pemanasan global Gas Rumah Kaca yang di lansir oleh Menteri Lingkungan Hidup pada tahun 1999. Jenis-jenis gas rumah kaca yaitu Karbon Dioksida (CO₂), Metana (CH₄), Nitro Oksida (N₂O), Hydrofluorocarbon (HFCs), dan sulfur hexafluoride (SF₆). Pada gas tersebut, masing masing gas memiliki efektivitas yang berbeda, untuk gas CO₂ sebesar 1 ton CO₂ eq dan Metana sebesar 21 ton CO_{2eq} yang artinya efektivitas metana dalam menyerap panas lebih besar 21 kali dibanding karbon dioksida. Meskipun CO₂ mempunyai potensi pemanasan paling kecil, tetapi karena konsentrasi di atmosfer yang paling besar dibanding gas rumah kaca, maka CO₂ yang menjadi bahan perhatian dunia karena menjadi isu penyebab utama pemanasan global (Samiaji, 2009).

Salah satu cara mengurangi dampak emisi gas rumah kaca yaitu dengan meningkatkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di perkotaan, Ruang terbuka hijau sebagai salah satu cara menangani emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pergerakan transportasi. Tanaman membutuhkan senyawa karbon dioksida (CO₂) untuk melakukan fotosintesis sehingga kadar CO₂ di udara dapat tereduksi dengan adanya vegetasi. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 tentang penataan ruang, kebutuhan ruang terbuka hijau di perkotaan diharuskan mencapai 30% dari luas wilayahnya, 30% ini mencakup 10% luas ruang terbuka hijau privat

dan 20% luas ruang terbuka hijau public (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2007).

Berdasarkan hal tersebut maka perlunya dilakukan penelitian untuk menganalisis kebutuhan ruang terbuka hijau eksisting dalam menyerap emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di jalan A. Pettarani, Kota Makassar. Sehingga peneliti mengambil judul yaitu **“Analisis Penyerapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Kendaraan Bermotor pada Jalan A. Pettarani Kota Makassar”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dengan mengetahui jumlah daya serap vegetasi jalan dan besaran beban emisi kendaraan bermotor, maka dapat di rumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana besaran beban emisi karbon dioksida (CO₂) kendaraan bermotor di Jalan A. P. Pettarani?
2. Bagaimana kemampuan penyerapan emisi karbon dioksida (CO₂) vegetasi jalur hijau jalan di Jalan A. P. Pettarani?
3. Bagaimana ketersediaan vegetasi jalur hijau di Jalan A.P. Pettarani Kota Makassar berdasarkan emisi karbon dioksida (CO₂) kendaraan bermotor?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun beberapa tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis besaran beban emisi karbon dioksida (CO₂) kendaraan bermotor di Jalan A. P. Pettarani.
2. Menganalisis kemampuan penyerapan emisi karbon dioksida (CO₂) vegetasi ruang jalur hijau jalan di Jalan A. P. Pettarani.
3. Menganalisis ketersediaan vegetasi jalur hijau di Jalan A.P. Pettarani Kota Makassar terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) kendaraan bermotor.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis

Sebagai syarat untuk menyelesaikan stufi dan mendapatkan gelar S.T (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Universitas
Dapat di jadikan sebagai refrensi bagi generasi-generasi selanjutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan khususnya yang mengambil konsentrasi di bidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, pembuatan laporan praktium atau dalam tahap penyusunan tugas akhir.
3. Bagi Masyarakat
Memberikan pengetahuan bagi masyarakat yang beraktivitas di Jalan A. Pettarani Kota Makassar mengenai tingkat konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dan dampak yang dapat ditimbulkan.
4. Bagi Pemerintah
Sebagai referensi kebijakan dalam merencanakan pembangunan dan peningkatan jalur hijau jalan perkotaan dengan perspektif kebutuhan pentingnya pengurangan emisi karbon dioksida (CO₂) dari kendaraan bermotor di Kota Makassar

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian meliputi lingkup substansi penelitian dan lingkup wilayah penelitian dan lingkup parameter uji vegetasi tanaman dalam penyerapan emisi karbon dioksida (CO₂) kendaraan bermotor, sebagai berikut:

1. Parameter yang digunakan dalam pemantauan adalah emisi karbon dioksida (CO₂) dan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) pada udara ambien.
2. Lokasi penelitian berada di sepanjang Jalan A. Pettarani, Kota Makassar. Pertimbangan lokus penelitian karena jalan ini merupakan jalan Arteri Primer dengan status jalan nasional yang dengan volume kendaraan harian relative cukup besar dibanding jalan-jalan lainnya yang menghubungkan kawasan fungsional perkotaan Kota Makassar dengan beberapa ibukota kabupaten di bagian Selatan Provinsi Sulsel.
3. Pengambilan data lapangan di lokus studi dilakukan selama 3 hari yaitu pada tanggal 15 November 2022 – 18 November 2022 selama 3 jam dengan interval 15 menit setiap jam, pada jam puncak pagi yaitu pukul 07:00 - 09:00 Wita, jam puncak siang pada pukul 11:00 – 13:00 Wita, dan jam puncak sore pada pukul 15:00 - 17:00 Wita.

1.6 Batasan Studi

Batasan-batasan studi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel volume kendaraan bermotor hanya dihitung pada kendaraan yang melewati Jalan A. P. Pettarani hingga jalan Urip Sumoharjo sehingga kendaraan yang melewati Jalan A. P. Pettarani menuju jalan Tol Reformasi melalui *flyover* tidak dihitung.
2. Pengambilan data jumlah vegetasi hanya diambil pada ruang terbuka hijau jalur hijau jalan sehingga ruang terbuka hijau toko dan taman kota tidak dihitung.
3. Waktu pengambilan data diambil pada hari kerja yaitu hari senin hingga hari jumat sehingga hari libur yaitu pada hari sabtu dan minggu tidak dihitung.
4. Perhitungan beban emisi kendaraan bermotor berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 yaitu kendaraan dengan bahan bakar bensin dan solar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

2.1.1 Pengertian Pencemaran Udara

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Bila keadaan seperti ini terjadi maka udara dikatakan telah tercemar, kenyamanan hidup terganggu. (Chamid,2017)

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien yang disebabkan oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Pencemaran udara adalah kondisi udara yang tercemar dengan adanya bahan, zat-zat asing atau komponen lain di udara yang menyebabkan berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya.(Farida,2004)

Gas beracun atau biasa juga disebut polusi udara atau pencemar udara merupakan sumber pencemaran udara terbesar di atmosfer yang sebagian besar dihasilkan dari kendaraan bermotor di udara jika di atas ambang batas sangat mengganggu kehidupan makhluk hidup termasuk manusia (Iskandar & Juanda,2018).

2.1.2 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca adalah sejumlah gas yang menimbulkan efek rumah kaca. gas rumah kaca yang dapat menyebabkan efek rumah kaca tidak muncul secara alami dari lingkungan, namun terjadi karena aktivitas manusia. Dampak pencemar

udara berskala lokal, sedangkan dampak GRK berskala global (Gunawan, 2013) dalam (Nugrahaeni et al, 2018).

Gas yang ada di atmosfer sangat banyak, namun gas yang utama adalah gas CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFCs, dan SF₆. Sedangkan gas utama yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar adalah gas CO₂, bahan bakar lainnya seperti CO, CH₄, N₂O adalah hasil sintesis, gas rumah kaca yang mendominasi dan memberikan dampak paling tinggi adalah gas CO₂ (Boer et a, 2012) dalam (Nugrahaeni et al,2018).

Gas-gas rumah kaca yang paling berperan dalam pemanasan global saat ini adalah CO₂, CH₄, NO, dan CFC. Rusaknya hutan-hutan yang dapat menjadi tempat penyimpanan gas CO₂ menjadi salah satu penyebab pemanasan global. Bila hutan sering ditebang, maka di masa yang akan datang, hutan akan musnah sehingga tidak ada tempat atau daerah resapan air dan penyerap karbon dioksida yang dihasilkan oleh kendaraan (Susilo,2019) dan (Hari,2019) dalam (Trisetio 2022).

3.1.3 Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat pada satu atom karbon. Ini adalah gas tak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar yang secara alami hadir di atmosfer bumi. Karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca yang paling penting dan berperan dalam mempengaruhi perubahan iklim global.

Karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer melalui berbagai aktivitas manusia dan alam. Beberapa sumber utama termasuk pembakaran bahan bakar fosil (seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam), penggundulan hutan, dan kegiatan industri. Proses alami seperti pernapasan hewan dan aktivitas vulkanik juga menyumbang CO₂ ke atmosfer.

Karbon dioksida memiliki dua sifat yaitu:

- Sifat fisik: gas tak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar.
- Sifat kimia: tidak reaktif secara langsung dengan banyak zat, tetapi dapat bereaksi dengan air untuk membentuk asam karbonat.

Karbon dioksida dapat mempengaruhi iklim dunia, pengaruh- pengaruh tersebut seperti:

- Karbon dioksida (CO₂) merupakan gas rumah kaca yang berperan dalam menjaga suhu bumi.
- Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer menyebabkan peningkatan efek rumah kaca, yang dapat mengakibatkan pemanasan global dan perubahan iklim.

Dampak negatif gas CO₂ terhadap manusia adalah udara mengandung 20,95% oksigen. Ketika paru-paru menghirup, oksigen akan diserap ke dalam darah dan membentuk oksihemoglobin sebanyak 98,5% dan sebanyak 1,5% larut dalam plasma darah. Selain oksigen udara juga mengandung gas CO₂. Ketika udara dihirup gas CO₂ akan larut ke dalam plasma darah dan sebagian lagi diikat oleh hemoglobin membentuk Hb-CO₂ (karbomino hemoglobin). Gas CO₂ di dalam darah terdapat dalam 3 bentuk yaitu:

- CO₂ terlarut (10% dari seluruh gas CO₂ yang masuk dalam sel darah)
- CO₂ + Hb → Hb-CO₂: Karbomino- hemoglobin yang merupakan ikatan hemoglobin dengan molekul CO₂ (30%)
- CO₂ + H₂O → HCO₃⁻: larut dalam plasma darah yang membentuk asam bikarbonat, atas bantuan enzim karbonik anhidrase (60%)

Pada lingkungan yang konsentrasi gas CO₂ nya tinggi gas ini dapat menjadi ancaman bagi kesehatan manusia, kadar gas CO₂ yang dapat mengancam kesehatan manusia lebih dari 1,5%. Jika kadar gas ini melebihi 3% dapat mengakibatkan gejala sakit kepala dan kelelahan yang disertai dengan napas cepat, hilang kesadaran bahkan kematian. Oleh sebab itu konsentrasi di udara ambien diusahakan tidak lebih dari 0,5% (Dahlan, 2007).

Upaya – Upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi emisi Karbon Dioksida adalah (IPCC,2013).

- Transisi ke sumber energi terbarukan, penghematan energi, dan efisiensi energi.
- Pengembangan teknologi ramah lingkungan, seperti mobil listrik dan energi surya, juga berperan dalam mengurangi emisi CO₂.
- Penanaman pohon dan perlindungan hutan juga dapat membantu mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer.

2.2 Ruang Terbuka Hijau

2.2.1 Pengertian Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka adalah ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas, baik dalam bentuk area memanjang atau jalur dimana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan. Ruang terbuka terdiri atas ruang terbuka hijau dan ruang terbuka non hijau.

Ruang terbuka hijau didefinisikan sebagai area memanjang dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Ruang terbuka non hijau, adalah ruang terbuka di wilayah perkotaan yang tidak termasuk dalam kategori RTH, berupa lahan yang diperkeras maupun yang berupa badan air. Merujuk kepada undang-undang tersebut, RTH tidak diatur dalam perencanaan tata ruang wilayah nasional dan provinsi, tetapi pada rencana tata ruang wilayah kota / kabupaten (Prinajati, 2019).

Ruang terbuka hijau adalah area memanjang atau jalur dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh tanaman secara alami maupun sengaja ditanam. Ruang terbuka hijau memberikan manfaat langsung yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan dan manfaat tidak langsung yaitu pembersih udara yang sangat efektif, salah satunya dalam membersihkan udara di kawasan perkotaan dari polusi kendaraan bermotor (Ma'arif & Setiawan, 2016).

Ruang terbuka hijau menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2008, Ruang terbuka hijau adalah area memanjang / jalur dan / atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun sengaja ditanam.

2.2.2 Fungsi Ruang Terbuka Hijau

Fungsi ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan menurut Peraturan Pemerintah No.5 tahun 2008 yaitu:

- A. Fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologi:
- Memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari system sirkulasi udara (paru-paru kota)
 - Pengatur Iklim Mikro agar system sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar
 - Sebagai peneduh
 - Produsen oksigen
 - Penyerap air hujan
 - Penyedia habitat satwa
 - Penyerap polutan media udara, air, dan tanah
 - Penahan angin
- B. Fungsi tambahan (eksintrik)
1. Fungsi sosial dan budaya
 - MengGambarkan ekspresi budaya local
 - Merupakan media kominikasi warga kota
 - Tempat rekreasi
 - Wadah dan objek Pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam
 2. Fungsi ekonomi
 - Sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur mayur
 - Bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain
 3. Fungsi estetika
 - Meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lansekap kota secara keseluruhan
 - Menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota
 - Pembentuk factor keindahan arsitektural
 - Menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun.

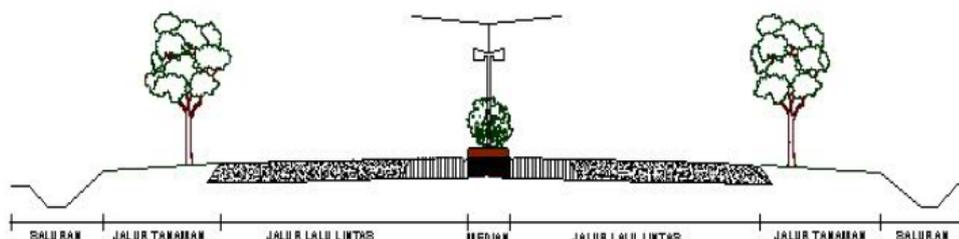
Menurut Prinajati (2018) mengutip Saraswati (2008), fungsi ruang terbuka hijau yaitu:

- A. Ameliorasi iklim. Ruang terbuka hijau dapat mempengaruhi dan memperbaiki iklim mikro. Ruang terbuka hijau menghasilkan O₂ dan uap air (H₂O) yang menurunkan suhu serta menyerap CO₂. CO₂
- B. Perlindungan terhadap terpaan angin dan peredam suara. Tanaman berfungsi sebagai pemarah angin dengan mengurangi kecepatan angin yang mengakibatkan laju angin yang berhembus akan menurun.
- C. Perlindungan terhadap terik sinar matahari. Tanaman dalam RTH akan mengintersepsi dan memantulkan radiasi sinar matahari untuk fotosintesis dan transpirasi sehingga di bawah tajuk akan terasa lebih sejuk.

2.2.3 Jalur Hijau Jalan

Jalur Hijau Jalan adalah salah satu bentuk bagian Ruang Terbuka Hijau. Penataan jalur hijau jalan dibatasi dalam ruang tanam daerah milik jalan berupa: trotoar, bahu jalan, median, jalur separator, dan pulau - pulau jalan (Purnomohadi,2004).

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, Jalur Hijau Jalan dapat disediakan dengan penempatan tanaman antara 20% - 30% dari ruang milik jalan. Dalam memilih jenis tanaman, hal yang perlu diperhatikan adalah fungsi dan syarat penempatan tanaman.



Gambar 1. Tata Letak Jalur Hijau Jalan

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2012

Berdasarkan fungsi dan syarat penempatan tanaman. Jalur hijau dapat dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

1. Jalur hijau sebagai peneduh
2. Jalur hijau sebagai penyerap polusi udara
3. Jalur hijau sebagai peredam kebisingan
4. Jalur Hijau sebagai pemecah angin
5. Jalur hijau sebagai pembatas pandang

Jalur hijau jalan dikelompokkan menjadi tiga struktur, yaitu daerah sisi jalan, median jalan, dan pulau jalan.

1. Sisi Jalan: Jalur yang berada di sisi jalan memiliki fungsi sebagai keselamatan dan kenyamanan pemakai jalan, lahan untuk pengembangan jalan, zona penyangga, Kawasan untuj membangun fasilitas pelayanan serta perlindungan terhadap bentukan alam.
2. Median Jalan: Jalur yang berada di median jalan yang berfungsi sebagai pemisah dan pembagi jalan menjadi dua jalur atau lebih yang dapat menjadi pencegah terjadinya tabrakan antara kendaraan yang berlawanan arah.
3. Pulau Jalan: Jalur yang terbentuk oleh geometris jalan seperti pada persimpangan atau bundaran jalan.

2.2.4 Standar Besaran Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan SNI 03-1733-2004, wilayah perkotaan di Indonesia membutuhkan areal RTH sebesar $15\text{m}^2/\text{orang}$, sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 RTH perkotaan sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% RTH publik dan 10% RTH privat. Proporsi 30% adalah ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota dalam ketersediaan udara bersih dan meningkatkan nilai estetika kota. RTH di perkotaan terbagi atas 7 bagian yaitu:

A. RTH Taman Kota

RTH taman kota adalah taman yang ditujukan untuk melayani penduduk satu kota. Taman ini melayani minimal 480.000 penduduk dengan standar minimal $0,3\text{ m}^2$ per penduduk kota.

Jenis vegetasi yang dipilih berupa pohon tahunan, perdu, dan semak ditanam secara berkelompok atau menyebar fungsi sebagai pohon pencipta iklim mikro atau sebagai pembatas antar kegiatan.

B. Hutan Kota

Tujuan penyelenggaraan hutan kota sebagai penyangga lingkungan kota berfungsi sebagai:

1. Memperbaiki dan menjaga iklim mikro dan nilai estetika
2. Meresapkan air
3. Menciptakan keseimbangan dan keserasian lingkungan fisik kota
4. Mendukung pelestarian dan perlindungan keanekaragaman hayati Indonesia

Struktur hutan kota dapat terdiri atas:

1. Hutan kota berstrata dua, yaitu hanya memiliki komunitas tumbuh-tumbuhan pepohonan dan rumput
2. Hutan kota berstrata banyak, yaitu memiliki komunitas vegetasi selain dari pepohonan dan rumput, juga terdapat semak dan penutup tanah dengan jarak tidak beraturan.

C. Sabuk hijau

Sabuk hijau merupakan RTH yang berfungsi sebagai daerah penyangga dan pembatas perkembangan suatu penggunaan lahan atau aktivitas satu dengan aktivitas lainnya agar tidak terganggu

D. RTH Jalur Hijau Jalan

RTH jalur jalan hijau dapat disediakan dengan penempatan tanaman antara 20-30% dari ruang milik jalan sesuai dengan kelas jalan. Dalam menentukan pemilihan jenis tanaman diperlukan 2 hal yang perlu di perhatikan yaitu fungsi tanaman dan persyaratan penempatan.

E. RTH Ruang Pejalan Kaki

Ruang pejalan kaki adalah ruang yang disediakan bagi pejalan kaki pada kiri-kanan jalan atau didalam taman. Ruang pejalan kaki yang dilengkapi dengan RTH harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

1. Kenyamanan, adalah cara mengukur kualitas fungsional yang ditawarkan oleh sistem pedestrian
 2. Karakter fisik
 3. Pedoman teknis lebih rinci untuk jalur pejalan kaki dapat mengacu pada Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 468 tahun 1998, tentang persyaratan teknis aksesibilitas pada bangunan umum dan lingkungan dan pedoman penyediaan dan pemanfaatan prasarana dan sarana ruang pejalan kaki
- F. RTH terbuka hijau di bawah jalan layang
- Penyediaan RTH di bawah jalan layang berfungsi sebagai:
1. Area resapan air
 2. Area di bawah tertata rapi, asri dan indah
 3. Menghindari kekumuhan dan lokasi tuna wisma
 4. Menghindari permukiman liar
 5. Menutupi bagian-bagian struktur jalan yang tidak menarik
 6. Memperlambat bagian / struktur bangunan yang berkesan kaku
- G. RTH fungsi Tertentu
- RTH fungsi tertentu adalah jalur hijau antara lain RTH sempadan rel kereta api, RTH jaringan listrik tegangan tinggi, RTH sempadan sungai, RTH sempadan pantai, RTH sempadan danau, RTH pengamanan sumber air baku.

2.2.5 Perhitungan Daya Serap CO₂ Vegetasi

Untuk mengetahui kemampuan daya serap CO₂ menggunakan perhitungan luas tajuk, diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung diameter rata-rata kanopi

$$D \text{ rata - rata} = \frac{D \text{ terpanjang} + D \text{ terpendek}}{2} \quad (1)$$

Dimana:

D: Diameter

2. Menghitung luas tajuk per vegetasi yang diperoleh dari diameter tajuk lalu dilakukan perhitungan dengan persamaan luas bangun:

$$L = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2)$$

Dimana:

L: Luas Vegetasi (m)

D: Diameter tajuk (m)

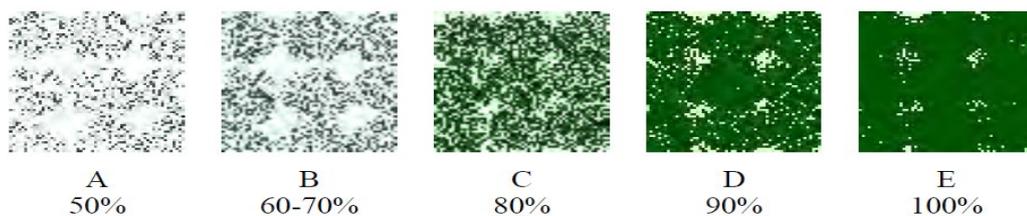
3. Menghitung daya serap CO₂ per jenis vegetasi

$$\text{Daya Serap CO}_2 \text{ Jenis Vegetasi} = LT \times \left(\frac{\text{Koefisien Daya Serap CO}_2 \times \text{Kerapatan Tajuk}}{100} \right) \quad (3)$$

Dimana:

LT: Luas Tajuk

Penentuan persentase kerapatan tajuk berdasarkan pada penilaian secara visual. Penilaian ini bersifat subjektif sehingga dibutuhkan sebuah acuan dalam menentukan kerapatan tajuk. Kerapatan tajuk ditentukan berdasarkan ketebalan tutupan daun dalam satu area, penentuan asumsi kerapatan tajuk dilakukan berdasarkan pengembangan dari penelitian terdahulu. Acuan visualisasi kerapatan tajuk dapat dilihat pada Gambar 2 (Murti,2015).



Gambar 2. Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk

Koefisien daya serap CO₂ untuk beberapa jenis tutupan tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. 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	1.559,10	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, dkk (2002)

2.3 Kendaraan Bermotor dan Emisi

Kendaraan bermotor adalah alat transportasi darat yang digerakkan oleh peralatan Teknik. Alat transportasi darat dengan menggunakan mesin ini sering dikenal dengan mobil dan motor. Kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam, digerakkan oleh manusia dan menggunakan bahan bakar minyak atau tenaga alam (Wakhid,2018)

Berdasarkan Manual Kapastias Jalan Indonesia (1997), kendaraan bermotor dibagi atas 3 yaitu:

1. Kendaraan Ringan (LV): Kendaraan bermotor dengan 4 roda dan dengan jarak diantara 2-3 m meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil
2. Kendaraan Berat (HV): Kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda meliputi bus, dan truk berat
3. Sepedar Motor (MC): Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 12 tahun 2010, jenis kendaraan bermotor di bagi menjadi 4 bagian yaitu sepeda motor, mobil penumpang, bis, dan truck. Dalam menghitung besaran emisi kendaraan bermotor pada suatu jalan, jenis kendaraan diperluas menjadi 11 jenis kendaraan yaitu Sepeda Motor, Sedan, Van / Minibus, Taksi, Angkot, Bis Sedang, Bis Besar, Pickup, Truck 2 as, Truck 3 as, dan Jeep karena jumlah ekonomi bahan bakar setiap kendaraan yang berbeda.

Kategori kendaraan bermotor menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 sebagai berikut.

Tabel 2 Kategori Kendaraan Dalam Menghitung Beban Pencemaran Udara

Kategori untuk perhitungan beban pencemaran udara	Sub- kategori untuk perhitungan beban pencemaran udara
Sepeda Motor	Roda 2
	Roda 3
Mobil Bensin	Sedan

Kategori untuk perhitungan beban pencemaran udara	Sub- kategori untuk perhitungan beban pencemaran udara
Mobil Bensin	Jeep Bensin
	Van / Minibus
	Taksi
	Angkotan Kota
	Pick-up Bensin
Mobil Solar	Jeep Solar
	Van / Minibus Solar
	Pick-Up Solar
Mobil	Sedan
	Jeep
	Van / Minibus
	Taksi
	Angkotan Kota
	Pick-Up
Bis	Metromini
	Bis
Truck	Truck dan Alat Berat

2.3.1 Komponen Emisi

Komponen emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor dalam bentuk gas melalui knalpot kendaraan bermotor diantaranya:

A. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas yang tidak berbau, tidak berasa, dan juga tidak berwarna. Keberadaan karbon monoksida di alam tidak dapat dilihat, akan tetapi jumlah karbon monoksida yang melebihi ambang batas akan berdampak buruk bagi Kesehatan (Wakhid,2018)

B. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon (HC) adalah emisi yang timbul karena bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar Bersama-sama gas buang menuju atmosfer. Hidrokarbon sering dihasilkan melalui aktivitas transportasi. Sektor transportasi merupakan sumber polutan terbanyak yaitu lebih dari 50% dari jumlah sumber-

sumber lainnya. Pelepasan hidrokarbon dari kendaraan bermotor disebabkan oleh emisi minyak bakar yang digunakan dalam kendaraan bermotor melalui proses pembakaran yang tidak sempurna. (Wakhid,2018)

C. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen Oksida (NO_x) adalah emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Senyawa ini merupakan gas bekas kendaraan yang beracun yang umumnya gas bekas kendaraan tidak beracun seperti N₂, CO₂, dan H₂O. Gas buang yang beracun merupakan sebagian kecil dari volume gas bekas kendaraan bermotor yang menyebabkan polusi udara. (Fatnawati,2018)

D. Sulfur Oksida (SO_x)

Emisi SO_x terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas dapat menjadi penyebab terbentuknya SO_x emisi (Fatmawati,2018). Sulfur Oksida (SO_x) dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk, sesak nafas, dan meningkatkan asma (Muziansyah,2015)

E. PM₁₀ (Particulate Matter)

PM₁₀ adalah debu partikulat yang dihasilkan dari emisi gas buangan kendaraan. Sekitar 50% - 60% dari partikel melayang merupakan debu berdiameter 10 µm. Debu ini bersifat mudah terhirup dan masuk ke dalam paru-paru sehingga dapat merusak sistem pernafasan, selain dapat merusak sistem pernafasan debu ini dapat menyebabkan iritasi pada bagian mata. (Muziansyah, 2015)

2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Emisi Kendaraan Bermotor

Faktor yang menyebabkan dominannya pengaruh sector transportasi dalam hal ini kendaraan bermotor terhadap pencemaran udara di perkotaan antara lain: (Soedono,2001)

- A. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat
- B. Tidak seimbangny sarana prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada
- C. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat
- D. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada
- E. Kesamaan waktu aliran lalu lintas

- F. Jenis, umur, dan karakteristik kendaraan bermotor
- G. Jenis bahan bakar yang digunakan
- H. Factor perawatan kendaraan
- I. Jenis permukaan jalan

2.3.3 Dampak Emisi

Emisi kendaraan bermotor diyakini mengakibatkan dan mempunyai kontribusi yang luas terhadap gangguan kesehatan masyarakat. Gangguan yang sering terjadi akibat emisi kendaraan bermotor adalah: gangguan saluran pernafasan, sakit kepala, iritasi mata, mendorong terjadinya serangan asma, dan penyakit jantung. Penelitian terakhir menemukan bahwa emisi kendaraan bermotor dapat menyebabkan kanker. (Wakhid, 2018)

Pengaruh emisi gas buang kendaraan bermotor tersebut terhadap Kesehatan adalah dapat menyebabkan iritasi dan pengotoran saluran pernafasan organ pernafasan. Hal ini dapat disebabkan oleh sulfur, NO_x , ozon dan komponen lain. Dalam waktu yang lama, kondisi tersebut akan berkembang dan dapat mengakibatkan bronchitis, gangguan paru-paru, dan pneumonia, gas buang kendaraan dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi timah (Pb) dalam darah yang dapat menyebabkan penurunan kemampuan absorpsi oksigen (O_2) (Wakhid, 2018)

2.3.4 Besaran Emisi Kendaraan Bermotor

Tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan bermotor, sehingga rumus perhitungan besaran emisi dari kendaraan bermotor adalah

$$Q = \frac{n \times L \times f \times p}{FE} \quad (4)$$

Dimana:

Q: Besaran emisi (g/jam)

n: jumlah kendaraan (kendaraan/jam)

L: Panjang jalan (Km)

F: factor emisi (g/L)

p: Massa Jenis bensin (L/Km)

FE: *Fuel Economy* (Km/L)

2.3.5 Faktor Emisi

Faktor emisi atau faktor serapan untuk perubahan penutupan lahan adalah perbedaan jumlah cadangan karbon akibat perubahan suatu tipe penutupan lahan tertentu menjadi penutupan lahan lain. Faktor emisi dapat diperoleh dengan menggunakan data acuan cadangan karbon dari semua tipe penutupan lahan. Angka acuan yang mewakili setiap tipe penutupan lahan dibangun berdasarkan hasil penelitian atau inventarisasi nasional di berbagai lokal yang kemudian dirata-ratakan. (Tosiani,2015).

Faktor emisi adalah nilai representatif yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan. Faktor - faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan atau durasi dari komponen kegiatan yang mengemisikan polutan tersebut (Ray Sihotang,2019). Faktor emisi merupakan besarnya emisi yang dilepaskan ke dalam udara ambien dalam suatu kegiatan untuk setiap satuan bahan bakar yang digunakan atau intensitas kegiatan yang dilakukan. Faktor emisi kendaraan bermotor dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

- A. Karakteristik geografi
- B. Karakteristik bahan bakar
- C. Teknologi kendaraan
- D. Pola Kecepatan

(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 12 tahun 2010)

Berikut faktor emisi kendaraan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010. .

Tabel 3. Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

Jenis Kendaraan	Faktor Emisi CO ₂ (g/Kg BBM)
Sepeda Motor	3180
Mobil Sedan	3178
Van / Minibus	3178

Jenis Kendaraan	Faktor Emisi CO ₂ (g/Kg BBM)
Taksi	3180
Bis Sedang	3172
Bis Besar	3172
Pick Up	3178
Jeep	3178
Angkot	3180
Truck 3 as	3172
truck 2 as	3172

2.3.6 Beban Emisi

Beban emisi adalah emisi yang masuk ke dalam udara ambien akibat kegiatan yang dilakukan di suatu daerah selama waktu tertentu. Menurut Pedoman Penyelenggaraan inventarisasi GRK oleh Boer, et al., (2012) metode yang digunakan menggunakan istilah “Tier” dalam membagi ketelitian dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK. Tier ini dibagi atas tiga yaitu:

- A. Tier 1, Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan mendasar dan faktor emisi yang disediakan di *IPCC Guideline*, data yang digunakan bersumber dari sumber data global.
- B. Tier 2, perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci dibanding tier sebelumnya, data yang digunakan adalah data dari hasil pengukuran langsung dan dari sumber data nasional
- C. Tier 3, metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang paling rinci yaitu dengan pendekatan modelling dan sampling. Dengan pendekatan modelling factor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga data emisi dan serapan memiliki tingkat kesalahan yang minim.

Pada penelitian ini tier yang digunakan adalah tier 2 karena data yang digunakan berdasarkan pengukuran langsung dan hasil pengujian data bersumber dari data nasional yaitu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 12 tahun 2010. Berikut ekonomi bahan bakat setiap kendaraan bermotor.

Tabel 4. Ekonomi Bahan Bakar Setiap Kendaraan Bermotor

Jenis Kendaraan	Ekonomi Bahan Bakar
Sepeda Motor	28
Mobil Sedan	9,8
Van / Minibus	8
Taksi	8,7
Bis Sedang	4
Bis Besar	3,5
Pick Up	8,5
Jeep	8
Angkot	7,5
Truck 3 as	4
truck 2 as	4,4

2.3.7 Konsumsi Energi Spesifik

Tabel 5. Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

Jenis Bahan Bakar	Berat Jenis (Kg/Liter)
Bensin	2,66
Solar	11,79

Sumber: BPPT, 2010

2.3.8 Kemampuan Daya Serap CO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau

Setelah diketahui perhitungan total emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dan perhitungan kemampuan daya serap CO₂ tumbuhan yang ada di Ruang Terbuka Hijau maka dapat dilakukan perhitungan emisi yang tidak dapat diserap oleh vegetasi Ruang Terbuka Hijau. Perhitungan jumlah emisi CO₂ yang tidak dapat diserap ini digunakan dalam analisis ketersediaan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan kebutuhan terhadap penyerapan emisi CO₂ kendaraan bermotor dengan menggunakan persamaan (5) (Trisetio, 2022).

$$\text{Sisa Emisi CO}_2 = E_k - \text{Daya Serap CO}_2 \quad (5)$$

Keterangan:

Ek : Total emisi kendaraan pada Jalan (i)

Daya Serap CO₂ : Daya serap CO₂ pada vegetasi jalur hijau jalan (i)