

**ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP
PENYERAPAN BEBAN EMISI CO₂ PADA JALAN METRO TANJUNG
BUNGA KOTA MAKASSAR**



**SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT
D131 20 1004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP
PENYERAPAN BEBAN EMISI CO₂ PADA JALAN METRO TANJUNG
BUNGA KOTA MAKASSAR**

**SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT
D13 120 1004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP
PENYERAPAN BEBAN EMISI CO₂ PADA JALAN METRO TANJUNG
BUNGA KOTA MAKASSAR**

SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT

D131201004

Skripsi

UNIVERSITAS HASANUDDIN

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana
Departemen Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP PENYERAPAN BEBAN EMISI CO₂ PADA JALAN METRO TANJUNG BUNGA KOTA MAKASSAR

SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT
D131201004

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 27 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU.
NIP. 1958122819860112001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penyerapan Beban Emisi CO₂ Pada Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 27 Agustus 2024



42E33, X403174419
SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT
D131201004

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhana Wata'ala, karena atas Rahmat-Nya, skripsi dengan judul "Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penyerapan Beban Emisi CO₂ di Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar" dapat terselesaikan dengan lancar.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari terdapat berbagai hambatan dan rintangan, namun berkat bantuan dari berbagai pihak dalam dukungan doa, moral, materi, dan semangat kepada penulis, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Terimakasih tak terhingga penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini :

1. Cinta pertamaku ayahanda Muh. Hidayat Hakim dan pintu surgaku ibunda Sriwulan Agustyawaty Osman yang tiada hentinya mengupayakan yang terbaik untuk kehidupan penulis dan selalu memberikan dukungan, doa, serta kasih sayang yang tidak terhitung sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya saat ini.
2. Adik-adik tersayang (Saiful, Safirah, dan Shabrina) yang selalu memberi dukungan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
3. Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. IPU. Sebagai pembimbing yang telah memberi arahan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ir. Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng dan Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T. IPM. Selaku tim penguji.
5. Seluruh staff Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis dalam pengurusan administrasi selama perkuliahan.
6. Seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Zia'ul Achmad Syafa'at Faisal yang selalu setia mendampingi, membantu, mendukung, menghibur, mendengar keluh kesah, serta memberikan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman seperjuangan Ainun Khairunnisa dan Sitti Nur Asfani Rifai yang selalu siap mengulurkan tangan untuk membantu penulis dan memberikan telinganya untuk mendengarkan segala keluh kesah penulis.
8. Teman-teman grup ciwi pizza (Nuraulia, Waode, Aurel, Johana) yang terus memberi dukungan dan menemani penulis sejak awal perkuliahan hingga detik ini.
9. Teman-teman SMA (Firah, Tima, Febry, Awi, Raka, Sahil) yang menemani penulis sejak SMA hingga saat ini.
10. Seluruh teman Lingkungan 20 yang sudah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

Penulis,

Salwa Nurshafitri Hidayat

ABSTRAK

SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT. **Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penyerapan Beban Emisi CO₂ Pada Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar** (dibimbing oleh Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. IPU.).

Latar Belakang. Seiring berjalannya waktu pertumbuhan penduduk terus bertambah dan ilmu pengetahuan terus berkembang. Perkembangan ini membuat industri-industri semakin mengembangkan produk-produk mereka salah satunya yaitu alat transportasi. Kota Makassar sebagai kota metropolitan yang menjadi pusat segala kegiatan tentunya tidak lepas dari aktivitas transportasi. Seperti yang diketahui bahwa transportasi sebagai penyumbang terbanyak pencemar di udara yaitu sebesar 60% dengan jenis beban emisi yang dikeluarkan yaitu CO₂. Jalan Metro Tanjung Bunga merupakan salah satu jalan arteri primer di Kota Makassar yang menghubungkan antara Kabupaten Gowa dan Kota Makassar dengan aktifitas lalu lintas cukup padat, oleh karena itu diperlukan penelitian tentang kemampuan penyerapan emisi CO₂ oleh vegetasi pada jalan ini. Tujuan dari penelitian secara umum yaitu untuk mengevaluasi ketersediaan ruang terbuka hijau di Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar terhadap penyerapan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan bermotor yang melintas pada jalan tersebut. **Metode.** Untuk mengetahui penyerapan emisi CO₂ terlebih dahulu dilakukan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian kemudian membagi lokasi penelitian menjadi 7 segmen. Untuk mengetahui besarnya beban emisi dilakukan analisis dengan menggunakan pendekatan konsumsi BBM, nilai faktor emisi, koefisien konsumsi BBM, dan volume kendaraan yang merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010. Selanjutnya dilakukan analisis kemampuan penyerapan menggunakan 2 metode yaitu metode per jenis vegetasi dan per luas tajuk. **Hasil.** Total beban emisi yang dihasilkan dari 7 segmen yang ada pada Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar yaitu sebesar 2037,95 kg/jam dengan total daya serap sebesar 1807,51 kg/jam, nilai efisiensi yaitu sebesar -230,44 kg/jam atau masih tersisa sebanyak 230,44 kg/jam emisi yang belum terserap oleh vegetasi pada jalan ini, sehingga efektifitas penyerapannya juga masih kurang dari 100% atau hanya sebesar 88,69%. **Kesimpulan.** Masih membutuhkan ruang terbuka hijau sebesar 1,77 ha dengan jumlah vegetasi sebanyak 130 yang tersebar ke dalam 7 segmen.

Kata kunci: Penyerapan Emisi CO₂, Ruang Terbuka Hijau, Beban Emisi.

ABSTRACT

SALWA NURSHAFITRI HIDAYAT. **Analysis of Green Open Space Availability on the absorption of CO₂ Emission Loads From Motorized Vehicles in Metro Tanjung Bunga, Makassar City** (supervised by Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. IPU.).

Background. As time goes by population growth continues to increase and science continues to develop. This development makes industries increasingly develop their products, one of which is transportation equipment. Makassar City as a metropolitan city which is the center of all activities cannot be separated from transportation activities. As is known, transportation is the largest contributor to air pollution, namely 60%, with the type of emission load being CO₂. Tanjung Bunga Metro is one of the primary arterial roads in Makassar City which connects Gowa Regency and Makassar City with quite heavy traffic activity, therefore research is needed on the ability to absorb CO₂ emissions by vegetation on this road. The general aim of the research is to evaluate the availability of green open space on Metro Tanjung Bunga Makassar City towards the absorption of CO₂ emissions resulting from motorized vehicles passing on that road. **Method.** To determine the absorption of CO₂ emissions, a preliminary survey was first carried out to determine the condition of the research location, then divided the research location into 7 segments. To determine the magnitude of the emission load, an analysis was carried out using the fuel consumption approach, the emission factor value, fuel consumption coefficient, and vehicle volume referring to the Minister of Environment Regulation No. 12 of 2010. Next, an absorption capacity analysis was carried out using 2 methods, namely the method type of vegetation and canopy area. **Results.** The total emission load generated from 7 segments on Metro Tanjung Bunga Makassar City is 2037.95 kg/hour with a total absorption capacity of 1807.51 kg/hour, the efficiency value is - 230.44 kg/hour or still There are 230.44 kg/hour of emissions remaining that have not been absorbed by vegetation on this road, so the absorption effectiveness is still less than 100% or only 88.69%. **Conclusion.** Still requires 1.77 ha of green open space with as much vegetation as 130 which are divided into 7 segments.

Keywords: Absorption of CO₂ Emissions, Green Open Space, Emission Load.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Teori	3
1.4.1 Ruang Terbuka Hijau	3
1.4.2 Jalur Hijau Jalan	4
1.4.3 Fotosintesis dan Respirasi	7
1.4.4 Kelompok Tanaman	8
1.4.5 Kendaraan Bermotor	8
1.4.6 Pengukuran Emisi CO ₂ dari Kendaraan Bermotor	10
1.4.7 Penyerapan CO ₂ Oleh Pohon	12
1.4.8 Pengukuran Daya Serap CO ₂	12
1.4.9 Efisiensi dan Efektivitas Daya Serap CO ₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau	16
BAB II METODE PENELITIAN	17

2.1 Lokasi Penelitian	17
2.2 Waktu Penelitian	23
2.3 Rencana Penelitian	23
2.4 Peralatan yang Digunakan	24
2.5 Metode Pengambilan Data	27
2.5.1 Data Primer	27
2.5.2 Data Sekunder.....	29
2.6 Metode Pengolahan Data	29
2.6.1 Analisis Daya Serap CO ₂ Vegetasi Jalur Hijau.....	29
2.6.2 Analisis Beban Emisi Kendaraan Bermotor	31
2.6.3 Analisis Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau	32
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	35
3.1 Jumlah Tanaman Pada Jalan Metro Tanjung Bunga	35
3.1.1 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 1.....	41
3.1.2 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 2.....	42
3.1.3 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 3.....	43
3.1.4 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 4.....	44
3.1.5 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 5.....	44
3.1.6 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 6.....	45
3.1.7 Jumlah dan Jenis Vegetasi Pada Segmen 7.....	47
3.1.8 Rekapitulasi Jumlah dan Jenis Vegetasi	48
3.2 Analisis Daya Serap CO ₂ Oleh Vegetasi Pada Tiap Segmen Jalan	48
3.2.1 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 1	48
3.2.2 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 2	50
3.2.3 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 3	51
3.2.4 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 4	53
3.2.5 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 5	54
3.2.6 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 6	56
3.2.7 Kemampuan Daya Serap CO ₂ Pada Segmen 7	57
3.2.8 Rekapitulasi Kemampuan Daya Serap CO ₂	59

3.3 Analisis Beban Emisi CO ₂ Kendaraan Bermotor	60
3.3.1 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 1.....	60
3.3.2 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 2.....	63
3.3.3 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 3.....	65
3.3.4 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 4.....	67
3.3.5 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 5.....	70
3.3.6 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 6.....	72
3.3.7 Beban Emisi CO ₂ Pada Segmen 7.....	74
3.3.8 Rekapitulasi Jumlah Kendaraan dan Beban Emisi CO ₂	77
3.4 Analisis Ketersediaan Vegetasi dan Kebutuhan RTH Jalur Hijau Jalan Terhadap Beban Emisi	79
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	89
4.1 Kesimpulan	89
4.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
Tabel 1 Klasifikasi kendaraan bermotor.....	9
Tabel 2 Faktor emisi kendaraan bermotor	11
Tabel 3 Berat jenis bahan bakar	12
Tabel 4 Ekonomi bahan bakar	12
Tabel 5 Daya serap CO ₂ berdasarkan jenis tutupan vegetasi	15
Tabel 6 Daya serap CO ₂ tiap jenis vegetasi	15
Tabel 7 Batas wilayah segmen jalan	18
Tabel 8 Jenis Vegetasi pada Jalan Metro Tanjung Bunga	35
Tabel 9 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 1	41
Tabel 10 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 2	42
Tabel 11 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 3	43
Tabel 12 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 4	44
Tabel 13 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 5	44
Tabel 14 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 6	45
Tabel 15 Jumlah dan jenis tanaman pada segmen 7	47
Tabel 16 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 1	49
Tabel 17 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 2	50
Tabel 18 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 3	51
Tabel 19 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 4	53
Tabel 20 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 5	54
Tabel 21 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 6	56
Tabel 22 Daya serap CO ₂ oleh vegetasi segmen 7	58
Tabel 23 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 1	61
Tabel 24 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 2	63
Tabel 25 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 3	65
Tabel 26 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 4	67

Tabel 27 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 5.....	70
Tabel 28 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 6.....	72
Tabel 29 Jumlah kendaraan dan nilai beban emisi CO ₂ pada segmen 7.....	74
Tabel 30 Rekapitulasi nilai beban emisi CO ₂	77
Tabel 31 Rekapitulasi jumlah kendaraan.....	78
Tabel 32 Efisiensi penyerapan dan persentase penyerapan emisi CO ₂	79

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
Gambar 1 Contoh tata letak jalur hijau jalan.....	5
Gambar 2 Jalur tanaman tepi peneduh	5
Gambar 3 Jalur tanaman tepi penyerap polusi udara.....	6
Gambar 4 Jalur tanaman tepi pembatas pandang	6
Gambar 5 Jalur tanaman median penahan silau	7
Gambar 6 Kelompok tanaman	8
Gambar 7 Pengukuran dimensi tajuk tampak utara dan Selatan	13
Gambar 8 Pengukuran dimensi tajuk tampak barat dan timur	13
Gambar 9 Pengukuran dimensi tajuk tampak atas	14
Gambar 10 Visualisasi penentuan persentase kerapatan tajuk	14
Gambar 11 Lokasi penelitian	17
Gambar 12 Sketsa jalan segmen 1.....	19
Gambar 13 Sketsa jalan segmen 2.....	19
Gambar 14 Sketsa jalan segmen 3.....	20
Gambar 15 Sketsa jalan segmen 4.....	21
Gambar 16 Sketsa jalan segmen 5.....	21
Gambar 17 Sketsa jalan segmen 6.....	22
Gambar 18 Sketsa jalan segmen 7.....	23
Gambar 19 Sketsa jalan segmen 7.....	25
Gambar 20 Bagan alir pengambilan data daya serap CO ₂ vegetasi	28
Gambar 21 Bagan alir pengambilan data volume kendaraan	29
Gambar 22 Bagan alir perhitungan analisis daya serap CO ₂ jalur hijau.....	30
Gambar 23 Bagan alir perhitungan beban emisi kendaraan bermotor.....	31
Gambar 24 Bagan alir perhitungan ketersediaan vegetasi jalur hijau	33
Gambar 25 Jumlah dan jenis vegetasi.....	48
Gambar 26 Kemampuan daya serap tiap segmen	59

Gambar 27 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 1	62
Gambar 28 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 2	64
Gambar 29 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 3	66
Gambar 30 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 4	69
Gambar 31 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 5	71
Gambar 32 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 6	73
Gambar 33 Jumlah beban emisi CO ₂ segmen 7	76
Gambar 34 Rekapitulasi besar beban emisi CO ₂	77
Gambar 35 Rekapitulasi jumlah kendaraan	78
Gambar 36 Persentase daya serap	80
Gambar 37 Peta kondisi eksisting segmen 1	81
Gambar 38 Peta kondisi eksisting segmen 2	82
Gambar 39 Peta kondisi eksisting segmen 3	82
Gambar 40 Peta kondisi eksisting segmen 4	83
Gambar 41 Peta kondisi eksisting segmen 5	83
Gambar 42 Peta kondisi eksisting segmen 6	84
Gambar 43 Peta kondisi eksisting segmen 7	84
Gambar 44 Desain kebutuhan vegetasi segmen 1	85
Gambar 45 Desain kebutuhan vegetasi segmen 2	85
Gambar 46 Desain kebutuhan vegetasi segmen 3	86
Gambar 47 Desain kebutuhan vegetasi segmen 4	86
Gambar 48 Desain kebutuhan vegetasi segmen 5	87
Gambar 49 Desain kebutuhan vegetasi segmen 6	87
Gambar 50 Desain kebutuhan vegetasi segmen 7	88

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
Lampiran 1 Form perhitungan volume kendaraan	94
Lampiran 2 Perhitungan daya serap	98
Lampiran 3 Perhitungan beban emisi CO ₂	105
Lampiran 4 Dokumentasi penelitian.....	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu pertumbuhan penduduk terus bertambah dan ilmu pengetahuan terus berkembang yang berdampak pada ekonomi, social, dan budaya serta perkembangan teknologi. Perkembangan ini membuat industri-industri semakin mengembangkan produk-produk mereka. Salah satu produk industri yang terus berkembang saat ini yaitu industri alat transportasi (Hermansyah, 2023). Indonesia merupakan salah satu negara terbesar di dunia dengan populasi sebanyak 267 juta jiwa per tahun 2019, diikuti dengan peningkatan jumlah alat transportasinya terutama pada kendaraan bermotor, baik itu mobil penumpang, bis, mobil barang, maupun sepeda motor. Hal ini menyebabkan kemacetan sudah menjadi hal yang biasa terjadi di sejumlah ruas jalan kota-kota besar di Indonesia (Gunawan et al., 2020).

Kota Makassar merupakan salah satu kota terbesar di Kawasan Indonesia Timur dan menjadi kota terbesar ke empat di Indonesia dengan luas areal 175,79 km². Oleh karena itu, kota ini dapat dikatakan sebagai kota metropolitan. Sebagai pusat pelayanan KTI, kota Makassar menjadi pusat segala kegiatan yang tentunya tidak lepas dari aktivitas transportasi, baik itu darat, laut, maupun udara (Patunrangi et al., 2023). Hal ini tentunya akan berdampak baik terhadap ekonomi sektor industri, penciptaan lapangan kerja, dan peningkatan pendapatan daerah. Namun di sisi lain hal ini juga berdampak negatif bagi lingkungan. Seperti yang diketahui bahwa transportasi sebagai penyumbang terbanyak pencemar di udara yaitu sebesar 60%, selebihnya industry sebanyak 25%, rumah tangga 10%, dan limbah 5%. Pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor menghasilkan beberapa jenis polutan seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), karbon (HC), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), dan partikulat (Yudhistira et al., 2023).

Pencemaran udara sudah menjadi persoalan serius yang dihadapi oleh Indonesia saat ini yang efeknya sudah bisa dirasakan baik itu bagi kesehatan tubuh manusia maupun makhluk hidup lainnya. Banyak penyakit yang ditimbulkan seperti gangguan pernapasan, jantung, kanker, dan kerusakan sistem ginjal. Selain berdampak terhadap kesehatan manusia, pencemaran udara juga dapat berdampak buruk terhadap lingkungan seperti peningkatan suhu udara di bumi yang terjadi akibat pemanasan global (Sudarti et al., 2022). Seperti yang diketahui dalam beberapa dekade terakhir ini pemanasan global menjadi pusat perhatian bagi seluruh masyarakat di dunia karena dampaknya terhadap ekosistem yang ada di bumi. Dalam kasus ini gas emisi CO₂ dianggap sebagai gas yang paling banyak berkontribusi terhadap terjadinya pemanasan global (Abidin et al., 2023).

Pemanasan global atau yang dikenal sebagai efek rumah kaca disebabkan oleh meningkatkan konsentrasi gas-gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer. Gas CO₂ menyumbang sekitar 9-26% jumlah keseluruhan yang bersirkulasi selama

kurang lebih sekitar 75 tahun karena gas ini mempunyai ketahanan paling lama di atmosfer (Kurnia, 2021). Sedangkan sejak awal abad ke-20 emisi karbon di dunia telah mengalami peningkatan yang cukup pesat, seperti yang dilansir oleh Peneliti atmosfer dunia bahwa emisi karbon mengalami peningkatan sebesar 15,9% sejak tahun 1990 (Prasad et al, 2021).

Penyediaan ruang terbuka hijau (RTH) adalah salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak dari pemanasan global. Seperti yang kita ketahui bahwa ruang terbuka hijau merupakan area berbentuk memanjang yang bersifat terbuka dan sebagai tempat tumbuhnya tanaman, baik yang ditanam maupun tumbuh secara alamiah. Tanaman sebagai komponen pengisi RTH memiliki kemampuan untuk menyerap emisi CO₂, sehingga keberadaannya dianggap mampu mengurangi konsentrasi emisi CO₂ di muka bumi (Abidin et al., 2023). Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki peranan penting dalam mengurangi dampak dari pemanasan global, seperti diketahui tumbuhan melakukan fotosintesis untuk membentuk zat makanannya dan dalam proses fotosintesis inilah tumbuhan menyerap CO₂ dan air (Dyah Prinajati, 2019).

Penyediaan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan terdapat dalam Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 mengatur mengenai rencana penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau harus memiliki luas minimal 30% dari luas wilayah kota. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH perkotaan menekankan pada penyediaan RTH perkotaan bahwa rasio ini merupakan ukuran minimal untuk menyeimbangkan ekosistem perkotaan dan ekosistem lainnya agar dapat meningkatkan ketersediaan udara bersih yang dibutuhkan Masyarakat. Berdasarkan peraturan tersebut maka dapat dikatakan bahwa peran RTH di perkotaan sangatlah penting.

Menurut Peraturan Daerah Kota Makassar Nomor 4 Tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Makassar tahun 2015-2034, luas Ruang Terbuka Hijau di Kota Makassar masih belum memenuhi sesuai peraturan dari Kementerian Pekerjaan Umum yaitu sebesar 30%. Luas Ruang Terbuka Hijau di Makassar saat ini hanya sebesar 8,31% dari luas total kota Makassar dan luas jalur hijaunya sebesar 0,4% luas total wilayah kota Makassar (Kurnianti, 2019).

Jalan Metro Tanjung Bunga merupakan salah satu jalan di Kota Makassar yang masuk dalam klasifikasi jalan arteri primer yang dibangun sekitar tahun 1997, namun baru dimanfaatkan pada tahun 2002. Pembangunan jalan ini dimaksudkan agar dapat mengurangi beban jalan poros Sultan Alauddin menuju Kabupaten Gowa dan Takalar yang sangat padat. Oleh karena itu, saat ini Jalan Metro Tanjung Bunga sudah dikategorikan sebagai jalan poros untuk menuju ke Kabupaten Gowa dan Takalar (Fauici, 2022). Selain itu, pada jalan ini juga terdapat banyak pusat-pusat perbelanjaan, perkantoran, pertokoan, sekolah, dan kawasan perumahan sehingga aktivitas lalu lintas pada jalan ini lebih besar dari volume lalu lintas di rata-rata. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui ketersediaan ruang terbuka hijau khususnya kemampuan pohon pada jalur hijau jalan dalam menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor yang melalui jalan Metro Tanjung Bunga. Sehingga peneliti mengambil judul **Analisis**

Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penyerapan Emisi CO₂ Pada Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar daya serap CO₂ ruang terbuka hijau oleh vegetasi yang berada di Jalan Metro Tanjung Bunga dengan metode jenis tumbuhan dan luas tajuk?
2. Berapa besar beban emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Metro Tannung Bunga?
3. Bagaimana kemampuan jalur hijau di Jalan Metro Tanjung Bunga dalam menyerap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor yang melintas di jalan tersebut dan berapa total kebutuhan ruang terbuka hijau yang dibutuhkan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis daya serap CO₂ ruang terbuka hijau oleh vegetasi yang berada di Jalan Metro Tanjung Bunga dengan metode jenis tumbuhan dan luas tajuk.
2. Menganalisis besaran beban emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Metro Tanjung Bunga.
3. Menganalisis kemampuan jalur hijau dan kebutuhan ruang terbuka hijau di Jalan Metro Tanjung Bunga dalam menyerap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor yang melintas di jalan tersebut.

1.4 Teori

1.4.1 Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, Ruang Terbuka Hijau adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok dengan penggunaan bersifat terbuka dan tanpa bangunan, serta tempat tumbuh tanaman baik yang tumbuh secara alami maupun yang sengaja ditanam. Sedangkan menurut UU No. 26 Tahun 2007, Ruang Terbuka Hijau merupakan ruang terbuka publik yang dapat digunakan secara umum dengan proporsi paling sedikit 30% dari total luas kota keseluruhan. Agar keberadaannya dapat berfungsi dengan baik, maka RTH harus dibangun sesuai dengan sistem struktur ruang yang ada di peran. Sehingga keberadaannya tidak hanya sebagai pelengkap saja, namun juga dapat membentuk struktur ruang yang memiliki banyak fungsi (Budiman, 2023).

1.4.1.1 Fungsi Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Permen PU No. 5 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, fungsi ruang terbuka hijau terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Fungsi utama yaitu fungsi ekologis
 - a. Sebagai sistem sirkulasi udara atau dengan kata lain sebagai paru-paru kota
 - b. Sebagai penyerap air hujan
 - c. Sebagai tempat hidupnya satwa

- d. Sebagai tempat penyerap polutan melalui media udara, air, dan tanah.
2. Fungsi tambahan
 - a. Fungsi sosial yaitu sebagai tempat komunikasi warga kota, tempat rekreasi, wadah dan objek pendidikan atau penelitian, dan lain-lain
 - b. Fungsi ekonomi yaitu sebagai sumber produk bernilai jual seperti bunga hias, sebagai bagian dari usaha pertanian, perkebunan, dan kehutanan.
 - c. Fungsi estetika yaitu untuk memperindah lingkungan, menciptakan suasana serasi antara area padat bangunan dan tanpa bangunan.

Sedangkan menurut Permendagri No. 1 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan fungsi ruang terbuka hijau yaitu :

1. Sebagai tempat berlangsungnya ekosistem
2. Sebagai sarana penambah keindahan lingkungan
3. Sebagai tempat rekreasi
4. Sebagai tempat untuk menjaga keseimbangan lingkungan dari pencemaran baik itu pencemaran air, udara, maupun tanah
5. Sebagai sarana pendidikan dan penelitian

1.4.1.2 Jenis-Jenis Ruang Terbuka Hijau

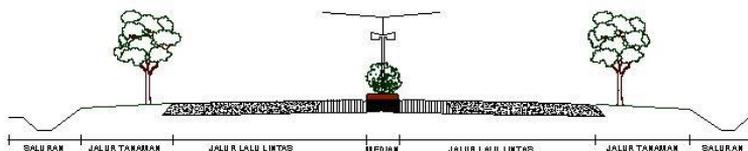
Menurut Permen PU No.5 Tahun 2008, jenis-jenis ruang terbuka hijau terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. RTH Taman Kota, ditujukan sebagai tempat berlangsung berbagai kegiatan penduduk di suatu kota yang dapat berbentuk lapangan hijau dengan berbagai fasilitas seperti fasilitas rekreasi dan olahraga.
2. Hutan Kota, ditujukan sebagai penyangga lingkungan kota dalam memperbaiki dan menjaga kualitas lingkungan
3. Sabuk Hijau, ditujukan sebagai pembatas penggunaan suatu lahan atau untuk membatasi antar aktivitas dalam satu wilayah agar tidak saling mengganggu
4. RTH Jalur Hijau Jalan terbagi menjadi dua yaitu pulau jalan dan median jalan, pulau jalan merupakan persimpangan tiga atau bundaran jalan. Sedangkan median jalan merupakan jalur pemisah antar dua jalur atau lebih jalan.
5. RTH Ruang Pejalan Kaki , ditujukan sebagai tempat bagi pejalan kaki
6. RTH Sempadan Rel Kereta Api, ditujukan sebagai pembatas antara interaksi kegiatan masyarakat dengan jalan rel kereta api
7. RTH Sempadan Sungai, ditujukan sebagai pelindung Sungai dari gangguan yang dapat merusak kondisi lingkungan
8. RTH Sempadan Pantai, ditujukan sebagai pembatas pertumbuhan pemukiman dengan pantai agar tidak saling mengganggu
9. RTH Sumber Air Baku/Mata Air meliputi sungai, waduk, danau, dan mata air.

1.4.2 Jalur Hijau Jalan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, jalur hijau jalan merupakan jalur yang terletak di dalam ruang milik jalan (RUMIJA) maupun di ruang pengawasan jalan (RUWASJA) yang dipergunakan untuk menempatkan tanaman atau elemen lanskap lainnya. Jalur hijau jalan

dipergunakan sebagai objek untuk menjaga keseimbangan lingkungan dengan melakukan penanaman tanaman sesuai dengan fungsi tanpa melupakan estetika yang dibutuhkan sebagai lanskap perkotaan. Adapun untuk penempatan vegetasi yaitu berkisar 20-30% dari total ruang milik jalan sesuai kelas jalannya. Meski didominasi oleh vegetasi hijau, jalur hijau jalan juga tetap dapat ditanami dengan herba, perdu, maupun pohon guna mendapatkan lanskap yang menarik. Berikut contoh tata letak jalur hijau jalan (Gasali et al., 2023)



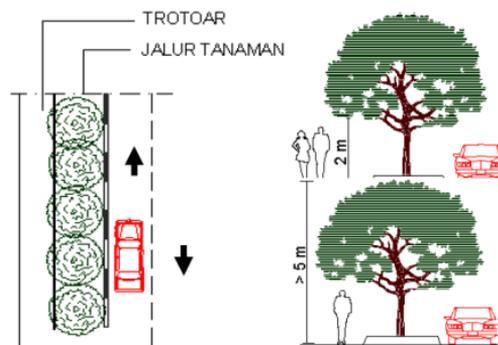
Gambar 1 Contoh tata letak jalur hijau jalan

Jalur hijau jalan dikelompokkan menjadi beberapa struktur yaitu pertama daerah sisi jalan yang berfungsi untuk keselamatan dan kenyamanan pemakai jalan, lahan pengembangan jalan, zona penyangga, Kawasan fasilitas pelayanan, dan pelindung bentukan alam, kedua median jalan yang berfungsi sebagai pemisah antar dua jalur jalan, ketiga pulau jalan yang terbentuk dari geometris jalan seperti persimpangan atau bundaran jalan (Gasali et al., 2023). Adapun kriteria vegetasi jalur hijau jalan berdasarkan fungsinya menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan yaitu:

1. Jalur hijau sisi jalan

a. Peneduh

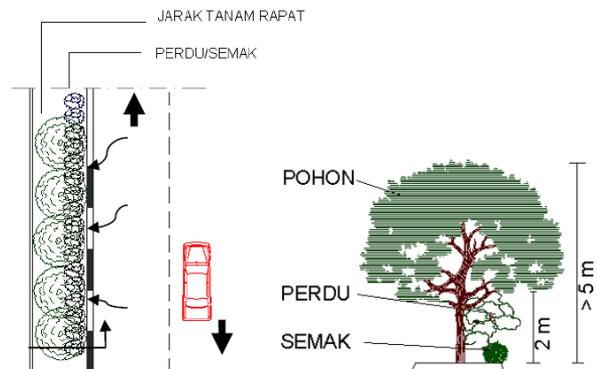
- 1) Berada pada jalur tanaman (minimal 1,5 m dari tepi)
- 2) Percabangan 2 meter di atas tanah
- 3) Percabangan tidak merunduk
- 4) Massa daun padat
- 5) Berasal dari biji
- 6) Penanamannya secara berbaris
- 7) Kokoh atau tidak mudah tumbang



Gambar 2 Jalur tanaman tepi peneduh

b. Penyerap polusi udara

- 1) Terdiri dari pohon, perdu/Semak
- 2) Vegetasi yang dipilih memiliki kemampuan untuk menyerap udara
- 3) Jarak tanam rapat
- 4) Massa daun padat



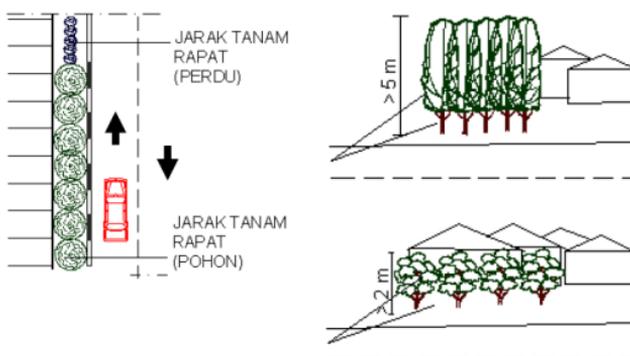
Gambar 3 Jalur tanaman tepi penyerap polusi udara

c. Peredam kebisingan

- 1) Terdiri dari pohon, perdu/Semak
- 2) Membentuk massa
- 3) Massa daun padat
- 4) Berbentuk tajuk

d. Pembatas pandang

- 1) Tanaman tinggi, perdu/Semak
- 2) Massa daun padat
- 3) Ditanam berbaris atau membentuk massa
- 4) Jarak tanam rapat



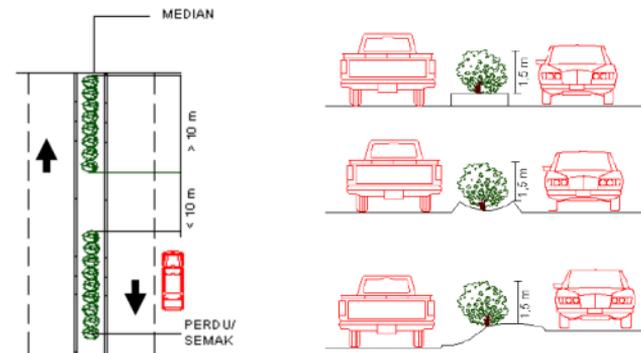
Gambar 4 Jalur tanaman tepi pembatas pandang

2. Jalur hijau median jalan

a. Penahan silau lampu kendaraan

- 1) Tanaman perdu/Semak
- 2) Ditanam rapat

- 3) Tanaman memiliki ketinggian 1,5 m
- 4) Massa daun padat



Gambar 5 Jalur tanaman median penahan silau

3. Jalur hijau persimpangan jalan
 - a. Daerah bebas pandang di mulut persimpangan
 - b. Pemilihan tanaman disesuaikan dengan ketentuan geometrik persimpangan dan memenuhi kriteria berikut:
 - 1) Tidak terhalangi oleh tanaman
 - 2) Bila terdapat pulau jalan, sebaiknya ditanamai dengan perdu
 - c. Tanaman tinggi sebagai pengarah dengan syarat:
 - 1) Berbatang Tunggal
 - 2) Pohon bercabang dengan ukuran kurang dari 2 m

1.4.3 Fotosintesis dan Respirasi

Fotosintesis merupakan proses sintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik seperti CO_2 dengan bantuan cahaya matahari dan pigmen fotosintesis berupa klorofil dan pigmen lainnya yang kemudian menghasilkan karbohidrat dan melepaskan oksigen. Fotosintesis pada tumbuhan terbagi menjadi dua fase, fase 1 yaitu reaksi fotokimia, reaksi fotolisis, reaksi Hill, reaksi fotofosforilasi, dan reaksi terang. Sedangkan fase 2 yaitu reaksi termokimia, reaksi fiksasi/reduksi CO_2 , dan reaksi gelap (Yustiningsih, 2019).

Respirasi merupakan proses penyerapan oksigen untuk proses pembakaran senyawa kompleks seperti pati, gula, protein, lemak, dan asam organik yang selanjutnya menghasilkan energi dan molekul sederhana seperti gas karbondioksida dan air yang nantinya dapat digunakan oleh sel untuk reaksi sintesa (Novitasari, 2017). Dalam proses respirasi bila dibandingkan dengan lemak dan asam-asam organik, karbohidrat dan asam-asam organik merupakan substrat yang paling banyak diperlukan oleh tanaman. Respirasi sendiri dapat dibagi ke dalam tiga tingkat yaitu pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, oksidasi gula menjadi asam piruvat, dan transformasi piruvat dan asam-asam organik menjadi karbondioksida, air, dan energi (Paramita, 2016).

1.4.4 Kelompok Tanaman

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2012 tentang pedoman penanaman pohon pada sistem jaringan jalan, tanaman dapat dibagi ke dalam 4 kelompok yaitu:

1. Pohon

Pohon merupakan tumbuhan berbatang dan bercabang kayu dengan batang utama yang tegak sebagai penopang tajuk pohon. Pohon adalah tanaman berstruktur kayu yang mengembangkan batang sekunder dan memiliki banyak jaringan xylem. Pohon seringkali digunakan sebagai pelindung yang banyak diletakkan di tepi maupun median jalan.

2. Perdu/Semak

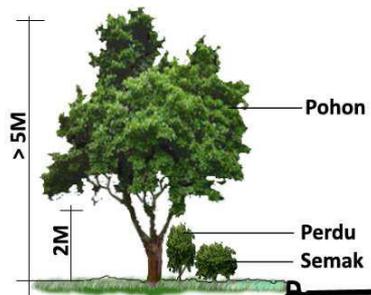
Perdu/Semak merupakan jenis tumbuhan berkayu dengan batang yang pendek namun cukup tegar dan kuat untuk menopang bagian-bagian tumbuhan. Selain itu, perdu/semak juga memiliki cabang yang banyak dan tingginya lebih rendah dari pohon. Perdu umumnya terbagi menjadi 3 kategori yaitu perdu rendah, perdu sedang, dan perdu tinggi.

3. Terna

Terna adalah tumbuhan berbatang lunak karena tidak membentuk kayu. Tumbuhan ini merupakan jenis tumbuhan musiman. Tumbuhan yang disebut "terna" umumnya berpembuluh. Namun, sebutan ini biasanya digunakan khusus untuk tumbuhan yang berukuran kecil (kurang dari 2 meter) dan tidak digunakan untuk tumbuhan non-kayu yang merambat.

4. Liana

Liana merupakan suatu habitus tumbuhan. Suatu tumbuhan dikatakan liana apabila selama proses pertumbuhannya memerlukan kaitan atau objek lain agar dapat bersaing mendapatkan cahaya matahari. Liana dapat pula dikatakan tumbuhan yang merambat, memanjat, atau menggantung. Berbeda dengan epifit yang mampu sepenuhnya tumbuh lepas dari tanah, akar liana berada di tanah atau paling tidak memerlukan tanah sebagai sumber haranya.



Gambar 6 Kelompok tanaman

1.4.5 Kendaraan Bermotor

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 55 Tahun 2012 Tentang Kendaraan, kendaraan bermotor ialah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik

berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010 membagi jenis kendaraan menjadi 9 kategori. Berikut penjelasan mengenai pembagian tersebut:

Tabel 1 Klasifikasi kendaraan bermotor

No.	Klasifikasi Kendaraan	Definisi	Gambar
1.	Sepeda Motor	Sepeda motor adalah kendaraan bermotor beroda dua atau tiga dengan atau tanpa rumah-rumah (PP RI No.55 Tahun 2012)	
2.	Van/minibus	Van/minibus merupakan kendaraan yang diperuntukkan untuk mengangkut barang atau orang. Berbentuk kotak dengan 4 roda, lebar dan panjangnya seperti mobil namun badannya lebih tinggi.	
3.	Sedan	Sedan adalah kendaraan bermotor yang terdiri dari dua ruang yaitu ruang mesin dan ruang pengemudi, ruang penumpang dan/atau bagasi (Permenhub RI No.117 Tahun 2018)	
4.	Taksi	Taksi adalah angkutan menggunakan mobil penumpang yang diberi tanda khusus dan dilengkapi dengan argometer yang melayani penumpang dari pintu ke pintu dengan wilayah operasi dalam kawasan perkotaan (Kementerian Pehubungan RI, 2017)	
5.	Bis Sedang	Bus sedang adalah kendaraan bermotor angkutan orang yang beratnya lebih dari 5.000 kg sampai dengan 8.000 kg (Permenhub RI No.117 Tahun 2018)	
6.	Bis Besar	Bus besar adalah kendaraan bermotor angkutan orang yang beratnya lebih dari 8.000 kg sampai dengan 16.000 kg (Permenhub RI No.117 Tahun 2018)	

No.	Klasifikasi Kendaraan	Definisi	Gambar
7.	Pick up	Pick up merupakan jenis dari kendaraan truck dengan kabin tertutup dan bak terbuka pada bagian belakang untuk mengangkut barang.	
8.	Jeep	Jeep adalah kendaraan roda 4 dengan diameter ban lebih besar dari ban mobil sedan, biasanya digunakan dalam kondisi jalan yang terjal.	
9.	Angkot	Angkutan Umum atau yang biasa disingkat angkot merupakan angkutan yang dapat mengangkut hingga 12 orang dengan sistem sewa atau bayar.	
10.	Truck 2 as	Truk 2 as atau biasa disebut truk engkel merupakan jenis truk yang mempunyai 2 sumbu roda/gardan dengan konfigurasi ban 1-2-2.	
11.	Truck 3 as	Truk 3 as atau biasa disebut truk tronton merupakan jenis truk yang mempunyai 3 sumbu roda/gardan dengan konfigurasi ban 1-2-2.	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010

1.4.6 Pengukuran Emisi CO₂ dari Kendaraan Bermotor

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien baik itu yang mengandung maupun tidak mengandung potensi sebagai pencemar. Emisi berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua yaitu sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber bergerak berasal dari kendaraan bermotor. Sedangkan sumber tidak bergerak berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, dan pembangkit listrik.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, kendaraan bermotor terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2013 jumlah kendaraan

bermotor di Indonesia yaitu sebanyak 104.18.969 unit dengan jenis terbanyak yaitu sepeda motor sebanyak 84.732.652 unit. Peningkatan ini akan berdampak terhadap peningkatan gas buang yang menyebabkan bertambahnya polusi udara. Dimana emisi gas buang kendaraan merupakan sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan bermotor (Sudarti et al., 2022)

1.4.6.1 Beban Emisi

Analisis perhitungan beban pencemaran udara dari kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan **persamaan 1** (Pasaribu & Tangahu, 2015) :

$$Q = \frac{Ni \times L \times Fi \times \rho}{FE} \quad (1)$$

Dimana :

- Q = Jumlah emisi (gr/jam)
- Ni = Jumlah kendaraan bermotor tipe-I (kendaraan/jam)
- Fi = Faktor emisi (g/kg)
- FE = Ekonomi bahan bakar (km/liter)
- ρ = Berat jenis bahan bakar (kg/liter)
- L = Panjang jalan (km)

1.4.6.2 Faktor Emisi

Faktor emisi adalah nilai hubungan kuantitas polutan yang dilepaskan dari aktivitas terkait dengan sumber polutan. Nilai faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota metropolitan dan kota besar di Indonesia. Adapun nilai faktor emisi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 Faktor emisi kendaraan bermotor

Kategori Kendaraan Bermotor	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO2 (g/kg)	SO2 (g/km)
Sepeda motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Sedan	33,8	3,7	1,9	0,004	3180	0,023
Minibus	24	2,9	1,55	0,029	3178	0,14
Taksi	55,3	5,6	2,8	0,008	3180	0,025
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Pick up	31,8	3,5	2	0,026	3178	0,13
Jeep	36,7	3,86	2,36	0,039	3178	0,145
Angkot	43,1	5,08	2,1	0,006	3180	0,029
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010

1.4.6.3 Konsumsi Energi Spesifik

Konsumsi energi spesifik merupakan bentuk atau pola penggunaan energi di suatu industri, Dimana energi yang dipergunakan merupakan bahan bakar pada proses. Adapun untuk menghitung beban emisi CO2 dengan menggunakan **persamaan 1** maka perlu diketahui berat jenis masing-masing BBM (bensin dan solar yang dapat dilihat pada **tabel 3** dan ekonomi bahan bakar yang dapat dilihat pada **tabel 4**.

Tabel 3 Berat jenis bahan bakar

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

Sumber: Pasaribu & Tangahu, 2015

Tabel 4 Ekonomi bahan bakar

No.	Jenis Kendaraan	Ekonomi Bahan Bakar (km/liter)
1.	Sedan	9,8
2.	Van/Minibus	8
3.	Taksi	8,7
4.	Angkot	7,5
5.	Bis sedang/mikrobis	4
6.	Bis besar	3,5
7.	Pickup	8,5
8.	Truk 2 as	4,4
9.	Truk 3 as	4
10.	Jeep	8
11.	Sepeda motor/roda 3	28

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010

1.4.7 Penyerapan CO₂ Oleh Pohon

Daya serap emisi gas CO₂ oleh pohon adalah kemampuan tanaman dalam penyerapan emisi karbondioksida yang dihasilkan dari hasil pembakaran konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor. Gas CO₂ akan diserap oleh tanaman dan terjadilah proses fotosintesis sehingga menghasilkan energi untuk tumbuh dan berkembang. Dimana reaksi fotosintesis secara umum adalah sebagai berikut: (Hermansyah, 2023)



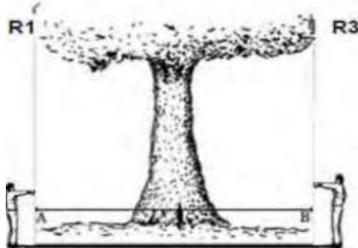
Menurut peneliti Norwegia dalam Hermansyah (2023) dalam satu musim pertumbuhan, pohon berdiameter 14 m dengan luas permukaan daun 1.600 m² mampu menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ yang mampu mencukupi keperluan bernafas satu orang dalam setahun. Selain itu, pohon tersebut juga dapat memfilter satu ton debu pertahun sehingga mengurangi kotorannya udara kota.

1.4.8 Pengukuran Daya Serap CO₂

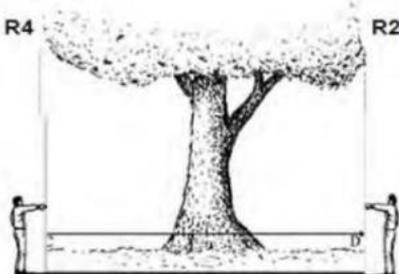
Daya serap CO₂ setiap jenis vegetasi berbeda tergantung pada morfologi daunnya. Pada tanaman yang hidup di lingkungan dengan intensitas cahaya rendah, maka daunnya akan berukuran lebih besar, lebih tipis, ukuran stomata lebih besar, jumlah daun sedikit, dan ruang antra sel lebih besar. Sebaliknya pada lingkungan dengan

intensitas cahaya tinggi, maka daun akan lebih kecil, tebal, stomata kecil dan banyak, serta jumlah daun yang lebih rindang. Hal ini merupakan respon adaptasi tanaman terhadap lingkungan untuk menghindari kerusakan pada klorofil daun. Laju penyerapan CO_2 juga dipengaruhi oleh umur dan letak daun. Jumlah klorofil dalam daun bertambah seiring dengan bertambahnya umur dan luasan daun. Saat umur daun masih muda, kemampuan fotosintesisnya tergolong rendah dan akan terus meningkat sampai ukurannya maksimal. Setelah itu daun akan semakin tua dan menguning karena klorofil yang rusak. Daun yang terletak di tajuk bagian dalam juga memiliki laju penyerapan yang rendah, hal ini dikarenakan daun tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup (Gasali, dkk. 2023)

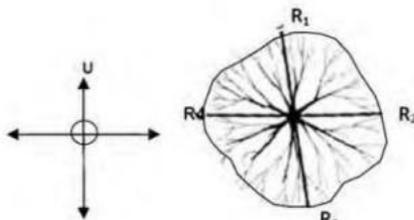
Menghitung daya serap vegetasi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode luas tajuk berdasarkan tipe penutupan pohon dan metode daya serap per jenis tanaman. Penyerapan CO_2 metode daya serap per jenis vegetasi menggunakan asumsi bahwa setiap jenis pohon memiliki laju penyerapan gas karbon dioksida bervariasi karena adanya perbedaan morfologi pada setiap jenis tanaman seperti yang sudah di jelaskan di atas. Sedangkan untuk Pengukuran tanaman dengan metode tajuk dilakukan sebanyak dua kali dengan posisi saling tegak lurus menurut arah mata angin (Utara, Timur, Selatan, dan Barat).



Gambar 7 Pengukuran dimensi tajuk tampak utara dan Selatan
Sumber: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013



Gambar 8 Pengukuran dimensi tajuk tampak barat dan timur
Sumber: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013



Gambar 9 Pengukuran dimensi tajuk tampak atas

Sumber: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013

Daya serap CO₂ dapat diketahui berdasarkan luas tutupan vegetasi. Menurut (Supriyanto & Irawan, 2001), untuk menghitung luas tajuk pohon dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada **persamaan 2** dan **persamaan 3**.

$$D_{rata-rata} = \frac{D_{terpanjang} + D_{terpendek}}{2} \quad (2)$$

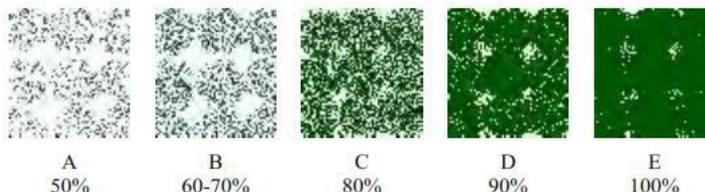
$$L = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \%Kerapatan\ tajuk\ vegetasi \quad (3)$$

Dimana :

L : Luas (m)

d : Diameter tajuk (m)

Penentuan persentase kerapatan tajuk didasarkan pada penilaian secara visual. Penilaian ini membutuhkan acuan karena sifatnya yang subjektif. Kerapatan tajuk ditentukan berdasarkan kerapatan tutupan daun dalam suatu area untuk RTH publik. Penentuan kerapatan tajuk ini dilakukan berdasarkan penelitian terdahulu. Adapun acuan visualisasi penentuan kerapatan tajuk dapat dilihat pada **gambar 10** (Murti, 2015)



Gambar 10 Visualisasi penentuan persentase kerapatan tajuk

Sumber: Murti, 2015

Menghitung daya serap CO₂ vegetasi dilakukan dengan mengalikan luas tajuk (ha) dengan koefisien daya serap CO₂ berdasarkan tipe penutupan pohon yang dapat dilihat pada **tabel 5** dan **persamaan 4**.

$$C_{sink} = LT \times Koefisien\ daya\ serap\ CO_2\ dalam\ satuan\ luas \quad (4)$$

Dimana :

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

LT : Luas tajuk masing-masing jenis vegetasi (ha)

Laju serapan vegetasi dalam menyerap CO₂ bermacam-macam. Hutan yang mempunyai berbagai macam tipe tutupan vegetasi memiliki daya serap terhadap

CO₂ yang berbeda. Adapun tipe penutupan tersebut dibagi berdasarkan jenisnya yaitu pohon, semak/perdu, pada rumput, dan sawah yang dapat dilihat pada **tabel 5**. Tabel 5 Daya serap CO₂ berdasarkan jenis tutupan vegetasi

Tipe Penutupan	(kg/ha/jam)	(kg/ha/hari)	(ton/ha/tahun)
Pohon	129,925	1559,1	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: Laksono & Damayanti, 2013

Untuk menghitung daya serap CO₂ menggunakan metode per jenis vegetasi dapat menggunakan **persamaan 5** dan untuk daya serap per jenis vegetasinya dapat dilihat pada **tabel 6**.

$$C_{sink} = \text{Daya serap per jenis vegetasi} \times \text{Jumlah vegetasi} \quad (5)$$

Dimana :

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

Tabel 6 Daya serap CO₂ tiap jenis vegetasi

No.	Nama Tanaman	Nama Latin	Daya Serap CO ₂
1	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	3112,430
2	Jati Putih	<i>Gmelina arborea</i>	12,410
3	Tanjung	<i>Mimusops</i>	67,580
4	Bambu Siam	<i>Thyrsostachys siamensis</i>	0,390
5	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	310,520
6	Pepaya	<i>Carica papaya</i>	1,450
7	Pucuk Merah	<i>Syzygium myrtifolium</i>	155,580
8	Trambesi	<i>Albizia saman</i>	3252,100
9	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	96,900
10	Palm Ekor Tupai	<i>Wodyetia bufurcata</i>	0,390
11	Kiacret	<i>Spathodea campanulata</i>	24,160
12	Bunga Heliconia	<i>Heliconia psittacorum</i>	6,460
13	Kamboja Merah	<i>Plumeria rubra</i>	1,880
14	Prunus	<i>Prunus laurocerasus</i>	13,430
15	Sinyo Nakal	<i>Duranta erecta</i>	0,510
16	Pellionia	<i>Pellionia radicans</i>	0,510
17	Agave Amerika	<i>Agave americana</i>	1,290
18	Kopi Liar	<i>Polyscias guilfoylei</i>	3,010
19	Tembelean	<i>Lantana camara</i>	4,130
20	Jotang Kuda	<i>Synedrella nodiflora</i>	4,130
21	Rambusa	<i>Passiflora foetida</i>	4,130
22	Gandarusa	<i>Justicia gendarussa</i>	0,502

No.	Nama Tanaman	Nama Latin	Daya Serap CO ₂
23	Melati Jepang	<i>Pseuderanthemum carruthersii</i>	1,180
24	Kencana Ungu	<i>Ruellia simplex</i>	0,010
25	Bunga Tasbih	<i>Canna x generalis</i>	0,390
26	Bayam Ungu	<i>Alternanthera brasiliana</i>	0,080

Sumber: Sa'iedah (2018), Dahlan (2007)

Untuk mengetahui jumlah total daya serap CO₂ pada jalur hijau jalan baik itu yang berada pada tepi timur, median jalan, maupun tepi barat dapat dilakukan dengan menjumlahkan seluruh daya serap vegetasi pada area tersebut dengan menggunakan **persamaan 6**.

$$C_{sink\ total} = \sum_{i=1}^n C_{sink\ ke-i} \quad (6)$$

Dimana :

$C_{sink\ total}$: Daya serap CO₂ total seluruh vegetasi (kg/jam)

n : Banyaknya jenis tumbuhan pada jalur hijau jalan

i : Jenis tumbuhan ke-i

1.4.9 Efisiensi dan Efektivitas Daya Serap CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau

Setelah didapatkan data perhitungan total emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor serta data jenis, tipe, dan daya serap vegetasi jalur hijau jalan, selanjutnya dilakukan perhitungan sisa emisi dari pengolahan data yang telah didapatkan untuk mengetahui kecukupan vegetasi jalur hijau jalan dalam menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan bermotor. Adapun rumus perhitungan tersebut sebagai berikut: (Banurea, 2013)

$$Sisa\ emisi = Emisi - Total\ daya\ serap\ vegetasi \quad (7)$$

Efektivitas daya serap vegetasi pada jalur hijau jalan terhadap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan membandingkan kemampuan total daya serap vegetasi jalur hijau jalan terhadap total beban emisi CO₂ kendaraan bermotor. Apabila hasil yang didapatkan kurang dari 100% artinya masih ada sisa emisi yang tidak diserap oleh vegetasi. Namun sebaliknya, apabila hasil yang didapatkan melebihi 100% artinya vegetasi masih mampu menyerap beban emisi CO₂ di wilayah tersebut. Adapun rumus perhitungannya sebagai berikut: (Sasmita & Fatatulkhairani, 2019).

$$\%Efektifitas = \frac{Total\ Daya\ Serap\ Vegetasi\ Jalur\ Hijau\ Jalan}{Total\ Emisi\ CO_2} \quad (8)$$

Setelah diketahui sisa emisi yang masih belum terserap kemudian dibandingkan dengan kemampuan penyerapan CO₂ oleh pohon untuk mendapatkan luas kebutuhan ruang terbuka hijau total pada suatu wilayah. Berikut persamaan yang digunakan:

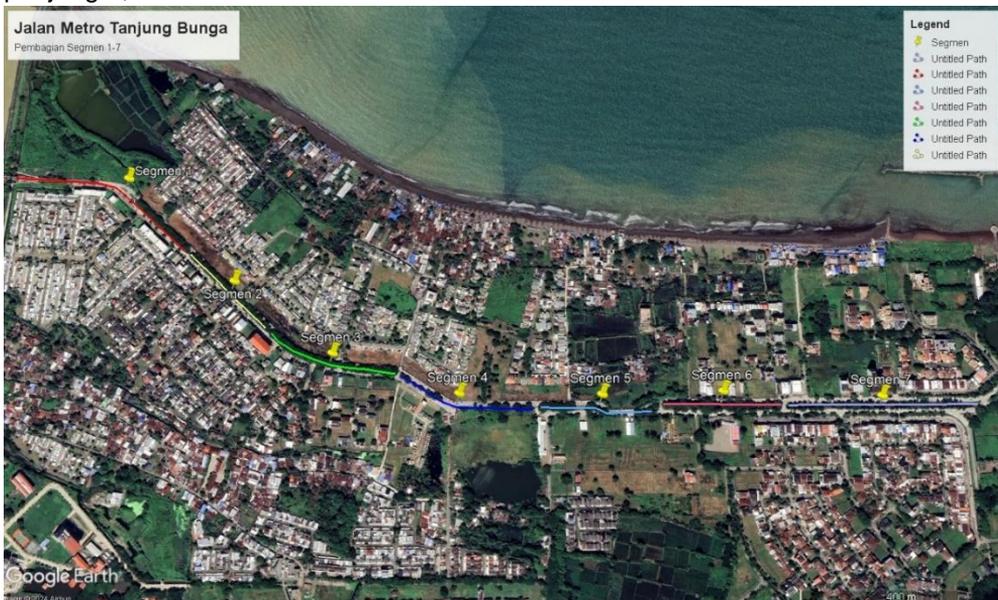
$$Kebutuhan\ RTH = \frac{Sisa\ emisi\ CO_2}{Kemampuan\ daya\ serap\ vegetasi\ total} \quad (9)$$

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar. Jalan ini termasuk dalam klasifikasi jalan arteri primer dengan tipe 4/2D terbagi pada beberapa ruas jalannya dan pada ruas lainnya dengan tipe 2/2D. Jalan dengan tipe 4/2D terbagi mengartikan bahwa jalan tersebut memiliki 4 lajur dan 2 jalur dengan 1 median jalan, sedangkan untuk tipe 2/2D mengartikan bahwa jalan tersebut memiliki 2 lajur dan 2 jalur tanpa ada median atau tak terbagi. Wilayah studi ini memiliki panjang 2,25 km.



Gambar 11 Lokasi penelitian

Pemilihan lokasi penelitian pada ruas Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar dikarenakan pada jalan ini terdapat banyak pusat-pusat perbelanjaan, perkantoran, pertokoan, sekolah, dan kawasan perumahan yang menyebabkan tingginya tingkat lalu lintas yang berakibat kemacetan pada beberapa titik jalannya. Selain itu, jalan ini juga merupakan jalan penghubung antar dua kota yaitu Kota Makassar dan Kabupaten Maros yang menyebabkan makin bervariasinya komposisi kendaraan yang melewati jalan ini. Oleh sebab itu, diperlukan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi eksisting dari Jalan Metro Tanjung Bunga yang selanjutnya dilakukan pembagian segmen jalan. Pembagian segmen ini dilakukan untuk mempermudah proses perhitungan volume kendaraan dengan asumsi volume kendaraan tiap segmen berbeda. Dari hasil survei pendahuluan terdapat 7 segmen

jalan yang terbagi. Adapun kriteria penentuan titik perhitungan volume kendaraan yaitu:

1. Titik pengukuran sebaiknya \pm 50 meter dari persimpangan jalan dan/atau lampu pengatur lalu lintas.
2. Kondisi lapisan permukaan dan keadaan geometrik jalan mempunyai kondisi yang baik.
3. Titik pengukuran pada segmen jalan yang lurus dan datar, tidak terganggu pergerakan kendaraan tempat putar balik, dan jarak pandang cukup.

Tabel 7 Batas wilayah segmen jalan

Segmen	Panjang Jalan (Km)	Batas Wilayah	
		Selatan	Utara
Segmen 1	0,48	Jembatan Barombong	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga
Segmen 2	0,24	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga
Segmen 3	0,28	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga	Persimpangan Jl. Tj. Bayam, Jl. Jalang Bayang, Jl. Metro Tanjung Bunga
Segmen 4	0,29	Persimpangan Jl. Tj. Bayam, Jl. Jalang Bayang, Jl. Metro Tanjung Bunga	Persimpangan Jl. Tj. Bayam
Segmen 5	0,25	Jl. Kinibalu, Jl. Tj. Bayam, Jl. Metro Tanjung Bunga	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga
Segmen 6	0,24	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga
Segmen 7	0,40	Putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga	Persimpangan Jl. Metro Tanjung Bunga, Jl. G. Bromo

a. Segmen 1

Segmen 1 memiliki panjang 0,48 km. Bagian Selatan berbatasan dengan Jembatan Barombong dan pada bagian Utara berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga. Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 1 dilakukan pada $5^{\circ}11'25.10''S$, $119^{\circ}23'13.80''E$.



Gambar 12 Sketsa jalan segmen 1

Keterangan:

 = Arus lalu lintas

b. Segmen 2

Segmen 2 memiliki panjang 0,24 km. Bagian Selatan berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga dan pada bagian Utara berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga. Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 2 dilakukan pada $5^{\circ}11'13.66''S$, $119^{\circ}23'20.39''E$.



Gambar 13 Sketsa jalan segmen 2

Keterangan:

 = Arus lalu lintas

c. Segmen 3

Segmen 3 memiliki panjang 0,28 km. Bagian Selatan berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga dan pada bagian Utara berbatasan dengan persimpangan Jl. Tj. Bayam, Jl. Jalang Bayang, dan Jl. Metro Tanjung Bunga . Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 3 dilakukan pada $5^{\circ}11'7.01''S$, $119^{\circ}23'25.41''E$.



Gambar 14 Sketsa jalan segmen 3

Keterangan:

 = Arus lalu lintas

d. Segmen 4

Segmen 4 memiliki panjang 0,29 km. Bagian Selatan berbatasan dengan persimpangan Jl. Tj. Bayam, Jl. Jalang Bayang, Jl. Metro Tanjung Bunga dan pada bagian Utara berbatasan dengan persimpangan Jl. Tj. Bayam. Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 4 dilakukan pada $5^{\circ}10'57.46''S$, $119^{\circ}23'27.49''E$.



Gambar 15 Sketsa jalan segmen 4

Keterangan:

= Arus lalu lintas

e. Segmen 5

Segmen 5 memiliki panjang 0,25 km. Bagian Selatan berbatasan dengan Jl. Kinibalu, Jl. Tj. Bayam, dan Jl. Metro Tanjung Bunga dan pada bagian Utara berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga. Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 5 dilakukan pada $5^{\circ}10'47.89''S$, $119^{\circ}23'27.40''E$.



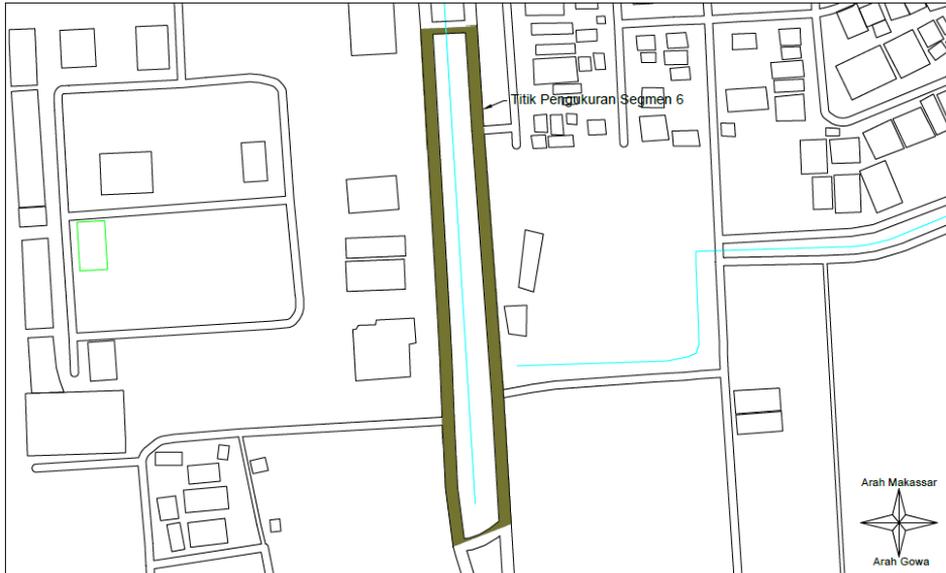
Gambar 16 Sketsa jalan segmen 5

Keterangan:

= Arus lalu lintas

f. Segmen 6

Segmen 6 memiliki panjang 0,24 km. Bagian Selatan berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga dan pada bagian Utara berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga. Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 6 dilakukan pada $5^{\circ}10'36.74''\text{S}$, $119^{\circ}23'26.72''\text{E}$.



Gambar 17 Sketsa jalan segmen 6

Keterangan:

 = Arus lalu lintas

g. Segmen 7

Segmen 7 memiliki panjang 0,40 km. Bagian Selatan berbatasan dengan putar balik Jl. Metro Tanjung Bunga dan pada bagian Utara berbatasan dengan Persimpangan Jl. Metro Tanjung Bungan, Jl. G. Bromo. Titik lokasi perhitungan volume kendaraan pada segmen 7 dilakukan pada $5^{\circ}10'25.10''\text{S}$, $119^{\circ}23'25.90''\text{E}$.



Gambar 18 Sketsa jalan segmen 7

Keterangan:

 = Arus lalu lintas

2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dibagi ke dalam dua tahap kegiatan yaitu tahap perhitungan volume kendaraan dan tahap inventarisasi vegetasi. Perhitungan volume kendaraan atau *traffic counting* dilakukan pada hari kerja (*weekday*). Penentuan waktu ini harus menghindari kondisi yang berpotensi mengubah volume kendaraan seperti adanya kegiatan pawai ataupun demonstrasi, cuaca tidak normal, serta bulan puasa karena akan mempengaruhi hasil yang diperoleh. Berdasarkan hal tersebut maka pengambilan data volume kendaraan dilakukan pada hari Senin, 24 Juni 2024 karena merupakan hari pertama kerja setelah *weekend*. Pengambilan data dilakukan di dua arah yaitu arah menuju jembatan barombong dan arah menuju ke Kota Makassar agar mendapatkan nilai secara keseluruhan pada lokasi penelitian dengan waktu pengukuran dibagi ke dalam tiga waktu berbeda berdasarkan jam puncak (*peak hour*) yaitu pada pukul 07.00-08.00 WITA untuk interval pagi, pukul 12.00-13.00 WITA untuk interval siang, dan pukul 17.00-18.00 WITA untuk interval sore dengan durasi perhitungan masing-masing 10 menit tiap interval yang nantinya akan dikonversi ke 1 jam. Sedangkan untuk tahap inventarisasi vegetasi atau pengambilan data jumlah, jenis, dan diameter tanaman dilakukan pada tanggal 19-21 Juli 2024.

2.3 Rencana Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan berfokus pada emisi CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas kendaraan bermotor yang melintas dan kemampuan vegetasi pada jalur hijau jalan dalam menyerap emisi CO₂ tersebut. Adapun data emisi CO₂ diperoleh secara langsung melalui perhitungan

jumlah kendaraan bermotor dan perhitungan jenis vegetasi serta luas tajuk tanaman untuk mendapatkan kemampuan daya serap tanaman terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan studi literatur untuk mengetahui Ruang Terbuka Hijau terkhusus dalam hal ini jalur hijau jalan, bagaimana proses penyerapan emisi CO₂ oleh pohon dan bagaimana proses terbentuknya emisi dari aktivitas kendaraan bermotor. Melalui studi literatur yang bersumber dari artikel ilmiah, jurnal penelitian sebelumnya, serta peraturan dan perundang-undangan dapat membuat penelitian ini memiliki landasan teori yang jelas dan kuat.

Setelah studi literatur dilakukan, selanjutnya dilakukan pengambilan data. Data yang dibutuhkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian adalah perhitungan volume kendaraan, jumlah dan jenis vegetasi, diameter tajuk pohon/perdu, dan mengukur dimensi jalan. Sedangkan untuk data sekunder yang dibutuhkan yaitu peta jaringan Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar dari aplikasi *google earth*. Selanjutnya seluruh data yang telah diperoleh dianalisis untuk kemudian melanjutkan pada tahap menganalisis efektifitas dan efisiensi ruang terbuka hijau khususnya jalur hijau jalan dalam menyerap emisi CO₂ pada jalan dilanjutkan dengan menganalisis ketersediaan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan efisiensi dan efektifitas penyerapannya.

Pendahuluan	Studi Pustaka	Pengambilan Data	Analisa Data	Penutup
<p>Latar Belakang: Pertumbuhan penduduk dan perkembangan ilmu pengetahuan mendorong kemajuan ekonomi, sosial, budaya, dan teknologi di Indonesia. Salah satu dampak perkembangan ini yaitu peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang menyebabkan kemacetan dan pencemaran udara di kota-kota besar seperti Makassar. RTH merupakan salah satu solusi untuk mengatasi pencemaran udara akibat CO₂ yang dihasilkan dari polusi kendaraan bermotor tersebut. Berdasarkan uraian di atas maka perlu diketahui apakah vegetasi pada Ruang Terbuka Hijau di jalan Metro Tanjung Bunga sudah mencukupi untuk menyerap emisi CO₂.</p>	<p>Konsep Teori:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivitas Transportasi • Emisi Kendaraan Bermotor • Ruang Terbuka Hijau • Jalur Hijau Jalan • Vegetasi Penyerap CO₂ • Efisiensi dan Efektivitas penyerapan CO₂ oleh Jalur Hijau jalan <p>Besaran emisi CO₂ kendaraan bermotor</p> $Ek = \frac{n \times L \times f \times \rho}{FE}$ <p>Daya serap CO₂ berdasarkan jenis tumbuhan</p> $C_{sink} = \text{Daya serap CO}_2 \text{ pohon} \times \text{Jumlah pohon}$ <p>Luas tajuk pohon</p> $LT = \frac{1}{4} \pi d^2 \times \% \text{Kerapatan tajuk pohon}$ <p>Daya serap CO₂ berdasarkan luas tajuk</p> $C_{sink} = LT \times \text{Koefisien daya serap CO}_2$ <p>Total daya serap CO₂ pada jalur hijau</p> $C_{sink \text{ total}} = \sum_{i=1}^n C_{sink \text{ ke-}i}$ <p>Efisiensi daya serap CO₂ Sisa emisi CO₂ = Emisi CO₂ total – Total daya serap CO₂</p>	<p>Penelitian ini dilakukan pada Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar</p> <p>Pengambilan data lapangan dilakukan pada hari kerja dengan 3 interval waktu berbeda yaitu pada pagi, siang, dan sore hari.</p> <p>Data Primer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data daya serap CO₂ pohon dengan metode karbohidrat • Data volume kendaraan • Data jumlah dan jenis pohon • Data luas tajuk tumbuhan <p>Data Sekunder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peta jaringan Jalan Metro Tanjung Bunga 	<p>Analisis kondisi eksisting vegetasi jalur hijau Jalan Metro Tanjung Bunga</p> <p>Analisis Daya Serap CO₂ Pohon pada Jalur Hijau Jalan</p> <p>Analisis beban emisi CO₂ dari kendaraan bermotor yang melintasi jalan</p> <p>Analisis ketersediaan vegetasi jalur hijau jalan berdasarkan kebutuhan dalam menyerap polusi CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kesimpulan • Saran
<p>Tujuan Penelitian: Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketersediaan ruang terbuka hijau di Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar terhadap penyerapan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan bermotor yang melintas pada jalan tersebut</p>				

Gambar 19 Sketsa jalan segmen 7

2.4 Peralatan yang Digunakan

Agar dapat melakukan penelitian dibutuhkan alat dan bahan yang digunakan untuk mengukur, mengolah, serta mendeskripsikan lokasi penelitian dan variabel penelitian. Berikut alat dan bahan yang digunakan:

2.4.1 Alat

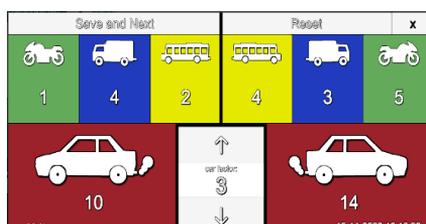
- Alat tulis, digunakan untuk mencatat saat melakukan survei atau pengambilan data di lapangan.
- Formulir, digunakan untuk mencatat data yang didapatkan saat berada di lapangan.
- Traffic Counter*, digunakan untuk menghitung volume kendaraan.
- Stopwatch Handphone*, digunakan sebagai penunjuk durasi waktu pengukuran.
- Meteran, digunakan untuk mengukur lebar tajuk vegetasi.
- Picture This*, digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanaman.
- Google Earth*, digunakan untuk mempetakan Lokasi penelitian.
- Autocad*, digunakan untuk membuat sketsa segmen jalan Lokasi penelitian.
- Seperangkat *personal computer* dengan *software Microsoft word* dan *Microsoft excel 2021*, digunakan untuk mengolah data hasil penelitian



a.



b.



c.



d.



e.



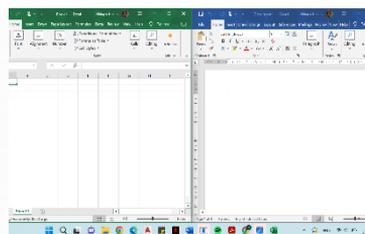
f.



g.



h.



i.

2.5 Metode Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut:

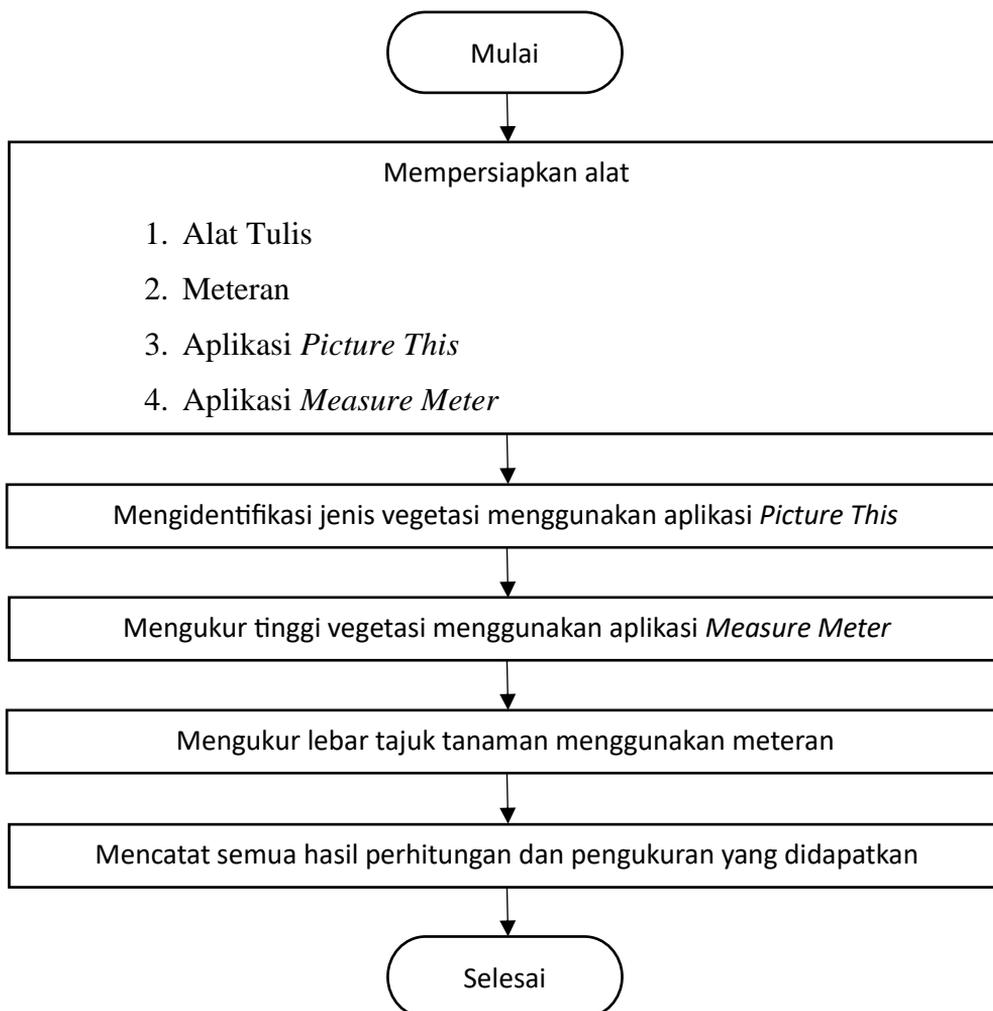
2.5.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dan diambil secara langsung pada lokasi penelitian. Data primer dalam penelitian ini meliputi data volume kendaraan bermotor, data jumlah jenis vegetasi yang ada pada jalur hijau Jalan Metro Tanjung Bunga, dan data luas tajuk tanaman.

a. Pengambilan Data Daya Serap CO₂ Vegetasi

Data yang dibutuhkan yaitu tinggi pohon, luas tutupan tajuk pohon yang diperoleh dengan cara menghitung diameter pohon, persentase kerapatan tajuk tumbuhan yang diperoleh dari penilaian secara visual dengan nilai kerapatan 50%-100%, serta jumlah dan jenis vegetasi yang ada pada jalur hijau Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar

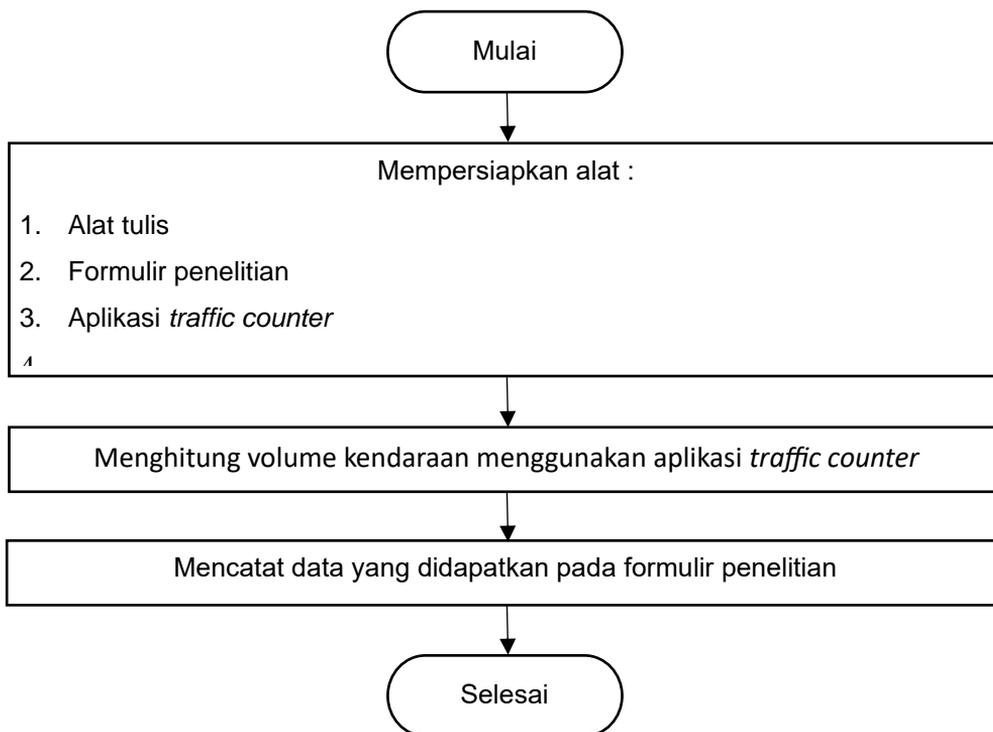
Penghitungan jumlah dan jenis tanaman dilakukan dengan metode menghitung langsung di lapangan dan menggunakan aplikasi *Picture This* untuk mengetahui nama atau jenis tanamannya. Sedangkan untuk menghitung luas tutupan tajuk pohon dilakukan dengan perhitungan dan pengukuran langsung di lapangan. Adapun cara pengukurannya yaitu dengan setiap pohon dihitung diameter panjang sumbu tajuknya dalam dua arah berlawanan (Timur-Barat dan Selatan-Utara). Perhitungan luas tajuk ini dilakukan dengan asumsi bahwa penutupan tajuk pohon berbentuk lingkaran sehingga digunakan **Persamaan 3 pada Bab 1**. Adapun bagan alir proses pengambilan data dapat dilihat pada **Gambar 20**.



Gambar 20 Bagan alir pengambilan data daya serap CO₂ vegetasi

b. Pengambilan Data Volume Kendaraan

Penghitungan volume kendaraan dilakukan dengan metode pengukuran langsung dilapangan menggunakan aplikasi *Traffic Counter*. Pengukuran dilakukan secara serentak pada masing-masing titik pengamatan yang telah ditentukan sebelumnya. Pengukuran dilakukan dalam 3 interval waktu berbeda yaitu interval pagi, siang, dan sore dengan masing-masing waktu pengukuran 10 menit dan dilakukan oleh 8 orang surveyor. Jumlah kendaraan dihitung pada masing-masing jam puncak tiap interval karena dianggap sebagai waktu dimana kendaraan berada pada batas maksimal sehingga CO₂ yang dihasilkan juga merupakan jumlah terbesarnya. Adapun untuk jenis kendaraan yang dihitung sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 pada **Tabel 1**. Adapun bagan alir proses pengambilan data dapat dilihat pada **Gambar 21**.



Gambar 21 Bagan alir pengambilan data volume kendaraan

2.5.2 Data Sekunder

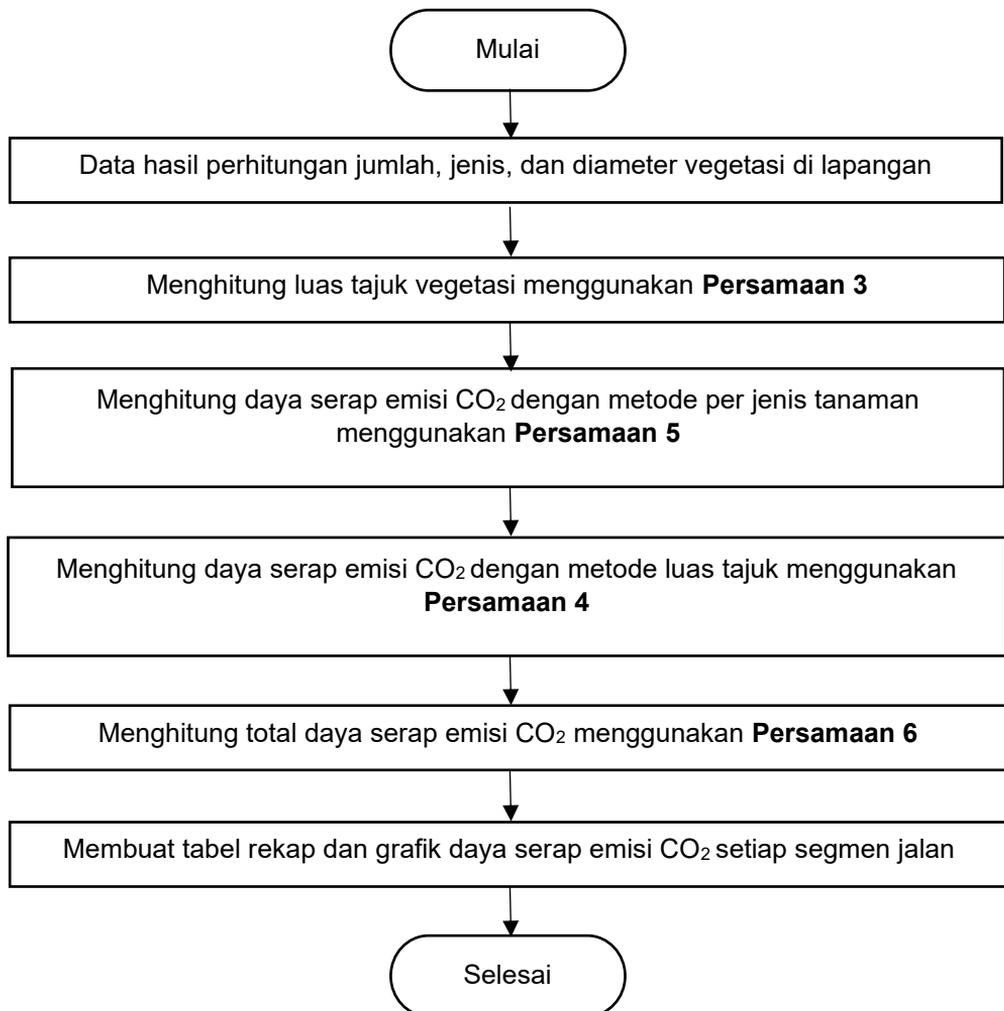
Data sekunder yang digunakan yaitu peta jaringan jalan yang diperoleh dari google earth, peraturan terkait, pedoman, serta aturan-aturan standar yang telah ditetapkan. Sedangkan untuk data daya serap per jenis vegetasi didapatkan dari penelitian terdahulu.

2.6 Metode Pengolahan Data

Setelah data primer dan sekunder didapatkan, maka selanjutnya data tersebut dianalisis. Analisis data bertujuan untuk mengetahui besaran penyerapan emisi CO₂ jalur hijau di sepanjang Jalan Metro Tanjung Bunga terhadap besaran emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang melintas pada jalan tersebut. Pembagian analisis data ini dibagi menjadi:

2.6.1 Analisis Daya Serap CO₂ Vegetasi Jalur Hijau

Berdasarkan **Persamaan 5** dapat diketahui perhitungan daya serap CO₂ oleh vegetasi yaitu dengan cara mengalikan luas tajuk (dalam satuan hektar) dengan daya serap berdasarkan tipe penutupan vegetasi yang dapat dilihat pada **Gambar 10** pada **Bab 1**. Adapun bagan alir perhitungan analisis daya serap CO₂ dapat dilihat pada **Gambar 22**.



Gambar 22 Bagan alir perhitungan analisis daya serap CO₂ jalur hijau

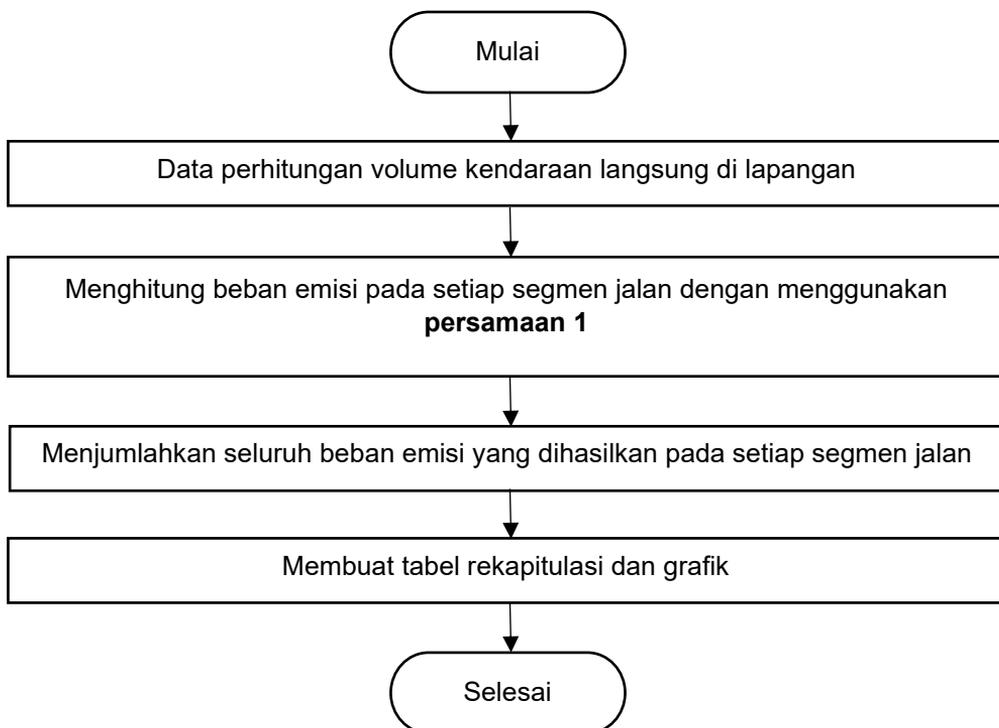
Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar di atas ialah sebagai berikut:

- Data hasil perhitungan jumlah, jenis, dan diameter vegetasi pohon di lapangan.
- Menghitung luas tajuk vegetasi menggunakan **Persamaan 3** menggunakan diameter tumbuhan yang telah diukur sebelumnya.
- Menghitung daya serap emisi CO₂ menggunakan metode per jenis tumbuhan dengan menggunakan **Persamaan 5** yaitu mengalikan jumlah vegetasi dengan daya serap vegetasi per jenisnya yang memakai satuan kg/pohon/tahun kemudian mengubahnya menjadi satuan kg/jam untuk menyamakan dengan satuan beban emisi sebelumnya. Adapun nilai daya serapnya diperoleh dari penelitian terdahulu.

- d. Menghitung daya serap emisi CO₂ menggunakan metode luas tajuk dengan menggunakan **Persamaan 4** yaitu mengalikan nilai luas tajuk yang telah dihitung sebelumnya dengan persen kerapatan tiap satuan vegetasi.
- e. Menjumlahkan total daya serap emisi CO₂ dari hasil kedua metode sebelumnya menggunakan **Persamaan 6**.
- f. Membuat tabel rekapitulasi hasil perhitungan dan grafik agar daya serap tertinggi dapat diketahui dimasukkan pada analisis perhitungan selanjutnya.

2.6.2 Analisis Beban Emisi Kendaraan Bermotor

Data yang diperoleh dari perhitungan volume kendaraan secara langsung di lapangan bertujuan untuk mengetahui beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktifitas kendaraan bermotor. Berdasarkan **Persamaan 1** dapat dilihat bahwa volume kendaraan merupakan salah satu faktor penting dalam melakukan analisis beban emisi kendaraan. Selain itu, juga dibutuhkan nilai faktor emisi yang diperoleh dari PERMEN LHK No.12 Tahun 2010 karena setiap jenis kendaraan dan jenis bahan bakar memiliki faktor emisi yang berbeda sehingga beban emisi yang dihasilkan juga akan berbeda. Adapun bagan alir perhitungan analisis beban emisi kendaraan bermotor dapat dilihat pada **Gambar 23**.



Gambar 23 Bagan alir perhitungan beban emisi kendaraan bermotor

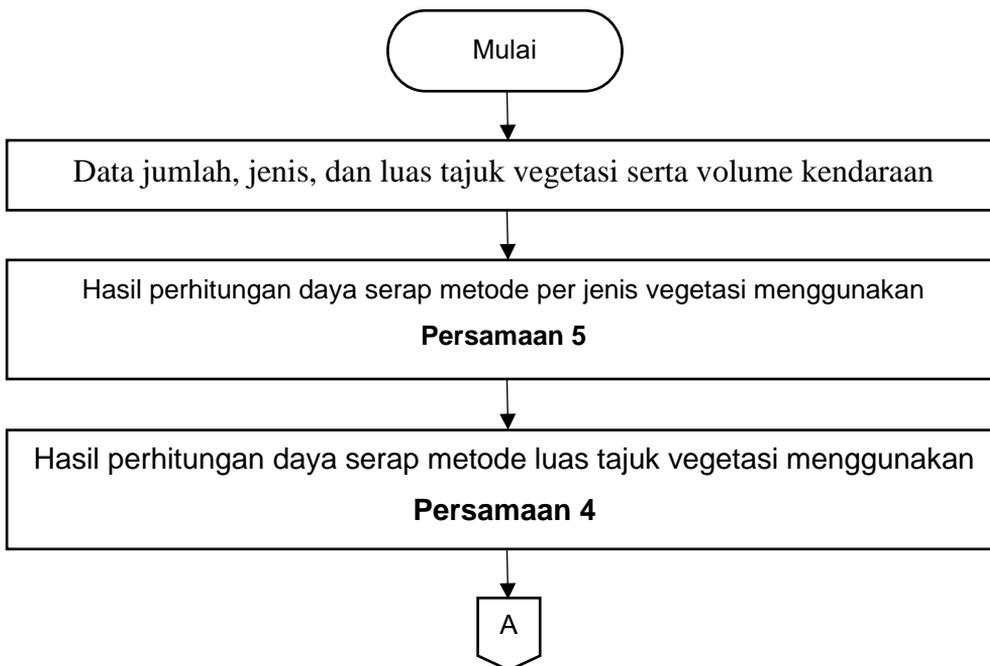
Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar di atas ialah sebagai berikut:

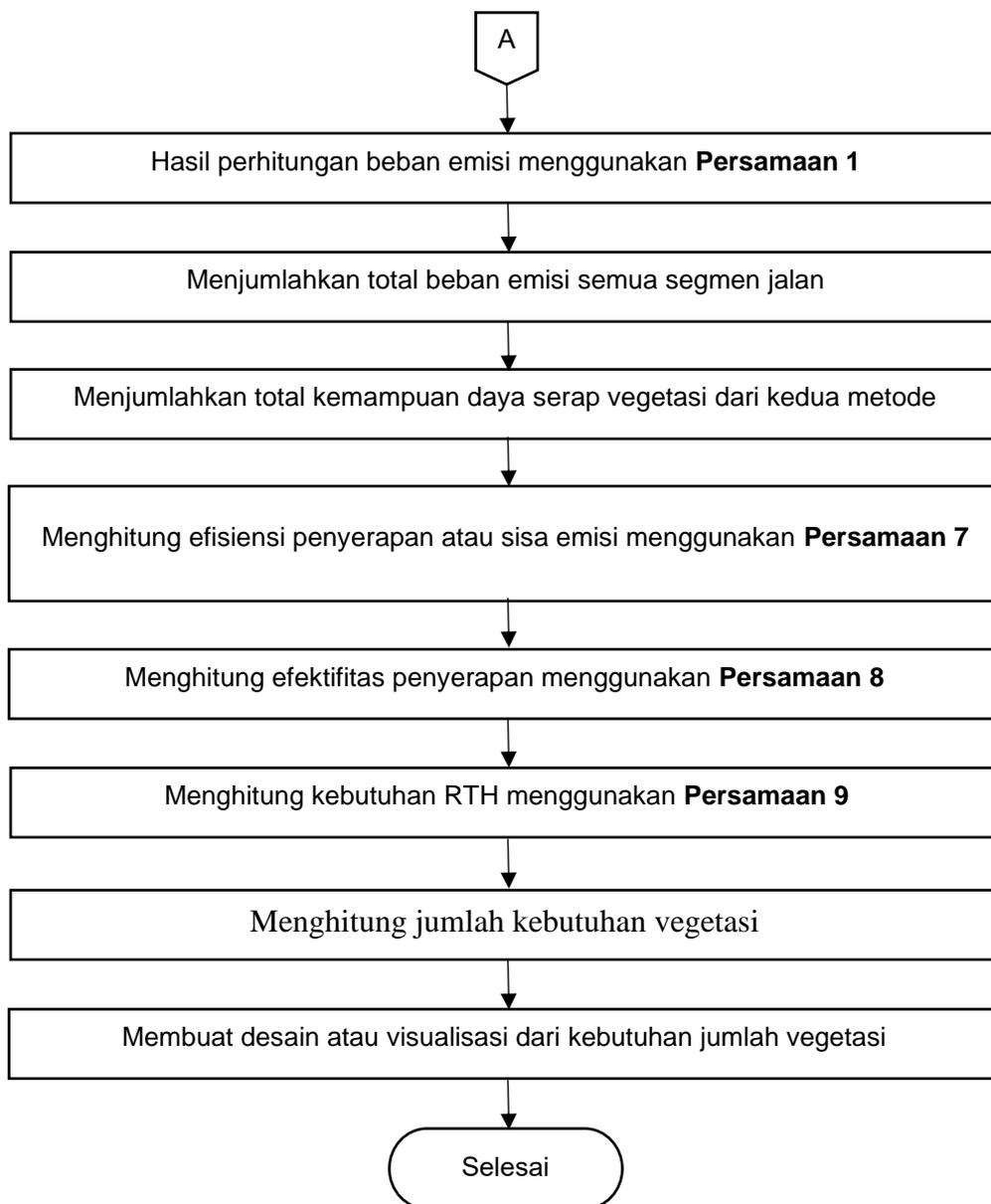
- a. data hasil perhitungan volume kendaraan sesuai jenis kendaraan yang didapatkan dari perhitungan langsung di lapangan.

- b. Menghitung beban emisi pada setiap segmen jalan dengan menggunakan **Persamaan 1** yaitu mengalikan jumlah kendaraan bermotor, konsumsi energi spesifik, faktor emisi, dan panjang jalan tiap segmen sehingga didapatkan hasil beban emisi pada setiap segmen dengan satuan kg/jam.
- c. Menjumlahkan seluruh beban emisi yang dihasilkan pada setiap segmen jalan untuk mengetahui total emisi yang dihasilkan pada setiap interval di segmen jalan.
- d. Membuat tabel rekapitulasi hasil perhitungan dan grafik agar beban emisi tertinggi dapat diketahui dan akan dimasukkan pada analisis perhitungan selanjutnya.

2.6.3 Analisis Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau

Analisis ketersediaan vegetasi pada jalur hijau dapat dilihat dengan membandingkan kondisi eksisting vegetasi pada jalur hijau jalan, besarnya beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktifitas kendaraan bermotor dengan kemampuan daya serap vegetasi. Dari kondisi eksisting didapatkan data jumlah dan jenis vegetasi pada jalan sehingga dapat diketahui kemampuan daya serap vegetasi tersebut terhadap beban emisi CO₂ yang ada di Lokasi. Setelah data jumlah beban emisi dan kemampuan daya serap vegetasi diketahui maka akan diketahui efisiensi penyerapan emisi menggunakan **Persamaan 7** dan efektifitas penyerapan emisi menggunakan **Persamaan 8** sehingga diperoleh total kebutuhan ruang terbuka hijau yang dibutuhkan. Dari total kebutuhan ruang terbuka hijau selanjutnya bisa didapatkan total vegetasi yang dibutuhkan dengan cara membagi total efisiensi penyerapan atau sisa emisi dengan total kebutuhan ruang terbuka hijau. Adapun bagan alir perhitungan ketersediaan vegetasi jalur hijau dapat dilihat pada **Gambar 24**.





Gambar 24 Bagan alir perhitungan ketersediaan vegetasi jalur hijau

Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar di atas ialah sebagai berikut:

- Data jumlah, jenis, dan luas tajuk vegetasi serta volume kendaraan.
- Data hasil perhitungan daya serap vegetasi terhadap beban emisi CO_2 menggunakan metode per jenis vegetasi dengan **Persamaan 5**.
- Data hasil perhitungan daya serap vegetasi terhadap beban emisi CO_2 menggunakan metode luas tajuk per vegetasi dengan **Persamaan 4**.

- d. Data hasil perhitungan beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktifitas kendaraan bermotor menggunakan **Persamaan 1** pada setiap segmen jalan. Selanjutnya menjumlah semua beban emisi dari masing-masing segmen jalan.
- e. Menjumlahkan total kemampuan daya serap vegetasi terhadap beban emisi dari kedua metode di atas menggunakan **Persamaan 6**.
- f. Menghitung sisa emisi CO₂ dengan mengurangi total emisi yang dihasilkan dengan total daya serap yang dihasilkan.
- g. Menghitung efektivitas penyerapan emisi CO₂ dengan membagi total daya serap vegetasi dengan total beban emisi CO₂ dikali seratur persen.
- h. Menghitung kebutuhan RTH dengan membagi sisa beban emisi CO₂ dengan koefisien daya serap CO₂ vegetasi yaitu 129,92 kg/ha.jam.
- i. Menghitung jumlah total kebutuhan vegetasi dengan membagi efisiensi penyerapan atau sisa beban emisi dengan total kebutuhan RTH.