

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan nasional suatu negara memiliki fokus utama untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Hal ini dicapai melalui berbagai kegiatan yang mendukung perkembangan di semua bidang, termasuk dalam aspek perekonomian. Pertumbuhan ekonomi adalah salah satu indikator penting yang mencerminkan kemajuan perekonomian suatu negara, yang digunakan untuk mengevaluasi hasil dari program-program yang telah dilaksanakan dan sebagai pedoman untuk pembangunan masa depan (Kartiasih, 2019).

Transportasi memiliki peran esensial dalam kemajuan pembangunan, yang tidak hanya terbatas pada dorongan pertumbuhan regional, tetapi juga mendukung pembangunan ekonomi nasional. Kehadiran transportasi menjadi kunci penting, terutama di wilayah perkotaan, di mana kendala dalam sistem transportasi dapat berdampak pada kelancaran berbagai aktivitas lainnya (Kurniawan et al., 2021).

Selain memberikan dampak positif, transportasi juga memiliki dampak negatif yang dapat merugikan lingkungan. Asap dari kendaraan bermotor menjadi penyumbang utama pencemaran udara. Kontribusi sektor transportasi terhadap pencemaran udara mencapai 60-70%. Penggunaan bahan bakar di Indonesia mengalami lonjakan signifikan, meningkat dari 9 juta kiloliter per tahun pada tahun 1996 menjadi 76 juta kiloliter per tahun pada tahun 2018, atau meningkat sebanyak 8,4 kali lipat. Dengan kata lain, setiap menit, tidak kurang dari 146.604 liter bahan bakar terbakar menjadi asap knalpot di Indonesia. Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan motor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO₂), timbal (Pb), dan karbon dioksida (CO₂) (Munawar Alfansury & Septiawan, 2023). Menurut Badan Meterologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), gas karbon dioksida (CO₂) merupakan gas yang memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global diikuti oleh gas metan (CH₄) dimana lebih dari 75% komposisi gas emisi rumah kaca di atmosfer adalah CO₂ (Sucipto et al., 2023).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2023, Kabupaten Gowa memiliki luas sebesar 1883,33 km² persegi atau sama dengan 3,01% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Selatan dengan jumlah penduduk sebesar 799.999 jiwa yang mengalami peningkatan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,53% dari tahun sebelumnya. Dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi selaras juga dengan



an bermotor mengakibatkan aktivitas transportasi menjadi ri tentunya akan mempengaruhi peningkatan emisi gas rumah

g Terbuka Hijau (RTH) dianggap sebagai salah satu strategi mitigasi pemanasan global untuk menangani peningkatan emisi dan dianggap pilihan yang tepat karena mampu secara signifikan CO₂ yang merupakan penyumbang terbesar dalam Gas Rumah

Kaca (GRK) (Rawung, 2015). Ruang Terbuka Hijau (RTH), adalah area memanjang/jalur dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh tanaman secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Permen PU No. 05/PRT/M/2008). Dalam Undang-Undang RI No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, pasal 29 ayat 2 dan 3 diuraikan bahwa proporsi minimal 30% dari total luas wilayah perkotaan diperlukan untuk ruang terbuka hijau di mana minimal 20% harus dialokasikan untuk kawasan publik dan minimal 10% untuk kawasan privat.

Salah satu jenis RTH yang berada pada jalan adalah jalur hijau. Jalur hijau jalan merupakan ruang terbuka hijau yang memanjang baik yang berada pada sisi jalan maupun pada median jalan. Jalur hijau jalan memiliki tiga fungsi utama yaitu fungsi pembatas, fungsi peredam kebisingan, dan fungsi pereduksi polusi udara. Pepohonan pada jalur hijau memiliki fungsi ekologi utama sebagai penambat karbon dan mengurangi polusi kendaraan bermotor (Gasali et al., 2023).

Kabupaten Gowa memiliki sistem jaringan jalan yang terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu jalan kolektor primer, kolektor sekunder, arteri primer, arteri sekunder, jalan protokol, jalan bebas hambatan, dan jalan lokal. Klasifikasi ini dilakukan berdasarkan penggunaan jalan, ruas jalan, serta sesuai dengan tata guna lahan, fungsi, dan manajemen transportasi yang berlaku.

Jalan Tun Abdul Razak termasuk dalam klasifikasi jalan arteri primer. Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Gowa 2012-2032, Jalan Tun Abdul Razak dikenal sebagai kawasan permukiman perkotaan serta jalur utama yang menghubungkan Kota Makassar dan Kabupaten Gowa. Jalur ini menjadi strategis untuk mendukung pertumbuhan ekonomi regional (Febriyanti et al., 2020). Jalan Tun Abdul Razak memiliki jalur hijau yang penting untuk menyerap polutan udara. Namun, meningkatnya penggunaan kendaraan pada jalan strategis ini menyebabkan peningkatan polusi udara, sehingga jalur hijau yang ada berpotensi tidak memenuhi standar yang diatur pada Undang-Undang No.26 Tahun 2007.

Berdasarkan hal tersebut maka perlunya dilakukan penelitian untuk mengetahui ketersediaan ruang terbuka hijau eksisting khususnya pada kemampuan pohon serta semak/perdu di ruang terbuka hijau tersebut dalam menyerap emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang beroperasi pada Jalan Tun Abdul Razak. Sehingga saya mengambil judul yaitu **“Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan dan Penyimpanan CO₂ pada Jalan Tun Abdul Razak Kabupaten Gowa”**.

1.2 Rumusan Masalah



dan judul yang diambil, maka rumusan masalah dalam ini sebagai berikut:

besaran daya serap CO₂ ruang terbuka hijau dengan luas tajuk dan besaran penyimpanan CO₂ dengan metode biomassa pada Jalan Tun Abdul Razak?

2. Bagaimana besaran beban emisi CO₂ kendaraan bermotor Jalan Tun Abdul Razak?
3. Bagaimana kebutuhan dan kemampuan Ruang Terbuka Hijau terhadap emisi CO₂ dari kendaraan yang melintas pada Jalan Tun Abdul Razak?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis besaran daya serap CO₂ ruang terbuka hijau dengan menggunakan metode luas tajuk dan besaran penyimpanan CO₂ ruang terbuka hijau dengan menggunakan metode biomassa pada Jalan Tun Abdul Razak.
2. Untuk menganalisis besaran emisi dari kendaraan pada Jalan Tun Abdul Razak.
3. Untuk menganalisis kebutuhan dan kemampuan Ruang Terbuka Hijau terhadap emisi CO₂ dari kendaraan yang melintas pada Jalan Tun Abdul Razak.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Pemerintah
Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk meningkatkan pengelolaan kualitas lingkungan dan bidang tata ruang khususnya dalam hal menyikapi pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor pada Jalan Tun Abdul Razak.
2. Bagi Universitas
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi penyelesaian tugas akhir dan sarana pengembangan ilmu pengetahuan mengenai ruang terbuka hijau khususnya ketersediaan ruang terbuka hijau dalam mereduksi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.
3. Bagi Masyarakat
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi kepada masyarakat akan pentingnya ruang terbuka hijau untuk mengeleminasi polusi udara yang disebabkan oleh alat elektronik dan kendaraan bermotor yang digunakan sehari-hari.
4. Bagi Penulis
Sebagai syarat penyelesaian studi sarjana dan meningkatkan pemahamannya ruang terbuka hijau pada suatu wilayah dalam menjaga agar tetap seimbang seiring dengan kebutuhan lahan yang kian



1.5 Ruang Lingkup

1.5.1 Ruang Lingkup Subtansi

Tugas akhir ini membahas mengenai kebutuhan ruang terbuka hijau pada Jalan Tun Abdul Razak ditinjau dari serapan dan simpanan CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor menggunakan metode metode luas tajuk dan biomassa pohon. Adapun emisi yang bersumber bukan dari kendaraan bermotor tidak dibahas pada tugas akhir ini. Penelitian dilakukan dengan menghitung volume kendaraan pada 1 hari kerja yakni Rabu, 31 Juli 2024 dalam kondisi jam puncak tiap 15 menit selama 1 jam dengan interval pagi hari yaitu pukul 07:00 – 08:00 WITA, siang hari yaitu pukul 12:00 – 13:00 WITA, dan sore hari yaitu pukul 17:00 – 18:00 WITA. Selanjutnya pengambilan data vegetasi dilakukan selama 4 hari yaitu pada tanggal 2–5 Agustus 2024.

1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah

Wilayah yang dijadikan objek penelitian adalah ruang terbuka hijau pada Jalan Tun Abdul Razak

1.6 Teori

1.1.1 Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertahanan Nasional Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2022 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau pada Bab 1 Pasal 1 Ayat 16 yang menyatakan bahwa Ruang Terbuka Hijau yang selanjutnya disingkat RTH adalah area memanjang/jalur yang penggunaannya lebih bersifat terbuka atau tempat tumbuh tanaman yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam dengan mempertimbangkan aspek fungsi ekologi, resapan air, ekonomi, sosial budaya, dan estetika.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan pada Pasal 1 Ayat 1 Tahun, Ruang Terbuka Hijau adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang



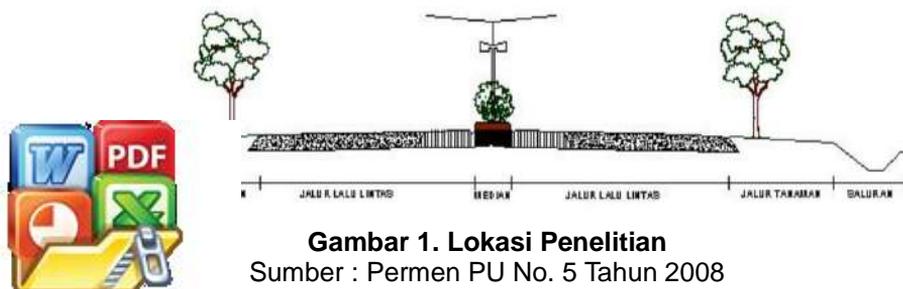
cara fisik RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami seperti kawasan lindung, dan taman-taman nasional serta RTH non alami seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman, atau jalur-jalur hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting bagi kehidupan perkotaan, salah satunya berfungsi sebagai paru-paru kota. Keberadaan dan pemanfaatannya memberikan banyak manfaat, seperti yang disebutkan dalam

Instruksi Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1988 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau di Wilayah Perkotaan yang memberikan peranan RTH bagi pengembangan kota adalah sebagai areal yang melindungi fungsi ekosistem dan sebagai penyangga kehidupan, sebagai sarana yang menciptakan kebersihan, kesehatan, keserasian dan kehidupan lingkungan, sebagai sarana rekreasi, melindungi lingkungan perkotaan dari berbagai pencemaran baik di darat, air, maupun udara, serta berfungsi sebagai sarana penelitian, pendidikan, dan penyuluhan untuk meningkatkan kesadaran lingkungan masyarakat. Selain itu, RTH juga berfungsi sebagai tempat perlindungan plasma nutfah, mempengaruhi dan memperbaiki iklim mikro, serta mengatur tata air (Alifia, 2020).

1.1.2 Jalur Hijau Jalan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, jalur hijau adalah jalur penempatan tanaman serta elemen lansekap lainnya yang terletak di dalam ruang milik jalan (RUMIJA) maupun di dalam ruang pengawasan jalan (RUWASJA). Sering disebut jalur hijau karena dominasi elemen langsekapnya adalah tanaman yang pada umumnya berwarna hijau. Penempatan vegetasi pada JHJ berkisar 20-30% dari ruang milik jalan sesuai dengan kelas jalannya. JHJ dikelompokkan menjadi beberapa struktur, yaitu daerah sisi jalan, median jalan, dan pulau jalan. Daerah sisi jalan adalah daerah yang berfungsi untuk keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, menyediakan lahan untuk pengembangan jalan, berperan sebagai kawasan penyangga, jalur hijau, tempat pembangunan fasilitas pelayanan, serta melindungi bentuk alami lingkungan sekitarnya (Widiastuti, 2013). Median jalan adalah jalur pemisah yang membagi jalan menjadi dua atau lebih jalur yang berfungsi sebagai pembatas dan penuntun arah untuk mencegah tabrakan dengan kendaraan dari arah berlawanan. Pulau jalan adalah bagian JHJ yang terbentuk oleh geometri jalan seperti pada persimpangan atau bundaran jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5, 2008). JHJ dapat ditanami dengan herba, perdu, maupun pohon yang biasanya dikombinasikan untuk mendapatkan lanskap yang menarik. Berikut contoh tata letak jalur hijau pada jalan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

Jalur hijau memuat kriteria tanaman pada JHH yang sesuai peruntukannya sebagai berikut:

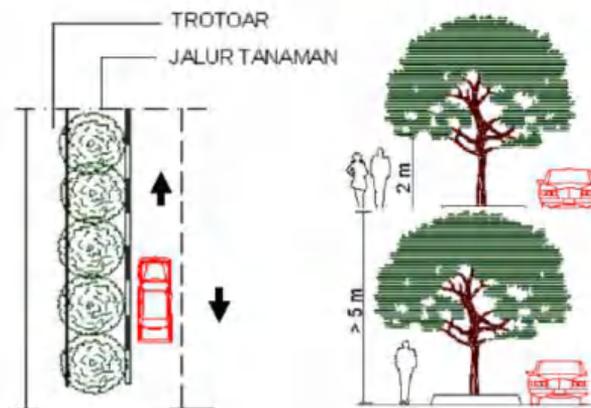
1. Pada Sisi Jalan

a. Sebagai peneduh

Adapun kriteria jenis tanaman sebagai peneduh pada sisi jalan adalah :

- Ditanam pada jarak minimal 1,5 meter dari tepi jalan
- Percabangan 2 meter diatas tanah
- Bentuk percabangan tidak merunduk
- Bermassa daun padat
- Berasal dari perbanyakan biji
- Ditanam secara berbaris
- Tidak mudah tumbang

Contoh jenis tanaman yang digunakan sebagai peneduh ialah bungur, tanjung, dan kiara payung



Gambar 2. Jalur Tanaman Tepi Peneduh

Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

b. Penyerap polusi udara

Adapun kriteria jenis tanaman yang dapat menyerap polusi udara adalah :

- Terdiri dari pohon, semak/perdu
- Memiliki kegunaan untuk menyerap udara
- Jarak tanam yang rapat

Contoh jenis tanaman yang digunakan dalam menyerap polusi udara adalah ia daun besar, oleander, bogenvil, dan teh-tehan pangkas





Gambar 3. Jalur Tanaman Tepi Penyerap Polusi Udara

Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

c. Peredam kebisingan

Adapun kriteria jenis tanaman yang sebagai peredam kebisingan sebagai berikut :

- Terdiri dari pohon, perdu/semak
- Membentuk massa
- Bermassa daun rapat
- Berbagai bentuk tajuk

Contoh jenis tanaman yang digunakan sebagai peredam kebisingan yaitu tanjung, kiara payung, teh-tehan pangkas, kembang sepatu, bogenvil, dan oleander



Gambar 4. Jalur Tanaman Tepi Peredam kebisingan

Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

d. Pemecah angin

Adapun kriteria jenis tanaman yang berfungsi sebagai pemecah angin adalah :



tanaman tinggi, perdu/semak

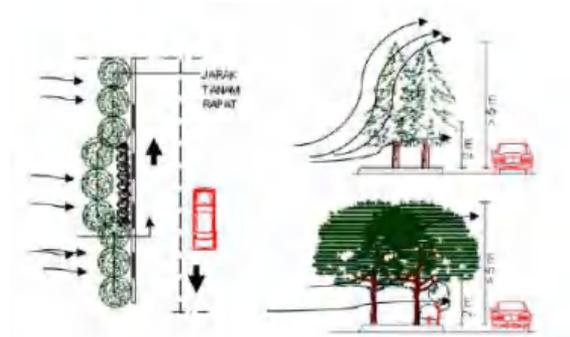
massa daun padat

tanam berbaris atau membentuk massa

jarak tanam rapat < 3 m

jenis tanaman pemecah angin ialah cemara, mahoni, tanjung, kiara

kembang sepatu



Gambar 5. Jalur Tanaman Tepi Pemecah Angin

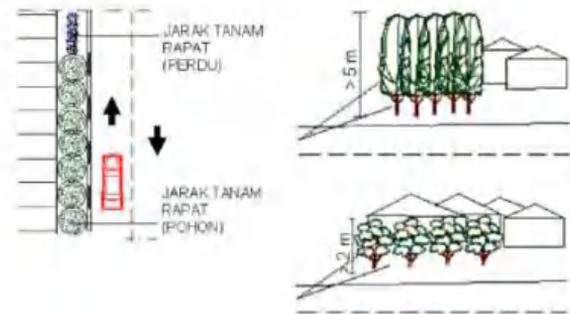
Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

e. Pembatas pandang

Adapun kriteria jenis tanaman pembatas pandangan pada tepi jalan sebagai berikut :

- Tanaman tinggi, perdu/semak
- Bermassa daun padat
- Ditanam berbaris atau membentuk massa
- Jarak tanam rapat

Contoh jenis tanaman yang berfungsi sebagai pembatas pandang yaitu bambu, cemara kembang sepatu, dan oleander



Gambar 6. Jalur Tanaman Tepi Pembatas Pandang

Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

2. Pada Median Jalan

Tanaman yang diperuntukkan pada median jalan berfungsi untuk penahan silau lampu kendaraan. Adapun kriteria tanaman yang digunakan pada median jalan



perdu atau semak
apat
m
i daun padat

Contoh tanaman pada median jalan yaitu bogenvil, kembang sepatu, oleander, dan nusa indah

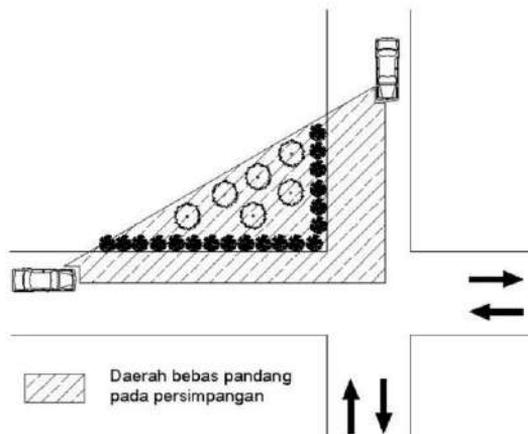


Gambar 7. Jalur Tanaman Pada Median Jalan

Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008

3. Pada Persimpangan Jalan

Pemilihan jenis kriteria tanaman yang di peruntukkan pada persimpangan jalan disesuaikan dengan kondisi geometrik jalan dengan mempertimbangkan apakah daerah tersebut merupakan daerah bebas pandang, atau terdapat pulau lalu lintas atau kanal yang memungkinkan untuk ditanami, serta tanaman yang berfungsi sebagai tanaman pengarah. Sebaiknya digunakan tanaman rendah berbentuk tanaman perdu dengan ketinggian $<0,80$ m. Adapun jenis tanaman yang dapat digunakan yaitu soka berwarna-warni, lantana, pangkas kuning, palem raja, pinam jambe, lontar, khaya, bungur, dan tanjung.



4. Jalur Tanaman Tepi Pada Persimpangan Jalan

Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2008



1.1.3 Kelompok Tanaman

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2012 tentang Pedoman Penanaman Pohon pada Sistem Jaringan Jalan, secara garis besar jenis tanaman terbagi menjadi 4 bagian, yaitu :



Gambar 9. Kelompok Tanaman
Sumber : Permen PU No. 5 Tahun 2012

1. Pohon

Pohon atau juga pokok adalah tumbuhan dengan batang dan cabang yang berkayu. Pohon memiliki batang utama yang tumbuh tegak, menopang tajuk pohon. Pohon dibedakan dari semak melalui penampilannya. Semak juga memiliki batang berkayu, tetapi tidak tumbuh tegak. Dengan demikian, pisang bukan termasuk pohon karena tidak memiliki batang sejati yang berkayu. Jenis-jenis mawar hias lebih tepat disebut semak daripada pohon karena batangnya walaupun berkayu tidak berdiri tegak dan habitusnya cenderung menyebar menutup permukaan tanah. Berdasarkan ukurannya, pohon dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu :

- a. Pohon Besar : memiliki ketinggian lebih dari 12 meter, dalam penataan lansekap berfungsi sebagai unsur penting yang secara fisik membagi ruang-ruang perkotaan dan perdesaan yang luas, yang tidak mungkin dibatasi oleh bangunan karena kendala permukaan tanah menjadi ruang-ruang yang lebih kecil.
- b. Pohon Sedang : memiliki ketinggian antara 9-12 meter, dalam penataan lansekap berfungsi sebagai pengatur komposisi bersama-sama dengan tanaman semak serta berfungsi untuk membatasi ruang dang vertikal.



Kecil : memiliki ketinggian maksimal 4,5 meter, dalam an lansekap berfungsi untuk memberikan aksen visual dalam isisi, sebagai pembatas atau latar depan yang bersifat ran, sebagai akhiran dari ruang linear dan daya tarik bagi rea Main Entrance.

2. Perdu atau Semak

Perdu atau semak adalah suatu kategori tumbuhan berkayu yang dibedakan dengan pohon karena cabangnya yang banyak dan tingginya yang lebih rendah, biasanya kurang dari 5-6 meter. Golongan perdu biasanya dibagi menjadi tiga, yaitu perdu rendah, perdu sedang, dan perdu tinggi. Bunga Sikat Botol, *Krossandra*, dan *Euphorbia* termasuk dalam kelompok tanaman perdu tersebut.

3. Terna

Terna adalah tumbuhan yang batangnya lunak karena tidak membentuk kayu. Tumbuhan semacam ini dapat merupakan tumbuhan semusim, tumbuhan dwimusim, ataupun tumbuhan tahunan. Tumbuhan yang dapat disebut terna umumnya adalah semua tumbuhan berpembuluh (*traacheophyta*). Biasanya sebutan ini hanya dikarenakan bagi tumbuhan yang berukuran kecil (kurang dari dua meter) dan tidak dikenakan pada tumbuhan non-kayu yang merambat digolongkan tumbuhan merambat).

4. Liana

Liana adalah suatu habitus tumbuhan. Suatu tumbuhan dikatakan liana jika dalam pertumbuhannya memerlukan kaitan atau objek lain agar ia 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 tidak memerlukan tanah sebagai sumber haranya.

1.1.4 Gas Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) adalah gas yang terbentuk secara alami dari pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa, serta dari perubahan penggunaan lahan dan proses lainnya. CO₂ dianggap sebagai gas antropogenik utama yang mempengaruhi keseimbangan radiaasi bumi. Gas ini tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, dan dilepaskan oleh manusia bersamaan dengan udara sisa pernapasan (IPCC, 2007). Menurut Agus, et al. (2011), CO₂ adalah Gas karbon dioksida adalah gas dengan rumus CO₂ yang tidak berbau dan tidak berwarna, terbentuk dari berbagai proses seperti pembakaran dan/atau dekomposisi bahan organik dan letusan gunung berapi. Dewasa ini CO₂ terdapat di udara dengan konsentrasi sekitar 0,039% volume atau 388 ppm volume. Konsentrasi CO₂ cenderung meningkat dengan banyaknya penggunaan bahan bakar minyak dan dari bahan organik di permukaan bumi.



ca. Secara alamiah cahaya matahari (radiasi gelombang papi permukaan bumi berubah menjadi panas, yang sebagian ke angkasa sebagai radiasi infra merah. Namun, sebagian eh gas-gas rumah kaca di atmosfer, seperti uap air, karbon sehingga panas terperangkap di atmosfer bumi. t Efek Rumah Kaca (*Greenhouse Effect*), karena peristiwanya

sama dengan rumah kaca dimana panas yang masuk akan terperangkap di dalamnya dan tidak menembus luar kaca sehingga dapat menghangatkan seisi rumah kaca tersebut. Efek rumah kaca terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) dan gas-gas lain di atmosfer. Peningkatan ini disebabkan oleh pembakaran bahan bakar minyak (BBM), batu bara, dan bahan bakar organik lainnya yang melebihi kemampuan tumbuhan dan laut untuk menyerapnya. Tumbuhan, hutan, dan laut berperan dalam menyerap CO_2 sehingga deforestasi menyebabkan kenaikan suhu bumi. Energi panas yang dipantulkan kembali sebagai radiasi infra merah sebagian terperangkap oleh awan, CO_2 , dan gas lain yang memantulkan panas kembali ke bumi. Semakin tinggi konsentrasi gas rumah kaca, semakin banyak panas yang terperangkap sehingga suhu bumi meningkat (Pratama, 2019).

Siklus Karbon. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang melibatkan pertukaran karbon antara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi. Aliran karbon dari atmosfer ke vegetasi berlangsung dua arah yaitu CO_2 diikat oleh tanaman melalui fotosintesis dan dilepaskan kembali ke atmosfer melalui dekomposisi dan pembakaran. Di ekosistem darat, karbon disimpan dalam berbagai komponen, seperti tanaman, seresah, dan tanah (Fathonah & Nurjani, 2018). Karbon di alam tidak tetap berada di satu tempat, melainkan terus mengalami siklus yang mengakibatkan pertukaran antar berbagai reservoir. Reservoir adalah tempat di mana karbon terkumpul menjadi stok karbon dan bertahan untuk jangka waktu tertentu. Di bumi, terdapat empat reservoir utama karbon, yaitu atmosfer, hidrosfer (laut), biosfer, dan litosfer (Falkowsky et al., 2000). Meski begitu, atmosfer dan hidrosfer adalah reservoir utama dalam siklus karbon yang melibatkan fitoplankton. Pertukaran karbon antar reservoir ini bisa memakan waktu mulai dari beberapa bulan hingga jutaan tahun (Ciais et al., 2013; Rackley, 2017). Menurut Afdal (2007) pengikatan CO_2 dari atmosfer dapat melalui beberapa cara, yaitu :

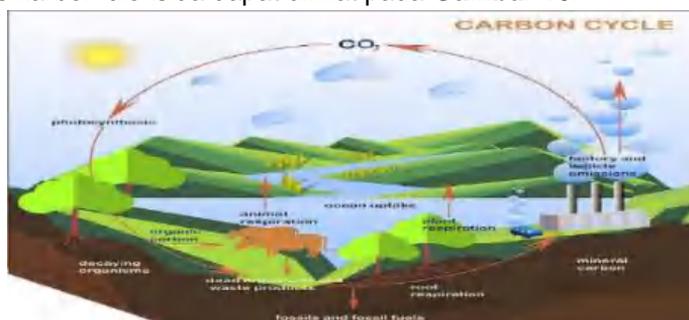
1. Ketika matahari bersinar, tumbuhan melakukan fotosintesis, mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat dan melepaskan oksigen. Hutan dengan pertumbuhan cepat menyerap lebih banyak karbon.
2. Permukaan laut di daerah kutub, dengan suhu lebih rendah, memudahkan pelarutan CO_2 , yang kemudian terbawa oleh sirkulasi termohalin ke lapisan air yang lebih dalam.
3. Di laut dangkal, organisme membentuk jaringan dan cangkang karbonat, yang menyebabkan aliran karbon ke lapisan air yang lebih dalam.
4. Pelapukan batuan silikat, proses ini tidak memindahkan karbon ke dalam



yang siap untuk kembali ke atmosfer, berbeda dengan dengan yang tidak memengaruhi CO_2 atmosferik karena proses pelapukan karbonat laut.

Peran penting dalam mengurangi pemanasan global dan pengurangan emisi CO_2 di atmosfer. Jumlah karbon di laut diperkirakan 50 kali lebih banyak daripada di atmosfer dan pertukaran karbon antara laut dan atmosfer memakan waktu ratusan tahun. Air laut mampu menyerap CO_2 antropogenik

karena daya larut CO_2 yang tinggi, serta kemampuannya untuk terurai menjadi ion-ion dan berinteraksi dengan unsur-unsur utama air laut (IPCC, 2001). Penyerapan CO_2 oleh samudera dipengaruhi oleh suhu air. Permukaan laut yang dingin lebih mudah menyerap CO_2 , sedangkan permukaan laut yang hangat cenderung melepaskannya ke atmosfer. Aliran arus laut, yang disebut sabuk laut, menghubungkan perairan tropis dan kutub, membawa air hangat ke daerah dingin dan sebaliknya, air dingin dari kutub dibawa ke tropis untuk dipanaskan (NOAA, 2007). Siklus karbon dioksida dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Siklus Karbon

Sumber : <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-carbon-cycle.html>

1.1.5 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan sebagai prasarana dalam sistem transportasi memegang peran penting dalam mendukung sektor ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan. Pengelompokan jalan sesuai dengan peruntukannya terdiri atas dua jalan yaitu jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum menurut fungsinya, dikelompokkan menjadi :

1. Jalan arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna
2. Jalan kolektor, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul dan pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah masuk dibatasi



yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi

dan jalan lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata

Pengolompokan jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi :

1. Jalan nasional, yaitu dalam arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol
2. Jalan provinsi, yaitu jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi
3. Jalan kabupaten, yaitu jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten
4. Jalan kota, yaitu jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota
5. Jalan desa, yaitu jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang jalan, sistem jaringan jalan terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Sistem jaringan jalan primer, yaitu menghubungkan secara menerus kota jenjang satu, kota jenjang dua, kota jenjang tiga, dan kota jenjang dibawahnya sampai ke persil dalam satu satuan wilayah pengembangan
2. Sistem jaringan jalan sekunder, yaitu menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder ke satu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ke tiga, dan seterusnya.

1.1.6 Dispersi Polutan

Dispersi adalah proses terjadinya aliran polutan yang kontinu terlepas dari sumbernya dan tertiuip oleh angin tetap (*steady state*) di atmosfer terbuka sehingga aliran polutan tersebut akan berbelok ke bawah dan terus bergerak sesuai dengan arah rata-rata angin yang menyebarkan konsentrasi polutan dan membawanya menjauhi sumbernya (Anshori et al., 2018). Dispersi polutan dipengaruhi langsung oleh faktor meteorologi. Faktor meteorologi yang mempengaruhi dispersi polutan yaitu:



perubahan suhu yang terjadi karena peningkatan ketinggian. suhu udara menyebabkan densitas udara yang dekat bumi sama dengan densitas yang berada di atasnya. Pergerakan antar molekul polutan menjadi lebih rapat dan aksi udara yang bergerak lebih lambat sehingga konsentrasi polutan mengalami peningkatan (Muhasniroh & Syech, 2021)

2. Angin

Dispersi polutan dipengaruhi oleh angin (arah dan kecepatan), yang akan mempengaruhi ke arah mana dan seberapa tinggi konsentrasi polutan di daerah tersebut. Arah angin akan menentukan arah daerah paparan, sedangkan kecepatan angin akan menentukan seberapa jauh pencemar akan terbawa sepanjang arah angin dominan (Turyanti, 2011).

3. Kelembaban

Kelembaban udara bernilai tinggi dapat menyebabkan terjadinya dispersi udara menjadi lebih lambat karena banyaknya uap air di udara akan menyebabkan aliran udara melambat secara horizontal maupun vertikal sehingga kadar polutan akan mengalami peningkatan (Muhaniroh & Syech, 2021).

4. Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang jatuh ke bumi ini disebut insolasi. Radiasi matahari yang sampai di atmosfer maupun tiba dipermukaan bumi merupakan energi utama dalam siklus cuaca termasuk persebaran polutan di atmosfer. Pengaruh dari radiasi matahari secara fisik dan dinamik dalam penyebaran polusi udara adalah sebagai sumber energi perpindahan massa udara. Hal ini disebabkan perbedaan pemanasan di permukaan bumi maupun di perairan yang menimbulkan angin dan terbelensi, sehingga mempengaruhi kondisi stabilitas atmosfer dan pencampuran polutan dengan lingkungan sekitar (Sakinah, 2021).

1.1.7 Pengukuran Emisi CO₂ dari Kendaraan Bermotor

Menurut Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 19 Tahun 2017 menyebutkan bahwa beban emisi adalah gas buang yang dibuang ke udara ambien. Pada perhitungan jumlah emisi karbon dioksida (CO₂) dari kendaraan bermotor, data-data yang diperlukan adalah data jumlah kendaraan, panjang jalan, faktor emisi, ekonomi bahan bakar, dan massa jenis bahan bakar kendaraan bermotor. Faktor emisi, ekonomi bahan bakar, dan massa jenis bahan bakar kendaraan bermotor mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dapat dilihat sebagai berikut (Pasaribu & Tangahu, 2015):

$$E_k = \frac{n \times L \times f \times p}{FE} \quad (1)$$

Keterangan :



n = jumlah kendaraan bermotor (kendaraan)

L = panjang jalan (km)

f = faktor emisi (g/kg BBM)

p = ekonomi bahan bakar (km/L)

FE = faktor emisi (g/kg BBM)

Massa jenis bensin 0,63 kg/L dan solar 0,7 kg/L

Faktor Emisi. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, faktor emisi merupakan rerata statistik dari jumlah massa pencemar yang diemisikan untuk setiap satuan aktivitas kegiatan. Nilai ini dapat dinyatakan dalam massa pencemar per unit berat, volume, jarak atau durasi suatu aktivitas mengemisikan pencemar tersebut. Angka faktor ini berasal dari nilai rata-rata statistik dari data pemantauan yang tersedia, yang umumnya diasumsikan telah merepresentasikan nilai rata-rata jangka panjang untuk suatu kategori sumber pada aktivitas/fasilitas yang spesifik. Faktor emisi kendaraan bermotor dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1. Karakteristik geografi (meteorologi dan variasi kontur)
2. Karakteristik bahan bakar
3. Teknologi kendaraan
4. Pola kecepatan kendaraan bermotor (*driving cycle*)

Asumsi:

1. Karakteristik geografi kota di seluruh Indonesia diasumsikan seragam
2. Karakteristik bahan bakar di seluruh Indonesia diasumsikan seragam
3. Teknologi kendaraan bermotor sebanding dengan umur kendaraan bermotor dan dapat diasumsikan seragam distribusinya di seluruh Indonesia apabila belum tersedia data populasi kendaraan bermotor berdasarkan umurnya

Nilai faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota metropolitan dan kota besar di Indonesia yang ditetapkan berdasarkan kategori kendaraan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Kategori Kendaraan

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

Sumber : Permen LHK Nomor 12 Tahun 2010

Apabila kategori mobil dibagi menjadi sub-kategori tanpa membedakan jenis bahan bakar, ditambah dengan kendaraan roda 3, maka faktor emisi untuk sub-kategori sebagai berikut.



Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Sub-Kategori

CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
43,1	5,08	2,1	0,006	3180	0,029

Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara*	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
Taksi	55,3	5,6	2,8	0,008	3180	0,025
Roda 3 (bajaj)	70,7	33,8	0,25	1,2	3180	0,013
Pick-up	31,8	3,5	2	0,026	3178	0,13
Jeep	36,7	3,86	2,36	0,039	3178	0,145
Van/minibus	24	2,9	1,55	0,029	3178	0,14
Sedan	33,8	3,7	1,9	0,004	3180	0,023

Sumber : Permen LHK Nomor 12 Tahun 2010

Ekonomi Bahan Bakar. Dalam menentukan faktor emisi menggunakan pendekatan melalui konsumsi bahan bakar pada setiap jenis kendaraan. Maka dari itu, perlu diketahui nilai ekonomi bahan bakar. Merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, ekonomi bahan bakar (*fuel economy*) adalah banyaknya bahan bakar yang diperlukan oleh kendaraan bermotor untuk menempuh suatu jarak tertentu. Nilai ekonomi bahan bakar dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3. Ekonomi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor

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

Sumber : Permen LHK Nomor 12 Tahun 2010

1.1.8 Pengukuran CO₂ oleh Tumbuhan

Penyerapan gas CO₂ oleh tanaman melalui proses fotosintesis. Menurut (Kusminingrum, 2008), tanaman membutuhkan CO₂ untuk pertumbuhannya. Peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer dapat merangsang proses fotosintesis, pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan produktivitasnya tanpa kebutuhan air (transpirasi). Fotosintesis umumnya terjadi pada tumbuhan yang memiliki kloroplas atau pigmen. Secara umum, proses fotosintesis melibatkan pengikatan gas karbon dioksida (CO₂) dari udara dan pengambilan nutrisi dari tanah dengan bantuan energi foton cahaya tampak, akan menghasilkan glukosa (C₆H₁₂O₆) dan gas oksigen (O₂). Reaksi fotosintesis dapat dilihat





Keterangan :

CO_2 = Karbon dioksida

H_2O = Air

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ = Glukosa

O_2 = Oksigen

Tumbuhan menangkap cahaya melalui pigmen yang disebut klorofil, yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil mengandung organel yang disebut kloroplas, yang berperan dalam menyerap cahaya untuk proses fotosintesis. Meskipun semua bagian tumbuhan yang berwarna hijau memiliki kloroplas, sebagian besar energi dihasilkan di daun. Di dalam daun, terdapat lapisan sel yang disebut mesofil, yang mengandung sekitar setengah juta kloroplas per milimeter persegi. Cahaya melewati lapisan epidermis yang transparan menuju mesofil, tempat sebagian besar proses fotosintesis berlangsung. Permukaan daun biasanya dilapisi oleh kutikula lilin yang bersifat anti air untuk mencegah penyerapan cahaya matahari atau penguapan air berlebihan (Sinambela, 2006).

Daya serap CO_2 setiap tanaman per satuan waktu bervariasi, tergantung pada jenis tanaman, terutama morfologi daunnya. Pada tanaman yang dapat bertahan di lingkungan dengan intensitas cahaya rendah, daunnya cenderung lebih besar, lebih tipis, memiliki ukuran stomata yang lebih besar, jumlah daun yang sedikit, dan ruang antar sel yang lebih besar. Sebaliknya, di lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi, daun biasanya lebih kecil, tebal, stomatanya lebih kecil dan banyak, juga jumlah daun yang lebih rindang (Leopold & Kriedemann, 1975).

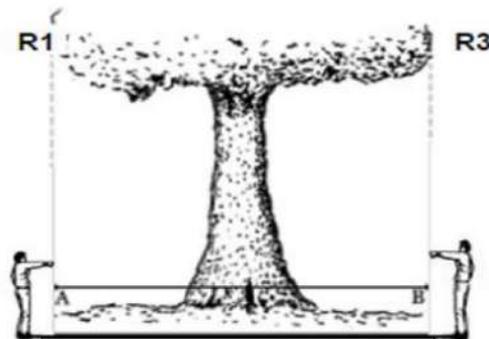
Laju penyerapan CO_2 juga dipengaruhi oleh umur dan posisi daun. Klorofil dalam daun meningkat seiring bertambahnya usia dan luas daun. Ketika daun masih muda, kemampuan fotosintesisnya relatif rendah, namun akan terus meningkat hingga mencapai ukuran maksimal. Setelah itu, daun akan menua dan mulai menguning karena kerusakan klorofil. Daun yang berada di bagian dalam tajuk juga memiliki laju penyerapan yang rendah karena daun tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup (Dahlan, 2007). Karbon yang tersimpan oleh ruang terbuka hijau dengan populasi 10.000 pohon yang berumur 16-20 tahun dapat mengurangi karbon dioksida sebesar 800 ton per tahun (Simpson dan McPherson, 1999).

Metode Luas Tajuk. Metode luas tajuk adalah salah satu metode pengukuran dalam menyerap CO_2 . Tajuk merujuk pada bagian tumbuhan yang berada di atas permukaan tanah, termasuk pohon, perdu, atau liana yang menempel pada batang utama. Selain itu, tajuk juga dapat mencakup batang atau sumbu, terutama pada

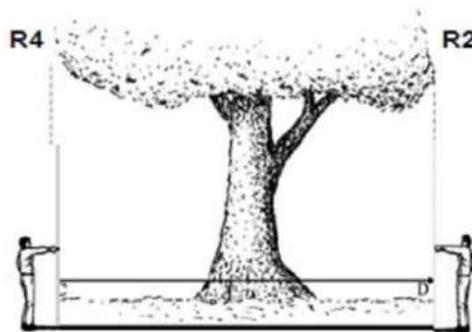


anak atau terna. Kanopi adalah kumpulan tajuk dari satu atau lebih individu yang menutupi suatu area. Pengukuran tajuk dilakukan improvisasi, yaitu dengan menetapkan satu titik sebagai pusat tajuk. Dari titik tersebut, dibuat garis ke arah utara, selatan, timur, dan barat, juga mencapai batas tajuk. Panjang rata-rata dari garis-garis tersebut untuk menentukan diameter tajuk. Pada pohon-pohon tropis, pengukuran luas tajuk dilakukan dua kali dengan posisi garis saling tegak

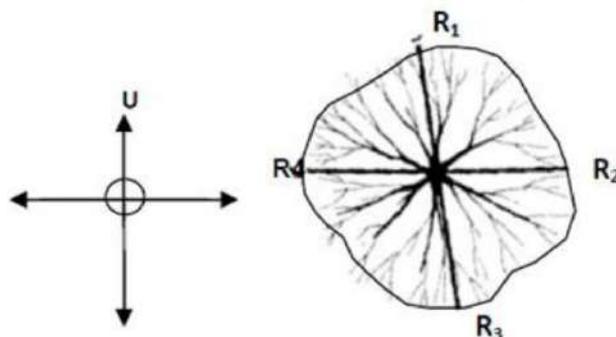
lurus. Secara teknis, pengukuran diameter tajuk dilakukan dengan mengukur jari-jari tajuk pohon sebanyak empat arah mata angin utama (utara, timur, selatan, dan barat) (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).



Gambar 11. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Utara dan Selatan
Sumber : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013



Gambar 12. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Barat dan Timur
Sumber : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013



13. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Atas
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013

meter terpanjang dan diameter terpendek tajuk dilakukan secara langsung. Diameter terpanjang dan diameter terpendek tajuk dapat menggunakan persamaan :



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

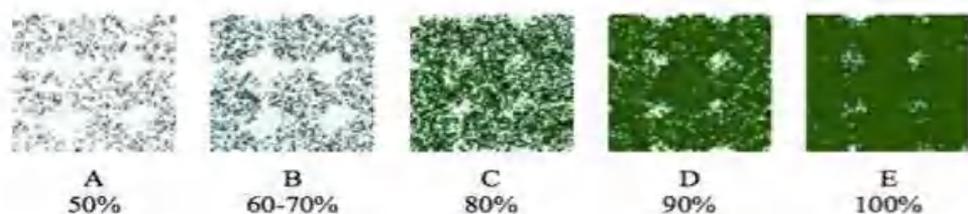
Ruang terbuka hijau memiliki berbagai macam tipe penutupan vegetasi seperti pohon, semak belukar, padang rumput, dan sawah dimana laju serapan terhadap emisi CO₂ tiap tutupan vegetasi berbeda-beda. Daya serap CO₂ berbagai tipe tutupan vegetasi dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. Daya serap CO₂ Berbagai Tipe Tutupan Vegetasi

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
Padang Rumput	2,74	32,88	12
Sawah	2,74	32,99	12

Sumber : Prasetyo, dkk (2002) dalam Maytantri (2020)

Penentuan persentase kerapatan tajuk dilakukan melalui penilaian visual, yang bersifat subjektif sehingga memerlukan acuan. Kerapatan tajuk diukur berdasarkan ketebalan tutupan daun di suatu area dalam RTH publik. Asumsi kerapatan tajuk ini ditentukan berdasarkan pengembangan dari penelitian terlebih dahulu. Adapun acuan visualisasi penentuan kerapatan tajuk dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 14. Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk

Sumber : Syafaati & Mangkoedihardjo, 2020

Perhitungan luas tajuk mengacu pada persentase kerapatan tajuk dan diameter tajuk yang dapat dilihat pada persamaan berikut :

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

Keterangan :

L : Luas (m²)

d : Diameter tajuk (m)

Perhitungan daya serap CO₂ tumbuhan dilakukan dengan dikalikannya jumlah pan vegetasi seperti pada persamaan berikut :

$$\text{daya serap CO}_2 \text{ dalam satuan luas} \quad (4)$$

CO₂ tumbuhan (kg/jam)

nasing-masing jenis tumbuhan (ha)



Untuk mengetahui jumlah total serapan CO₂ pada suatu jalur hijau, median, ataupun pulau jalan dapat menjumlahkan seluruh daya serap pohon/perdu yang tumbuh pada suatu area yang dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$C_{\text{sink total}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{sink ke-}i} \quad (5)$$

Keterangan :

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

n : Banyaknya jenis tumbuhan pada jalur hijau jalan

i : Jenis tumbuhan ke-i

Metode Biomassa. Pengukuran CO₂ juga dapat melalui penyimpanan CO₂ dengan menggunakan metode biomassa. Biomassa mengacu pada jumlah total berat atau volume organisme yang terdapat di suatu area atau volume tertentu (IPCC, 1995). Biomassa juga dapat diartikan sebagai total jumlah materi hidup yang ada di atas permukaan suatu pohon, yang biasanya dinyatakan dalam satuan ton berat kering per satuan luas (Brown, 1997). Biomassa berkaitan dengan proses fotosintesis, di mana tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik, yang merupakan cara tumbuhan meningkatkan biomasanya. Biomassa pada suatu pohon terbagi atas (Sutaryo, 2009):

1. Biomassa atas permukaan, yaitu semua material hidup yang berada di atas permukaan tanah yang meliputi batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji, dan daun.
2. Biomassa bawah permukaan, yaitu semua biomassa dari akar tumbuhan yang masih hidup. Definisi akar ini berlaku hingga diameter tertentu yang telah ditetapkan, karena akar dengan diameter lebih kecil dari ketentuan sering sulit dibedakan dari bahan organik tanah dan serasah.
3. Bahan organik mati, meliputi kayu mati dan serasah. Serasah merujuk pada semua bahan organik mati dengan diameter lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati mencakup semua bahan organik mati yang tidak termasuk dalam serasah, baik yang masih tegak maupun yang sudah tumbang di tanah, serta akar mati dan tunggul dengan diameter lebih besar dari batas yang telah ditetapkan.

Bagian pohon yang didominasi struktur kayu, seperti batang, cabang, dan akar, cenderung memiliki biomassa lebih besar dibandingkan dengan bagian yang memiliki kandungan struktur kayu lebih sedikit, seperti daun. Batang, cabang, dan akar memiliki waktu pergantian (*turnover*) yang lebih lama dibandingkan dengan daun dan tangkai. Masa *turnover* menggambarkan proses hilangnya dan bertambahnya (produksi) biomassa pada berbagai bagian pohon. *Turnover* yang



adalah bahwa bagian pohon tersebut memiliki siklus pergantian yang relatif singkat. Bagian dengan *turnover* cepat hanya mampu menyimpan biomassa untuk waktu yang singkat sebelum akhirnya jatuh ke tanah sebagai serasah yang akan terdekomposisi. Sebaliknya, bagian pohon dengan *turnover* lambat mempertahankan biomasanya lebih lama dibandingkan dengan bagian lain (Sutaryo et al., 2014).

Daun memiliki masa *turnover* yang lebih singkat dibandingkan dengan bagian pohon lainnya karena fungsinya sebagai organ fotosintesis dan respirasi. Jumlah daun sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Ketika lingkungan mendukung, seperti ketersediaan cahaya, air, dan nutrisi yang cukup, jumlah daun akan meningkat untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan pohon. Berbeda dengan batang, yang hilangnya biomassa tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, karena bagian-bagian tersebut berfungsi sebagai tempat penyimpanan hasil fotosintesis (fotosintat) dan penopang pohon. (Chapin dkk., 2002). Oleh karena itu, dalam penilaian biomassa tanaman, batang menyumbang sekitar 73% dari total biomassa rata-rata tanaman (Salamah & Cahyonugroho, 2023).

Terdapat 4 cara utama untuk menghitung biomassa yaitu (i) sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) yaitu menebang seluruh pohon atau beberapa pohon yang mewakili tegakan kemudian menimbang berat biomasanya (ii) sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) yaitu melakukan pengukuran dan pendataan secara *in situ* tanpa merusak pohon, (iii) pendugaan melalui penginderaan jauh, dan (iv) pembuatan model yaitu menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan *in situ* atau penginderaan jauh yang terbatas (Heiskanen, 2006).

Untuk masing-masing metode di atas, persamaan allometrik digunakan untuk mengekstrapolasi biomassa. Persamaan allometrik didefinisikan sebagai studi yang mengkaji hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa, persamaan allometrik digunakan untuk menentukan hubungan antara ukuran pohon (seperti diameter atau tinggi) dengan berat (kering) keseluruhan pohon. Penetapan persamaan allometrik yang akan digunakan pendugaan biomassa merupakan tahapan penting dalam proses pendugaan biomassa. Setiap persamaan allometrik dikembangkan berdasarkan kondisi tegakan dan variasi jenis tertentu yang berbeda-beda. Oleh karena itu, penggunaan persamaan allometrik yang dikembangkan di suatu lokasi belum tentu sesuai jika diterapkan di daerah lain. Sebagai contoh, persamaan yang dikembangkan di daerah beriklim sedang dengan vegetasi yang cenderung homogen kurang tepat jika digunakan di daerah tropis yang memiliki variasi spesies tinggi (Sutaryo, 2009). Beberapa persamaan allometrik spesifik yang telah tersedia dan umum digunakan untuk studi biomassa antara lain:

1. Persamaan Allometrik oleh Brown (1997)

Persamaan ini dikembangkan dari data 170 pohon dengan rentang diameter antara 5 – 148 cm. Persamaan allometrik tersebut hanya memerlukan data



dengan nilai koefisien determinasi ($r^2 = 0.89$). Persamaan Brown (1997) dapat dilihat sebagai berikut (Basuki et al., 2009):

$$-2.53 \ln(D) \quad (6)$$

ohon (kg/pohon)

tinggi dada (cm)

2. Persamaan Allometrik oleh Ketterings et al. (2001)

Persamaan ini dikembangkan dengan data 29 pohon dari 14 genus dengan diameter berkisar antara 7,6 hingga 48,1 cm. Persamaan ini memerlukan data berupa diameter pohon dan berat jenis pohon dengan nilai koefisien determinasi ($r^2=0.90$). Persamaan allometrik dari Ketterings et al. (2001) dapat dilihat sebagai berikut (Basuki et al., 2009):

$$B = 0,11\rho D^{2,62} \quad (7)$$

Keterangan :

B : Biomassa pohon (kg/pohon)

D : Diameter setinggi dada (cm)

ρ : Berat jenis pohon (gr/cm^3)

3. Persamaan Allometrik oleh Chave et al. (2014)

Persamaan ini dikembangkan dengan data 4004 pohon dari berbagai tipe vegetasi dengan diameter batang berkisar dari 5 hingga 212 cm pada hutan tropis, hutan sub tropis, dan hutan sabana. Persamaan ini memerlukan data berupa tinggi pohon, diameter pohon, dan berat jenis pohon dengan nilai koefisien determinasi ($r^2= 0,92$). Persamaan allometrik oleh Chave et al. (2014) sangat fleksibel sehingga sering direkomendasikan untuk memperkirakan biomassa hutan tropis (Walker et al., 2016). Persamaan allometrik dari Chave *et al.* (2014) dapat dilihat sebagai berikut :

$$B = 0.0673 \times (\rho D^2 H)^{0.976} \quad (8)$$

Keterangan :

B : Biomassa pohon (kg/pohon)

D : Diameter setinggi dada (cm)

ρ : Berat jenis pohon (gr/cm^3)

H : Tinggi pohon (m)

Persamaan allometrik yang digunakan pada penelitian ini adalah persamaan dari Chave et al. (2014). Hal ini dikarenakan nilai koefisien determinasi (r^2) memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan persamaan allometrik lainnya. Nilai koefisien determinasi merupakan nilai yang menunjukkan keterandalan persamaan yang digunakan. Semakin besar nilai koefisien determinasi tersebut, maka semakin tinggi keterandalan persamaan yang digunakan (Lukito, 2014 dalam Rinjani et al., 2016). Selain itu, menurut Zaenal (2020) menyatakan bahwa pemodelan ini mendekati nilai biomassa aktual pada berbagai diameter pohon. Pendapat ini juga didukung oleh Stas et al. (2017) yang membuktikan bahwa pemodelan ini memberikan akurasi yang cukup tinggi (bias 7,7%).

Estimasi biomassa sangat bergantung pada diameter batang. Penelitian yang
 re et al. (2017) menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif
 ssa yang tinggi dengan ukuran lingkaran batang. Hal ini
 drat yang dihasilkan melalui fotosintesis sebagian besar
 Tanaman memanfaatkan sebagian karbon yang dihasilkan
 roses kehidupannya, sementara sebagian lainnya disimpan
 nan. Contohnya, selulosa, yang merupakan sejenis molekul



gula, menjadi komponen utama penyusun kayu pada batang tanaman (Santoso et al., 2021). Karena keterbatasan peralatan yang tersedia, pengukuran keliling seringkali lebih umum dilakukan dan kemudian dikonversi menjadi diameter (D) (Simon, 1993). Perhitungan diameter batang mengacu pada perhitungan diameter lingkaran yang dapat dilihat sebagai berikut (As'ari et al., 2017):

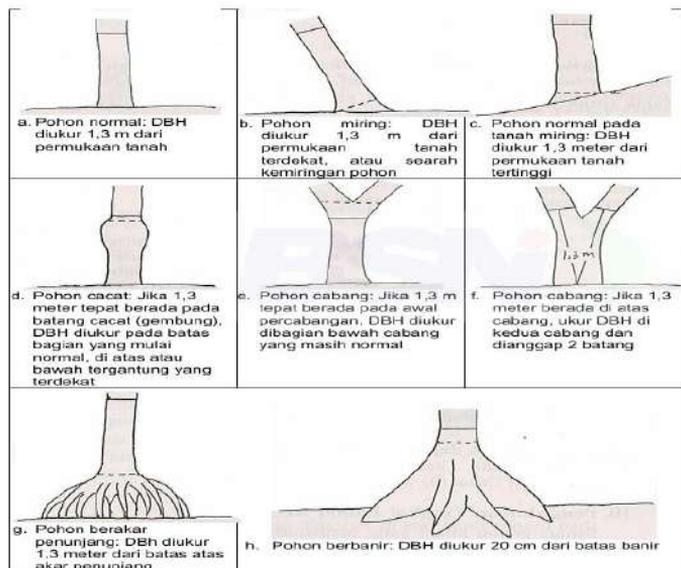
$$D = \frac{K}{\pi} \quad (9)$$

Keterangan

D : Diameter batang (cm)

K : Keliling batang (cm)

Sistem satuan ukuran metrik untuk Indonesia dan Belanda umumnya menggunakan ukuran tinggi 130 cm dari permukaan tanah (Siwi et al., 2022). Pengukuran ini disebut *diameter at breast* (DBH) atau diameter setinggi dada. Menurut Muhdin (2003), ada tiga alasan utama mengapa pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian dada. Pertama, alasan praktis dan kenyamanan, karena pengukuran dapat dilakukan dengan mudah tanpa harus membungkuk atau berjinjit. Kedua, pada sebagian besar jenis pohon, ketinggian dada biasanya bebas dari pengaruh banjir. Ketiga, diameter pada ketinggian dada (DBH) juga merupakan pengukuran yang datanya paling mudah dikontrol dengan akurat. Pengukuran diameter setinggi dada mengacu pada SNI 7724: 2011 tentang Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon yang dapat dilihat pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Pengukuran DBH pada Berbagai Kondisi Pohon

Sumber : SNI 7724: 2011



ing terdiri dari pohon-pohon dengan spesies yang memiliki nilai tinggi akan memiliki biomassa yang lebih besar dibandingkan ditumbuhi oleh spesies dengan nilai berat jenis kayu yang (, 2007). Berat jenis kayu adalah perbandingan antara massa

kayu dengan volume kayu tertentu terhadap volume air (Tuah et al., 2017). Berat jenis kayu dinyatakan sebagai perbandingan berat kering oven (berat konstan) terhadap volume kondisi basah (segar) (KLHK, 2020). Data berat jenis pohon didapatkan dari penelitian sebelumnya yang melakukan pengambilan sampel dengan cara memotong cabang yang dapat dijangkau kemudian diukur panjang, diameter, dan menimbang berat basah sampel tersebut. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 48 jam dan ditimbang kembali untuk mengetahui berat kering kayu tersebut (Agus et al., 2011). Beberapa data berat jenis pohon yang tumbuh di Indonesia sebagai berikut.

Tabel 5. Data Berat Jenis Pohon yang Tumbuh di Indonesia

Nama Pohon	Nama Latin	Berat Jenis (gr/cm ³)
Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	0,65
Mangga	<i>Mangifera indica</i>	0,52
Mindi	<i>Melia dubia</i>	0,40
Kecapi	<i>Sandoricum koetjape</i>	0,44
Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	0,25
Mahoni Daun Lebar	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,61
Mahoni Daun Kecil	<i>Swietenia mahagoni</i>	0,62
Tabebuia Kuning	<i>Tabebuia guayacan</i>	0,82
Tabebuia Pink	<i>Tabebuia rosea</i>	0,54
Ketapang Badak	<i>Terminalia catappa</i>	0,59
Damar	<i>Agathis damara</i>	0,49
Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	0,60
Beringin Karoya	<i>Ficus longifolia</i>	0,44
Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	0,72
Glodokan Tiang	<i>Polyalthia longifolia</i>	0,56
Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	0,56
Cendana Merah	<i>Pterocarpus santalins</i>	0,63
Trembesi	<i>Samanea saman</i>	0,52
Jambu Air	<i>Syzygium aqueum</i>	0,80
Cemara laut	<i>Casuarina equisetifolia</i>	0,92
Ketapang Kencana	<i>Terminalia Mantaly</i>	0,57
Palem Ekor Tupai	<i>Wodyetia bifurcata</i>	0,50
Palem Kipas	<i>Polyalthia longifolia</i>	0,42
Gambir	<i>Ucaria macrhophyila</i>	0,80
Saga Merah	<i>Adenanthera pavonina</i>	0,71
Malapari	<i>Pongamia pinnata</i>	0,60
Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	0,5
Sukun	<i>Artocarpus attilis</i>	0,5
Kerai payung	<i>Filicium decipiens</i>	0,3
Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	0,8
	<i>Pterospermum javanicum</i>	0,5



), Reyes et al. (1992), & Darlina et al.(2023) pohon mempengaruhi biomassa. Hal ini sesuai dengan (8) yang menyatakan bahwa peningkatan biomassa dan karbon tersimpan) disebabkan ukuran pohon di lokasi tersebut. Pohon pada tutupan pinus lebih tinggi 16,53 m dibandingkan dengan tutupan pinus 14,33 m, Mahoni 15,34 m, maupun pinus-mahoni 14,9 m.

Feldpausch et al. (2011) juga menyatakan hal sama bahwa tinggi dan diameter pohon dapat meningkatkan biomassa.

Cadangan karbon (*Carbon stock*) adalah jumlah berat karbon yang tersimpan di dalam ekosistem pada waktu tertentu, baik berupa biomassa tanaman, tanaman yang mati, maupun karbon di dalam tanah (Agus et al., 2011). Karbon dioksida yang diambil selama proses fotosintesis dan dilepaskan selama proses respirasi tanaman akan mengakulasi karbon (cadangan karbon). Cadangan karbon dihitung menggunakan pendekatan biomassa dimana cadangan karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa dapat diketahui dengan mengalikan biomassa dengan konstanta fraksi karbon dari biomassa tersebut, yaitu sebesar 0,50 (IPCC, 2006). Hal ini sesuai dengan pernyataan Brown (1997) bahwa secara kasar 50% dari kandungan biomassa kayu tropis tersusun atas karbon. Rumus cadangan karbon dapat dilihat sebagai berikut.

$$C_b = B \times \%C \text{ organik} \quad (10)$$

Keterangan :

C_b : Kandungan karbon dari biomassa (kg)

B : Biomassa (kg)

$\%C \text{ organik}$: Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,50 (IPCC, 2006)

Kemampuan CO_2 dihitung menggunakan perbandingan massa molekul relatif CO_2 (44) dan massa atom relatif C (12) sehingga menghasilkan nilai 3,67 kemudian mengalikan dengan nilai cadangan karbon. Rumus kemampuan CO_2 dapat dilihat sebagai berikut.

$$CO_2 = 3,67 \times C \quad (11)$$

Keterangan :

CO_2 : Kemampuan CO_2 (kg/ha/jam)

C : Karbon (kg)

1.1.9 Sisa Emisi dan Persentase Kemampuan CO_2 oleh Ruang Terbuka

Hijau

Sisa emisi dan persentase dihitung untuk mengukur kemampuan CO_2 oleh vegetasi dalam menyerap emisi di suatu wilayah. Jika hasil perhitungan sisa emisi menunjukkan nilai positif (+), berarti vegetasi mampu menyerap seluruh emisi tersebut. Sebaliknya, jika hasil perhitungan sisa emisi bernilai negatif (-), maka daya serap vegetasi belum cukup menyerap seluruh emisi. Untuk menghitung sisa emisi dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Sisa Emisi } CO_2 = \text{Emisi } CO_2 \text{ Total} - \text{Total Kemampuan } CO_2 \text{ oleh Vegetasi} \quad (12)$$



mpuan CO_2 mengukur sejauh mana tujuan penyerapan dan ai. Jika hasil perhitungan kurang dari 100%, artinya eh tumbuhan belum mencapai angka yang diinginkan dan yang tidak terserap dan tersimpan. Sebaliknya, jika hasil lebih in masih mampu menyerap dan menyimpan emisi CO_2 di

wilayah tersebut. Untuk menghitung persentase kemampuan CO₂ dapat menggunakan rumus persamaan berikut.

$$\% \text{ Kemampuan CO}_2 = \frac{\text{Total Kemampuan CO}_2 \text{ oleh Vegetasi}}{\text{Emisi CO}_2} \times 100\% \quad (13)$$

Untuk mengetahui luas kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan sisa emisi CO₂ yang masih belum terserap dan tersimpan yaitu mengetahui sisa emisi yang menggunakan **Persamaan 12**. Setelah diketahui sisa emisi yang belum terserap kemudian dibandingkan dengan kemampuan CO₂ oleh pohon. Berikut persamaan yang digunakan (Velayati et al., 2013):

$$\text{Kebutuhan RTH} = \frac{\text{Sisa Emisi CO}_2}{\text{Kemampuan CO}_2 \text{ oleh vegetasi}} \quad (14)$$



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan penyerapan dan penyimpanan emisi CO₂ pada Jalan Tun Abdul Razak menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini berfokus terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas kendaraan bermotor yang melintas dan kemampuan pohon di jalur hijau terhadap emisi CO₂. Adapun data-data tersebut diperoleh secara langsung melalui data volume kendaraan bermotor dan data jumlah pohon beserta dimensinya yang selanjutnya data tersebut akan diolah. Lokasi penelitian dilakukan pada jalan Tun Abdul Razak. Lokasi ini dipilih karena merupakan jalan kawasan perdagangan dan jasa serta jalan strategis yang menghubungkan Kota Makassar dan Kabupaten Gowa. Oleh karena itu, perlu diketahui apakah luasan Ruang Terbuka Hijau yang ada mampu menyerap dan menyimpan CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dengan merujuk standar yang diatur pada Undang-Undang No. 26 Tahun 2007.

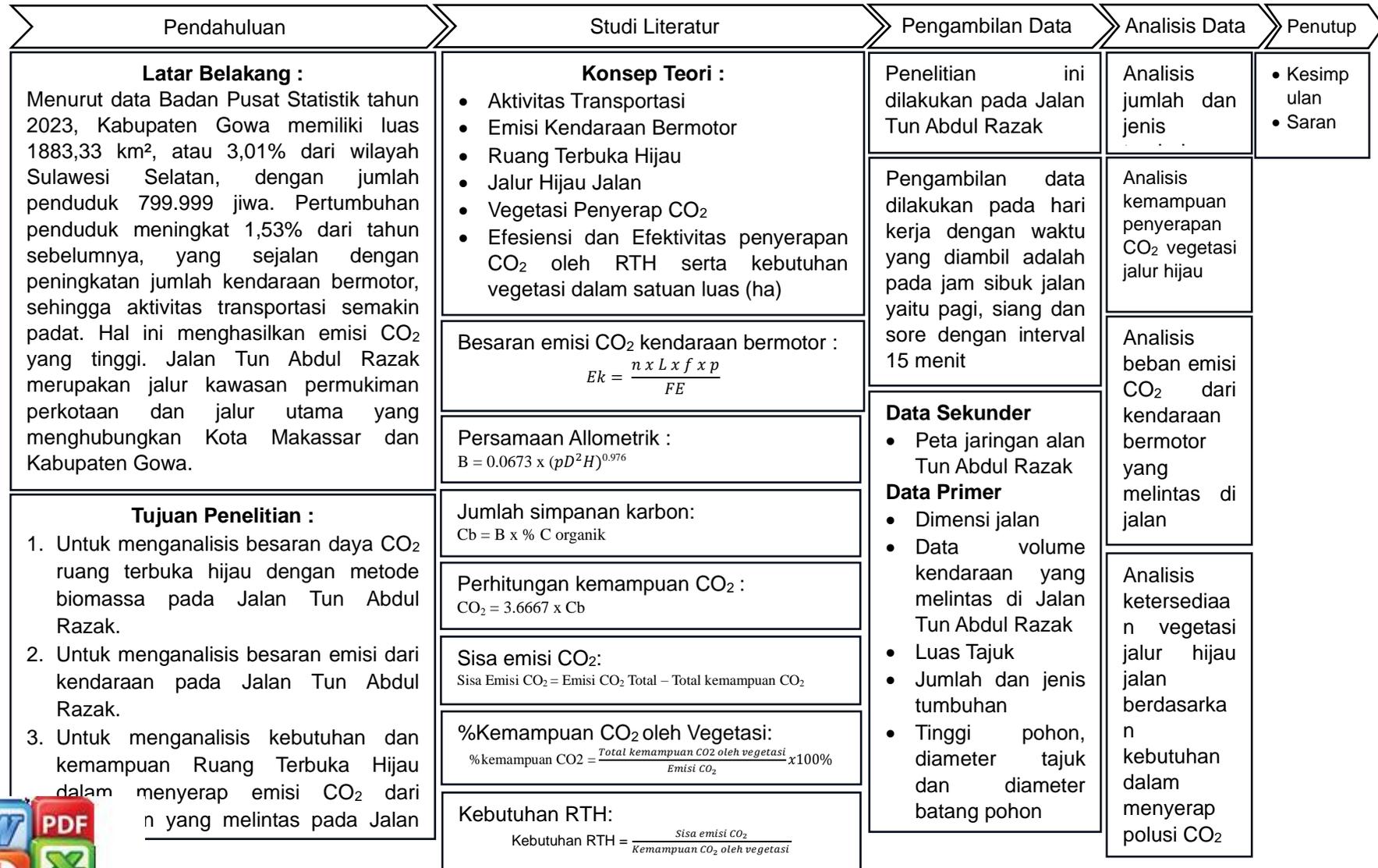
Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukannya studi literatur untuk mengetahui Ruang Terbuka Hijau terkhusus dalam hal ini jalur hijau jalan, bagaimana proses terbentuknya emisi dari aktivitas kendaraan bermotor dan bagaimana cara menghitung daya serap pada Ruang Terbuka Hijau yang ada. Studi literatur dilakukan agar penelitian ini memiliki landasan teori yang jelas dan kuat. Adapun sumber literatur meliputi data dinas Kota Makassar, peraturan dan perundang-undangan Republik Indonesia, jurnal penelitian, artikel ilmiah, skripsi, dan buku.

Setelah dilakukannya studi literatur, maka dilakukan pengambilan data. Data yang diambil berupa Data Primer dan Data Sekunder. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah mengambil data diameter tajuk pohon/perdu, data diameter batang pohon, menghitung jumlah dan jenis vegetasi, dan menghitung volume kendaraan. Adapun data sekunder yang diperlukan adalah data jaringan Jalan Tun Abdul Razak yang didapatkan dari aplikasi *Google Earth*.

Selanjutnya, teori penelitian sebelumnya digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh seperti menghitung jumlah emisi yang dihasilkan melalui pendekatan konsumsi BBM, penyimpanan CO₂ menggunakan metode biomassa dan penyerapan CO₂ menggunakan metode luas tajuk yang selanjutnya dilakukan dengan menganalisis ketersediaan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan efisiensi dan efektivitas penyerapan emisi oleh vegetasi. Adapun kerangka penelitian dapat



16.



Gambar 16. Kerangka Penelitian



2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Tun Abdul Razak Kabupaten Gowa. Alasan pemilihan lokasi ini dikarenakan jalan ini merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Kota Makassar dan Kabupaten Gowa. Selain itu, tata guna lahan pada sekitar jalan ini merupakan kawasan perumahan serta kawasan perdagangan dan jasa dimana terdiri dari pertokoan, pusat perbelanjaan dan niaga, *restaurant*/rumah makan, *cafe*, hotel/penginapan. Adapun jumlah sarana perdagangan dan jasa yang ada dan berkembang pembangunannya sampai dengan tahun 2019 yaitu sebanyak 196 unit (Febriyanti et al., 2020). Hal ini membuat terjadinya kenaikan volume kendaraan pada jalan tersebut dan berpotensi menghasilkan emisi CO₂ lebih banyak dari kendaraan bermotor dibandingkan jalan lainnya.

Jalan Tun Abdul Razak Kota Makassar adalah jalan arteri primer yang bertipe 2/2D yaitu jalan dengan 2 jalur, 2 lajur, dan 1 median. Panjang wilayah studi yang dijadikan sebagai lokasi penelitian yaitu 3,7 km. Dimana batasan wilayah studi di sebelah barat yaitu Jl. Hertasning Baru hingga berakhir di perempatan jalan antara Jl. Abd. Kadir Dg. Suro, Jl. Desa Sailong, dan Jl. Mustafa Dg. Bunga.

Sebelum dilakukannya penelitian, dilakukan survei pendahuluan berupa pengamatan terhadap kondisi jalan yang dijadikan objek penelitian untuk mengetahui karakteristik jalan dan membagi segmen. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, segmen jalan adalah bagian jalan yang memiliki karakteristik yang hampir sama sepanjang jalan. Batas segmen jalan adalah titik di mana karakteristik jalan berubah secara signifikan. Setiap segmen jalan dianalisis secara terpisah dengan mengamati putar balik arah, persimpangan, dan belokan yang akan terjadi perubahan volume kendaraan dimana sering terjadi kemacetan dikarenakan mayoritas kendaraan berbelok atau berbalik arah. Pembagian segmen jalan dilakukan agar memudahkan dalam perhitungan volume kendaraan dengan asumsi volume kendaraan pada setiap segmen relatif sama. Dari hasil survei pendahuluan yang dilakukan terdapat 10 segmen jalan. Selain itu dilakukannya survei pendahuluan sebelum mengambil data ialah agar peneliti mengetahui jam puncak pada objek penelitian. Dengan mengamati dan menggambarkan objek yang akan diteliti maka dapat ditentukan batasan-batasan serta ruang lingkup penelitian. Adapun kriteria penentuan titik perhitungan volume kendaraan atau *traffic counting* (Khoiroh, 2014) adalah :

- Titik pengukuran sebaiknya ± 50 meter dari persimpangan jalan dan/atau lampu pengatur lalu lintas (tidak terganggu antrian kendaraan di



n)

i pada ruas jalan yang tidak memiliki hambatan (belokan, n, dll) sehingga kecepatan kendaraan yang melewatinya stabil dan permukaan dan keadaan geometrik jalan mempunyai baik

- Penentuan waktu perhitungan harus menghindari hal-hal seperti kondisi waktu khusus seperti hari libur, cuaca tidak normal seperti hujan lebat, atau halangan seperti adanya perbaikan jalan.

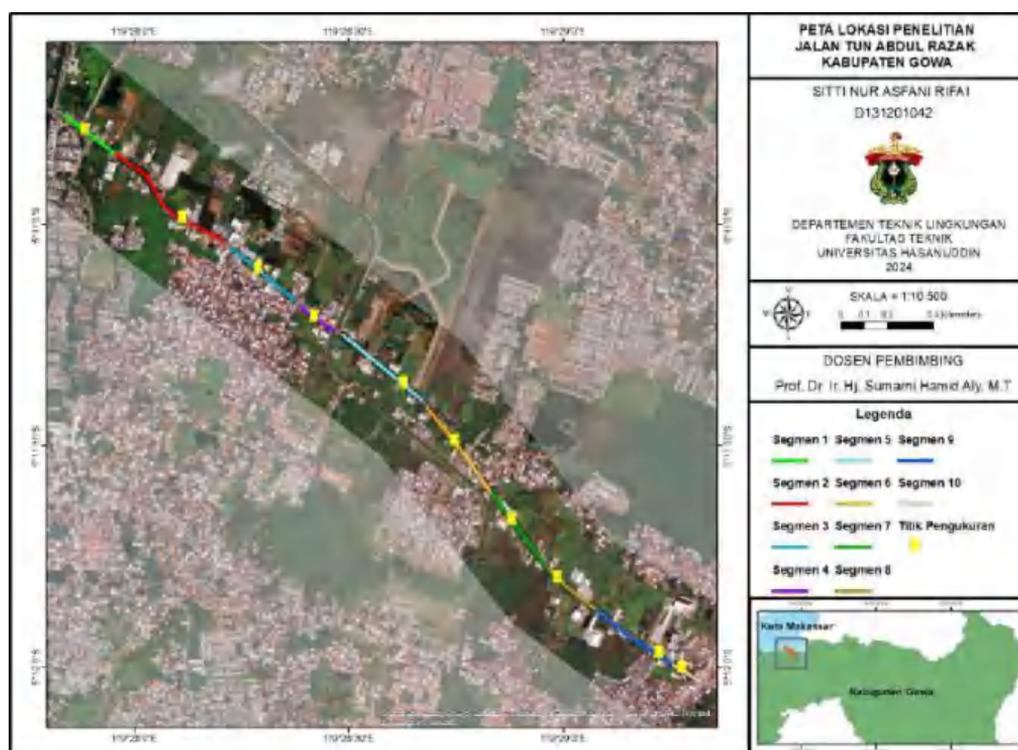
Tabel 6. Batas Wilayah Segmen Jalan

Segmen	Panjang Jalan (Km)	Batas Wilayah	
		Barat	Timur
Segmen 1	0,27	Jl. Hertasning Baru	PBA depan Honda Wira Jaya Motor
Segmen 2	0,59	PBA depan Honda Wira Jaya Motor	Jl. Pao-Pao Permai
Segmen 3	0,35	Jl. Pao-Pao Permai	Persimpangan Jl. Bontotangnga dan Jl. Modern Estate
Segmen 4	0,3	Persimpangan Jl. Bontotangnga dan Jl. Modern Estate	Jl. Inspeksi Kanal Tamangapa Utara
Segmen 5	0,4	Jl. Inspeksi Kanal Tamangapa Utara	Jl. Multiniaga Townhouse
Segmen 6	0,37	Jl. Multiniaga Townhouse	Lorong Krg. Makkawari 1
Segmen 7	0,33	Lorong Krg. Makkawari 1	PBA dekat Toko LPK ASA
Segmen 8	0,16	PBA dekat Toko LPK ASA	PBA dekat Masjid Muhammad Cheng Hoo
	0,23	PBA dekat Masjid Muhammad Cheng Hoo	PBA dekat Saoenk Cobek Samata



Segmen	Panjang Jalan (Km)	Batas Wilayah	
		Barat	Timur
Segmen 10	0,13	PBA dekat Saoenk Cobek Samata	Persimpangan Jl. Abd. Kadir Dg. Suro, Jl. Desa Sailong, dan Jl. Mustafa Dg. Bunga

Berikut ini adalah gambar pembagian segmen jalan pada Jalan Tun Abdul Razak Kabupaten Gowa yang terbagi dalam 10 Segmen Jalan.



Gambar 17. Lokasi Penelitian

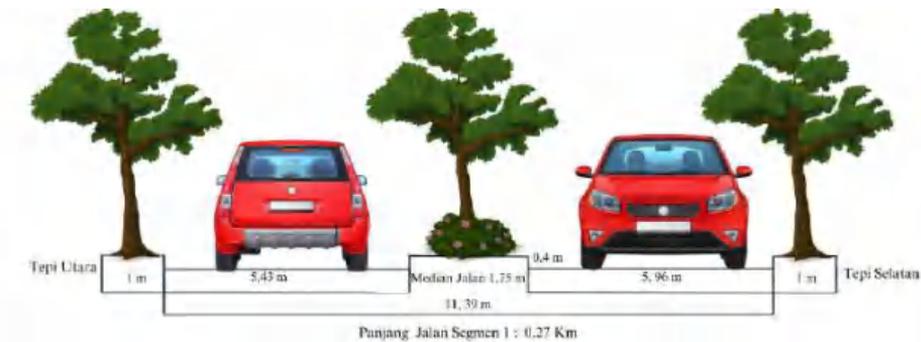
a. Segmen 1

Segmen 1 memiliki panjang 0,27 km. Bagian barat berbatasan dengan Jl. ... dan pada bagian timur berbatasan dengan PBA depan a Motor. Titik *traffic counting* pada Segmen 1 dilakukan pada - 119° 27.884'E.





Gambar 18. Sketsa Jalan Segmen 1



Gambar 19. Potongan Melintang Jalan Segmen 1

b. Segmen 2

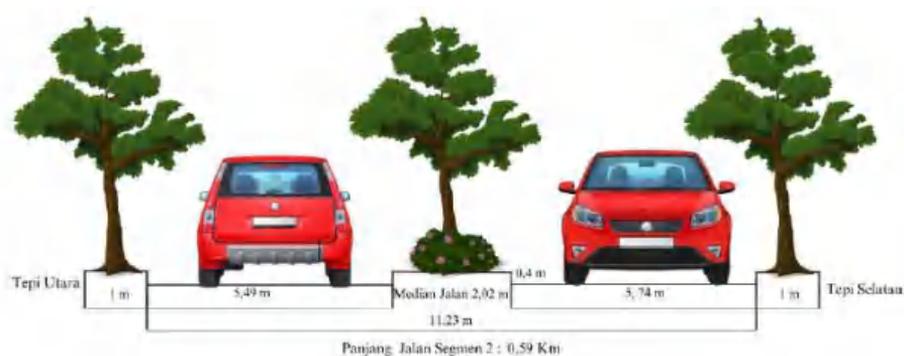
Segmen 2 memiliki panjang 0,59 km. Bagian barat berbatasan dengan PBA depan Honda Wira Jaya Motor dan pada bagian timur berbatasan dengan Jl.

- ii. Titik *traffic counting* pada Segmen 2 dilakukan pada $-5^{\circ} 28.11'E$.





Gambar 20. Sketsa Jalan Segmen 2



Gambar 21. Potongan Melintang Jalan Segmen 2

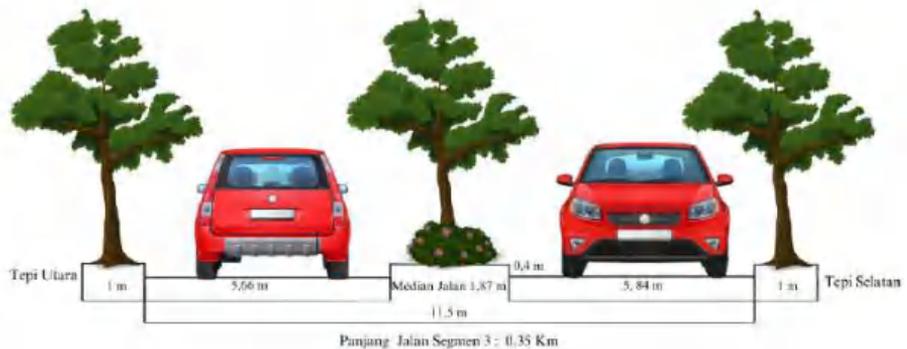
c. Segmen 3

Segmen 3 memiliki panjang 0,35 km. Bagian barat berbatasan dengan Jl. Pao-Pao Permai dan pada bagian timur berbatasan dengan Persimpangan Jl. Benteng dan Jl. Modern Estate. Titik *traffic counting* pada Segmen 3 $5^{\circ} 11.104'S$ dan $119^{\circ} 28.289'E$.





Gambar 22. Sketsa Jalan Segmen 3

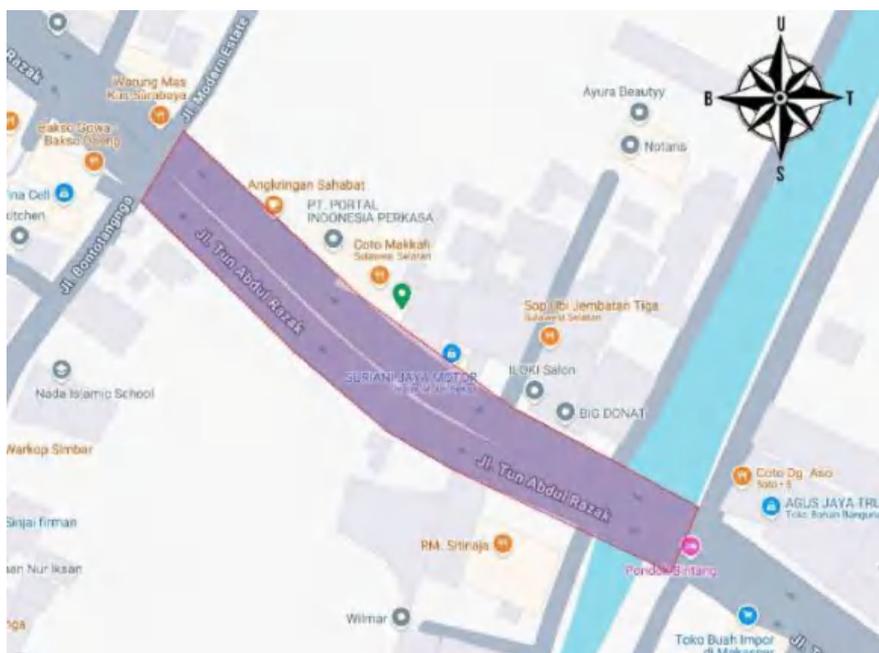


Gambar 23. Potongan Melintang Jalan Segmen 3

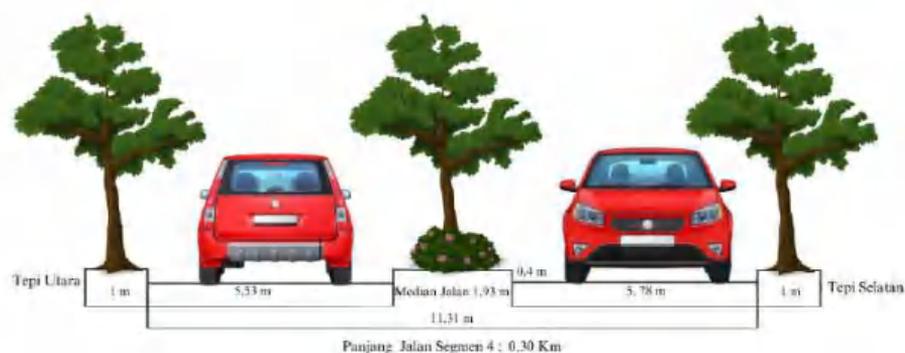
d. Segmen 4

Segmen 4 memiliki panjang 0,30 km. Bagian barat berbatasan dengan Persimpangan Jl. Bontotangnga dan Jl. Modern Estate dan pada bagian timur berbatasan dengan Jl. Inspeksi Kanal Tamangapa Utara. Titik *traffic counting* dilakukan pada $-5^{\circ} 11.214'S$ dan $119^{\circ} 28.419'E$.





Gambar 24. Sketsa Jalan Segmen 4



Gambar 25. Potongan Melintang Jalan Segmen 4

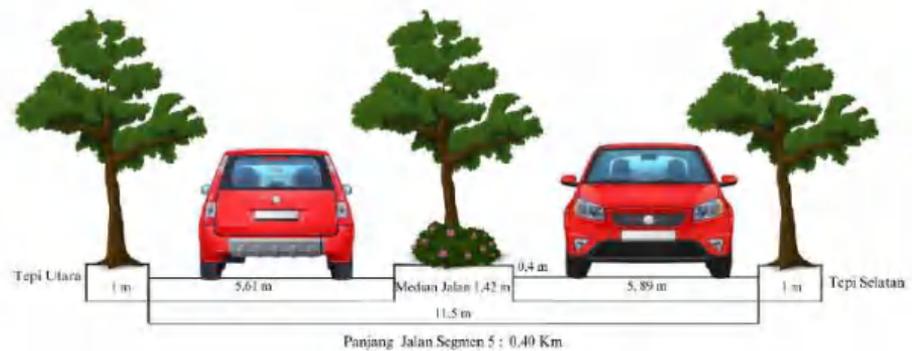
e. Segmen 5

Segmen 5 memiliki panjang 0,40 km. Bagian barat berbatasan dengan Jl. Inspeksi Kanal Tamangapa Utara dan pada bagian timur berbatasan dengan Jl. use. Titik *traffic counting* pada Segmen 5 dilakukan pada $-5^{\circ} 28.627'E$.





Gambar 26. Sketsa Jalan Segmen 5

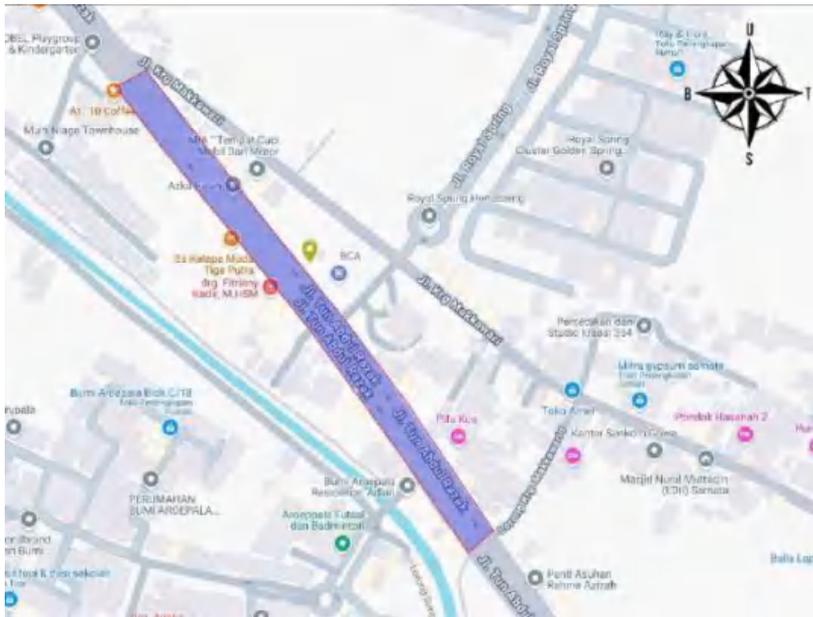


Gambar 27. Potongan Melintang Jalan Segmen 5

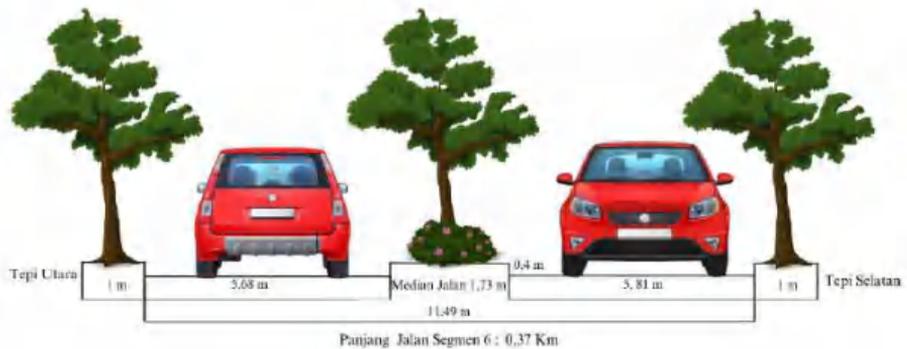
f. Segmen 6

Segmen 6 memiliki panjang 0,37 km. Bagian barat berbatasan dengan Jl. Multiniaga Townhouse dan pada bagian timur berbatasan dengan Lorong Krg. Makkawari 1. Titik *traffic counting* pada Segmen 6 dilakukan pada $-5^{\circ} 11.492'S$





Gambar 28. Sketsa Jalan Segmen 6



Gambar 29. Potongan Melintang Jalan Segmen 6

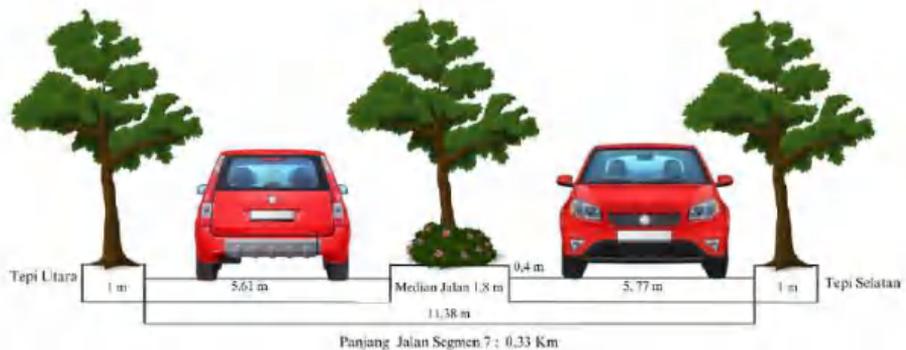
g. Segmen 7

Segmen 7 memiliki panjang 0,33 km. Bagian barat berbatasan dengan Lorong Krg. Makkawari 1 dan pada bagian timur berbatasan dengan PBA dekat Toko LPK ASA. Titik *traffic counting* pada Segmen 7 dilakukan pada $-5^{\circ} 11.671'S$ dan $119^{\circ} 28.879'E$.





Gambar 30. Sketsa Jalan Segmen 7



Gambar 31. Potongan Melintang Jalan Segmen 7

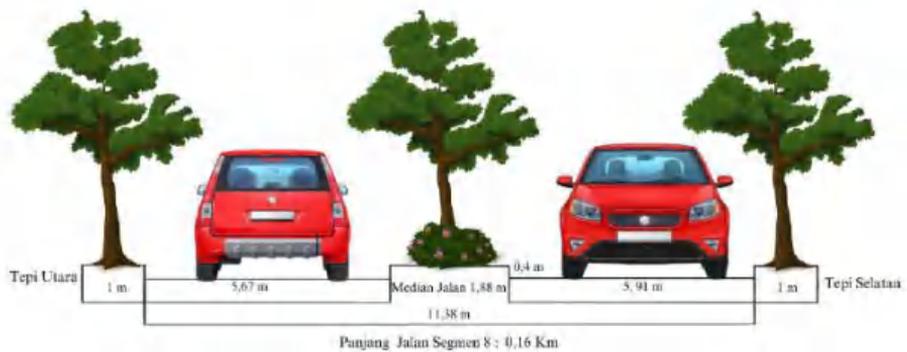
h. Segmen 8

Segmen 8 memiliki panjang 0,16 km. Bagian barat berbatasan dengan PBA dekat Toko LPK ASA dan pada bagian timur berbatasan dengan PBA dekat Masjid Muhammad Cheng Hoo. Titik *traffic counting* pada Segmen 8 dilakukan pada $-5^{\circ} 11.802'S$ dan $119^{\circ} 28.985'E$.





Gambar 32. Sketsa Jalan Segmen 8



Gambar 33. Potongan Melintang Jalan Segmen 8

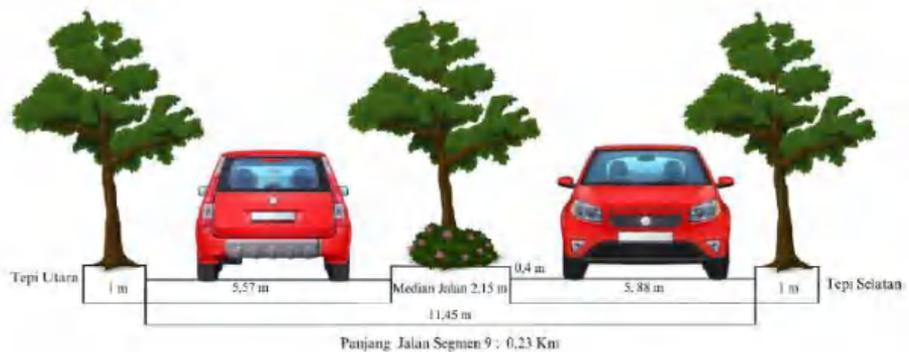
i. Segmen 9

Segmen 9 memiliki panjang 0,23 km. Bagian barat berbatasan dengan PBA dekat Masjid Muhammad Cheng Hoo dan pada bagian timur berbatasan dengan PBA dekat Saoenk Cobek Samata. Titik *traffic counting* pada Segmen 9 dilakukan pada $-5^{\circ} 11.973'S$ dan $119^{\circ} 29.222'E$.





Gambar 34. Sketsa Jalan Segmen 9

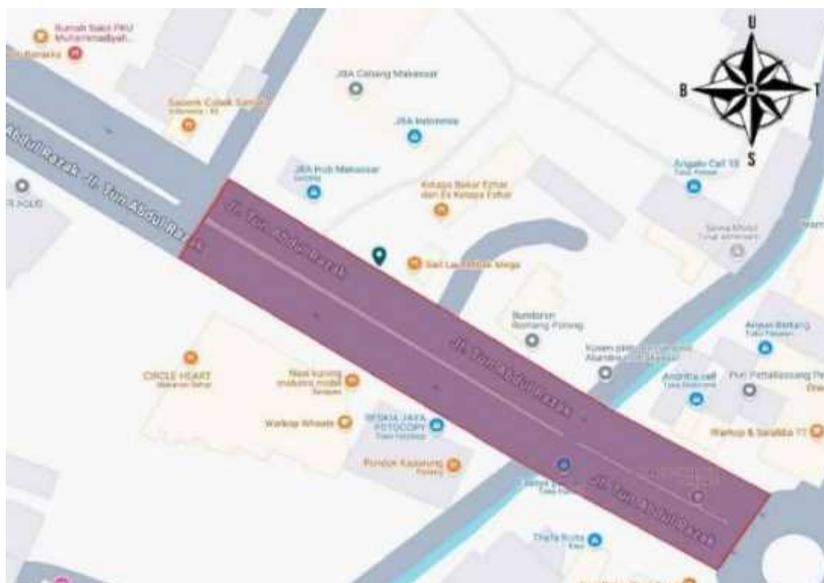


Gambar 35. Potongan Melintang Jalan Segmen 9

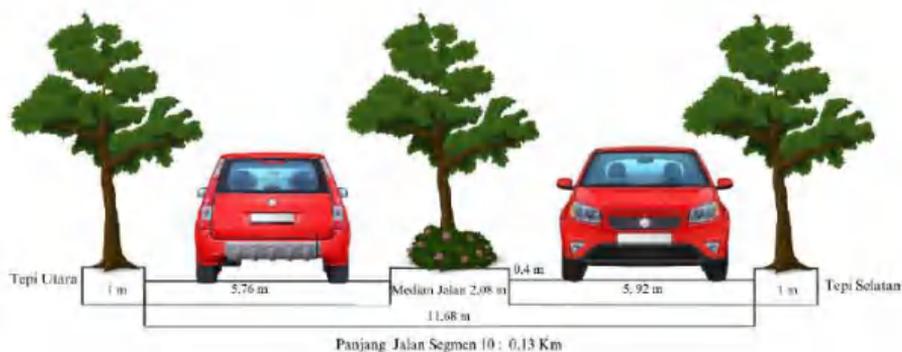
j. Segmen 10

Segmen 10 memiliki panjang 0,13 km. Bagian barat berbatasan dengan PBA dekat Warkop Corak dan pada bagian timur berbatasan dengan persimpangan Jl. Abd. Kadir Dg. Suro, Jl. Desa Sailong, dan Jl. Mustafa Dg. Bundo. Titik *traffic counting* pada Segmen 10 dilakukan pada $-5^{\circ} 12.006'S$ dan





Gambar 36. Sketsa Jalan Segmen 10



Gambar 37. Potongan Melintang Jalan Segmen 10

2.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dibagi ke dalam dua tahap kegiatan yaitu pengambilan data volume kendaraan dan pengambilan data vegetasi berupa jumlah dan dimensi pohon. Pengukuran volume kendaraan (*traffic counting*) dilakukan dalam 1 hari pada hari kerja (*weekday*) yaitu pada tanggal 31 Juli 2024 yang diambil pada jam puncak



ga interval berbeda yaitu interval pagi pada pukul 07.00–08.00 pada pukul 12.00–13.00 WITA, dan interval sore pada pukul dengan durasi perhitungan tiap 15 menit selama 1 jam. silan data vegetasi dilakukan selama 4 hari yaitu pada tanggal

2.4 Peralatan yang digunakan

Penelitian ini membutuhkan instrument pendukung yang berupa alat dan bahan untuk menunjang dan membantu penelitian. Berikut alat yang digunakan:

1. Formulir survei dan alat tulis, digunakan untuk mencatat hasil penelitian di lokasi penelitian
2. Aplikasi *Picture This*, digunakan untuk mengidentifikasi jenis tumbuhan
3. *Roll meter*, digunakan untuk mengukur dimensi jalan, diameter tajuk pohon, dan keliling batang pohon
4. Aplikasi *Traffic Counter*, digunakan untuk menghitung volume kendaraan
5. *Handphone*, digunakan untuk merekam aktivitas kendaraan di jalan
6. Aplikasi *Trees*, digunakan untuk mengukur tinggi
7. *Google Earth*, digunakan untuk mendapatkan gambar lokasi penelitian
8. *Windy app*, digunakan untuk mengukur arah dan kecepatan angin
9. *Arcgis Map*, digunakan untuk membuat peta pola arah angin di Jalan Tun Abdul Razak



1



2



3



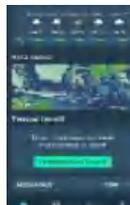
4



5



6



8



9

2.5 Teknik Pengumpulan Data

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

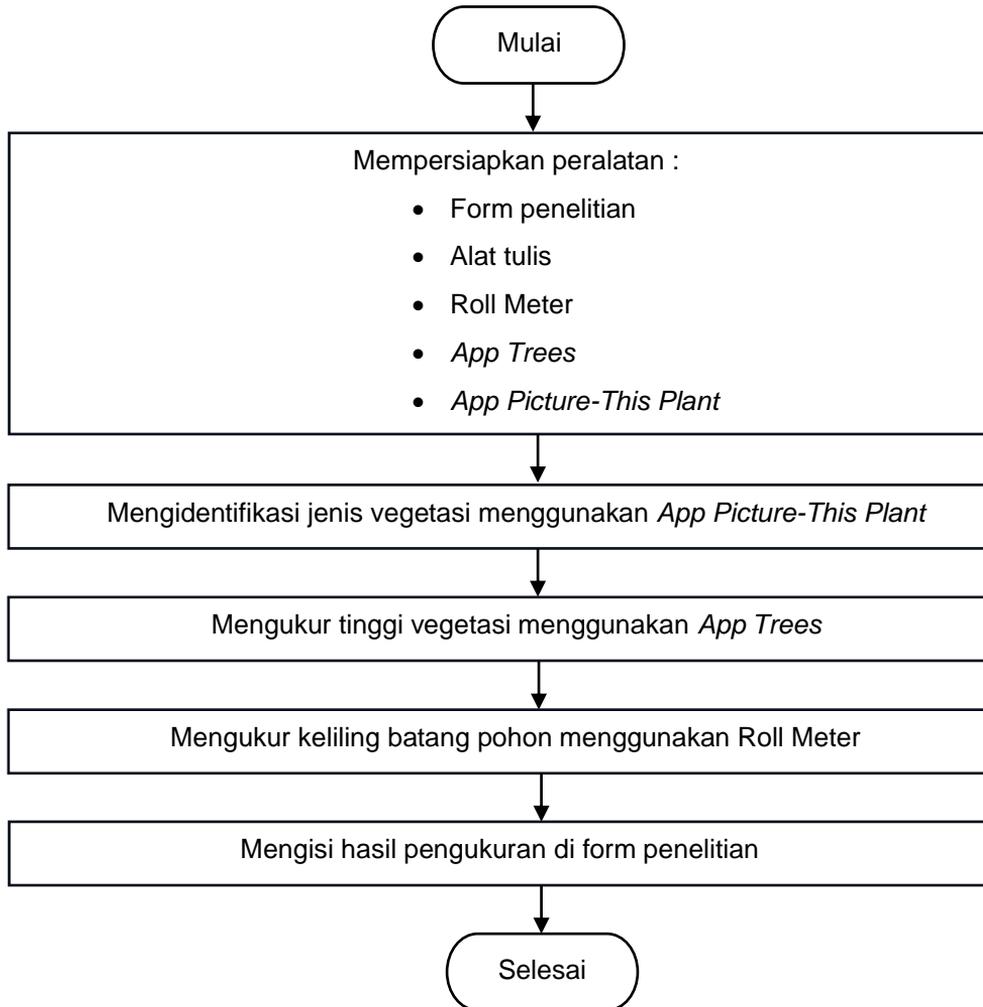
2.5.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dan diambil secara langsung pada lokasi penelitian. Data primer dalam penelitian ini meliputi data volume kendaraan yang diperoleh dari perhitungan volume kendaraan yang melintas pada jam puncak tiap 15 menit selama 1 jam dengan interval waktu 07.00-08.00 WITA, 12.00-13.00 WITA, dan 17.00-18.00 WITA. Data vegetasi terbagi menjadi dua metode yaitu metode biomassa dan metode luas tajuk yang meliputi jumlah jenis pohon, data ukuran berupa diameter kanopi, tinggi kanopi, dan diameter batang pohon untuk mengetahui kemampuan pohon dalam menyerap emisi CO₂. Berikut bagan alir proses pengambilan data.

Metode Pengambilan Data Penyimpanan CO₂ Vegetasi dengan Metode Biomaassa. Penghitungan jumlah dan jenis pohon dilakukan dengan metode langsung di lapangan. Untuk identifikasi setiap vegetasi didapatkan dengan cara memotret tumbuhan menggunakan aplikasi *Picture This-Plant Identifier* yang secara otomatis nama tumbuhan akan muncul sehingga pencatatan jenis pohon dimasukkan ke dalam formulir yang telah dibuat. Metode biomassa dilakukan dengan sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*) dimana dilakukan pengukuran tinggi dan diameter pohon. Pengukuran tinggi pohon menggunakan aplikasi *Trees*. Untuk mendapatkan diameter pohon, dilakukan dengan mengukur keliling batang seluruh pohon menggunakan roll meter dengan menggunakan prinsip *diameter at breast* (DBH) atau disebut diameter setinggi dada kemudian dibagi dengan nilai π (3,14). Ketentuan diameter setinggi dada (DBH) terhadap berbagai kondisi pohon mengacu pada SNI 7724: 2011 tentang Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon. Sistem satuan ukuran metrik untuk Indonesia umumnya menggunakan ukuran tinggi 130 cm dari permukaan tanah. Diagram alir



penyimpanan CO₂ dengan metode biomassa dapat dilihat



Gambar 38. Diagram Alir Pengambilan Data Penyimpanan CO₂ dengan Metode Biomassa

Berikut ini adalah gambar ilustrasi ketentuan diameter setinggi dada (DBH) terhadap berbagai kondisi pohon yang dapat dilihat pada **Gambar 39**.



(A)



Pohon normal: DBH diukur 1,3 m dari permukaan tanah

(B)



Pohon miring: DBH diukur 1,3 m dari permukaan tanah terdekat, atau searah kemiringan pohon

(C)



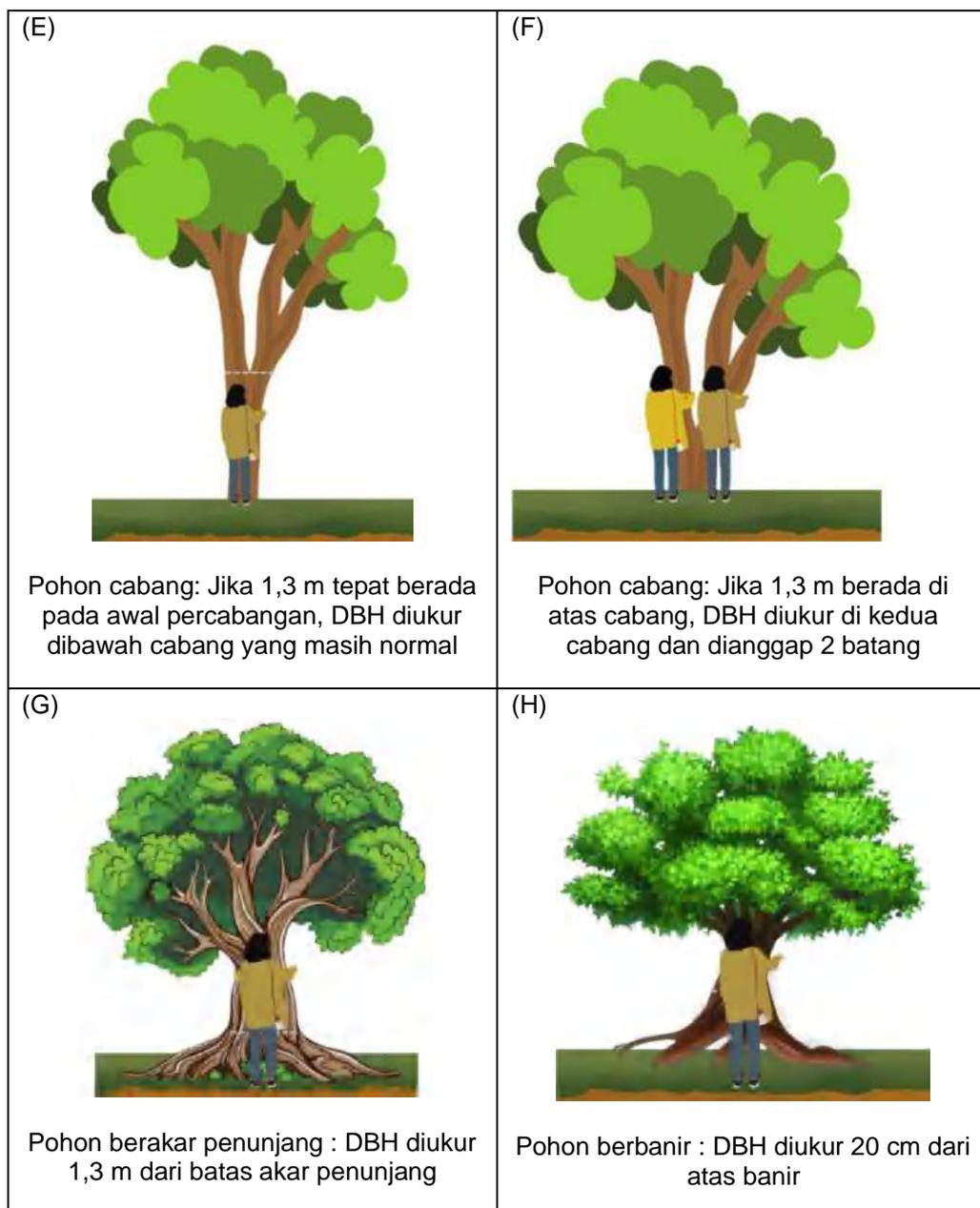
Pohon normal pada tanah miring: DBH diukur dari permukaan tanah



(D)



Pohon cacat: Jika 1,3 m tepat berada pada batang cacat (gembung), DBH diukur pada batas bagian yang mulai normal, di atas atau bawah tergantung yang terdekat

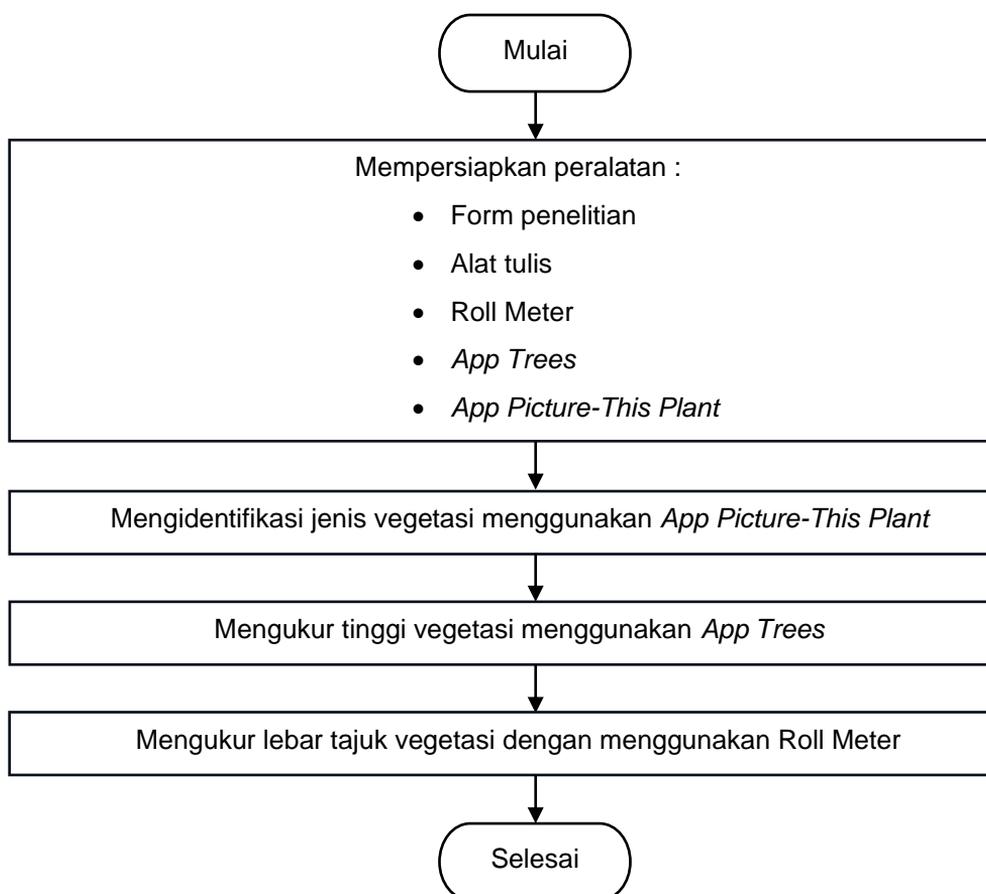


Gambar 39. Ilustrasi Ketentuan Diameter Setinggi Dada (DBH) terhadap berbagai kondisi pohon



bilan Data Daya Serap Vegetasi dengan Metode Luas jumlah dan jenis pohon dilakukan dengan metode langsung di tumbuhan pada jalur hijau didapatkan dengan cara memotret menggunakan aplikasi *PictureThis-Plant Identifier* dan secara otomatis akan muncul sehingga pencatatan jenis pohon dimasukkan ke

dalam formulir yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan pengukuran tinggi pohon menggunakan aplikasi *Trees*. Untuk menentukan luas tutupan tajuk pohon, dilakukan pengukuran langsung di lapangan pada beberapa vegetasi, dengan setiap pohon diukur diameter panjang sumbu tajuknya dalam dua arah yang berlawanan. Luas penutupan tajuk dihitung dengan asumsi bahwa bentuknya adalah lingkaran. Data yang diperlukan meliputi tinggi pohon, diameter pohon dan tajuk, persentase kerapatan tajuk tumbuhan yang dinilai secara visual dengan kisaran 50%-100%, serta jumlah dan jenis tumbuhan di jalur hijau Jalan Tun Abdul Razak. Diagram alir pengambilan data daya serap emisi CO₂ dengan metode luas tajuk dapat dilihat sebagai berikut.

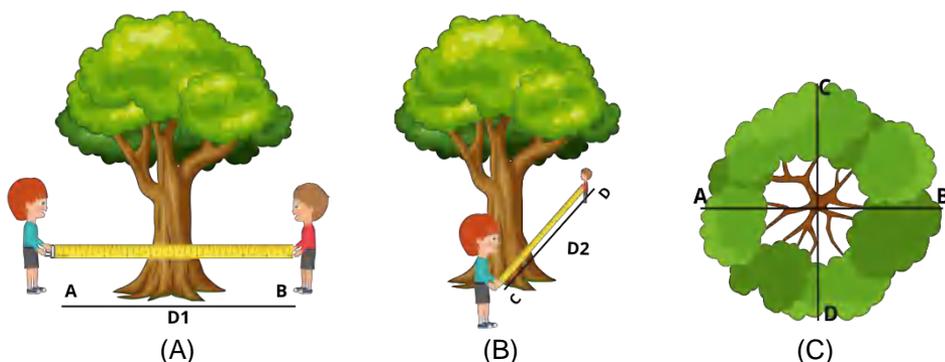


Gambar 40. Diagram Alir Pengambilan Data Daya Serap Emisi CO₂ dengan Metode Luas Tajuk

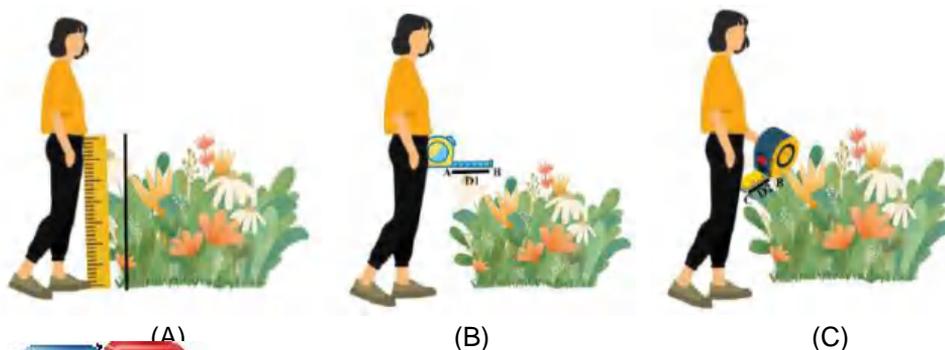




Gambar 41. Ilustrasi Tata Cara Pengambilan Jenis Vegetasi



Gambar 42. (A) Ilustrasi Pengambilan Diameter Pohon d1 (B) Ilustrasi Pengambilan Diameter Pohon d2 (C) Ilustrasi Pengambilan Tampak Atas



(A) Pengukuran Tinggi Semak/Perdu (B) Pengukuran d1 Semak/Perdu (C) Pengukuran d2 Semak/Perdu

bilan Data Volume Kendaraan. Pengambilan data volume akan metode *traffic counting* dan digunakan aplikasi *Traffic* adalah pengukuran jumlah kendaraan pada setiap ruas jalan. merupakan ruas jalan yang mengarah dari Kota Makassar

menuju Kabupaten Gowa dan Ruas jalan arah selatan merupakan ruas jalan yang mengarah dari Kabupaten Gowa menuju Kota Makassar. Data volume kendaraan diambil selama 1 hari pada hari kerja yang terbagi dalam 3 interval waktu yaitu pagi, siang, dan sore dengan pencatatan dilakukan secara terpisah untuk masing-masing arah arus lalu lintas jam puncak pada pukul 07.00-08.00 (pagi), 12.00-13.00 (siang), dan 17.00-18.00 (sore) dengan durasi per 15 menit selama 1 jam. Untuk *traffic counting* merujuk pada Deputi Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Tahun 2012 tentang Petunjuk Teknis Dekonsentrasi Pengendalian Pencemaran Udara Sumber Bergerak dan untuk jenis kendaraan merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Jenis Kendaraan di Indonesia. Selain dari menghitung volume kendaraan diukur pula lebar, tinggi dari median jalan pada Jalan Tun Abdul Razak. Untuk jenis kendaraan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Sepeda motor
Yang termasuk jenis kendaraan ini adalah kendaraan roda dua.
2. Sedan
Yang termasuk jenis kendaraan ini adalah kendaraan penumpang pribadi, kendaraan umum, termasuk juga mobil kijang.
3. Angkot
Jenis kendaraan ini didefinisikan sebagai kendaraan yang mempunyai kapasitas tempat duduk tidak lebih dari 8 yang dioperasikan untuk transportasi umum pada suatu trayek tetap. Perlu diperhatikan bahwa beberapa jenis kendaraan ini mempunyai plat nomor hitam dan digunakan untuk transportasi penumpang umum. Adapun yang termasuk ke dalam jenis kendaraan ini adalah „Hi-Ace“, „Combi“, „Oplet“, „Daihatsu“, „Suzuki“, „Kijang“ (jenis mikrolet), „PickUp“ dengan tempat duduk di belakang untuk transportasi penumpang dan juga bemo. Metromini dan Kopaja berukuran bis tidak termasuk ke dalam jenis ini.
4. Taksi
Yang termasuk jenis kendaraan ini adalah kendaraan penumpang umum.
5. Jeep
Yang termasuk jenis kendaraan ini adalah kendaraan pribadi untuk karakteristik jalan yang terjal.
6. Bus besar
Bis ukuran standar/menengah yang mempunyai tempat duduk 9-20 penumpang dan juga yang lebih dari 20 penumpang seperti: bis kota, bis antar provinsi, bis limousine bandar udara, Metromini, dan is.



ik kendaraan ini adalah bis ukuran standar/ menengah yang
empat duduk 9-20 penumpang yang dioperasikan pada trayek

ik kendaraan ini adalah van.

9. Truk kecil

Yang termasuk jenis kendaraan ini adalah truk kecil dengan kapasitas muat tidak lebih dari 2,5 ton yang digunakan untuk transportasi barang.

10. Truk sedang

Yang termasuk kendaraan jenis ini adalah truk yang mempunyai 2 As dengan total 4 roda.

11. Truk besar

Yang termasuk kendaraan jenis ini adalah truk yang mempunyai 3 As dengan total 6 roda.



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

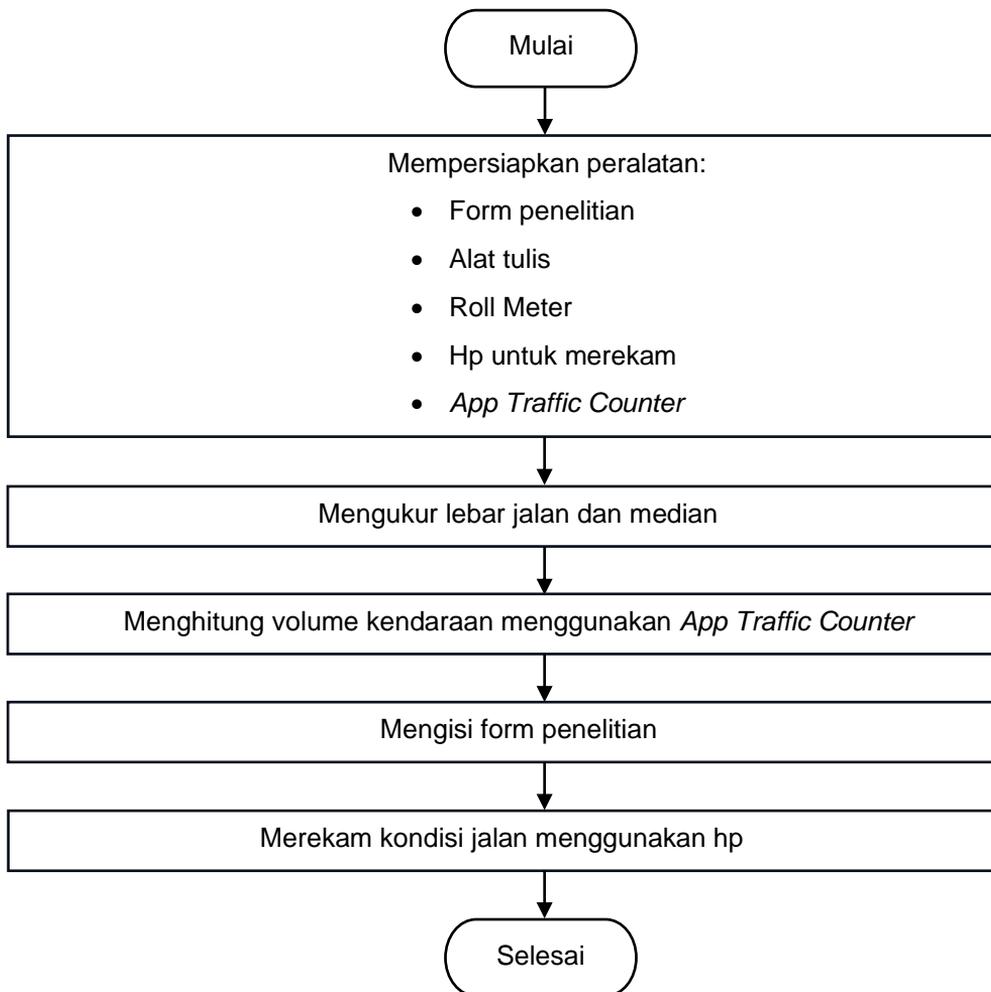


11

Adapun jenis kendaraan yang tidak merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 10/2010 tentang Jenis Kendaraan di Indonesia tetapi tetap diambil data adalah Bentor atau "Becak Motor" yang merupakan jenis kendaraan sepeda motor yang berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang menyatakan bahwa Bentor sebagai modifikasi sepeda motor.

Untuk keperluan data volume kendaraan untuk mengetahui emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dapat dilihat sebagai berikut.

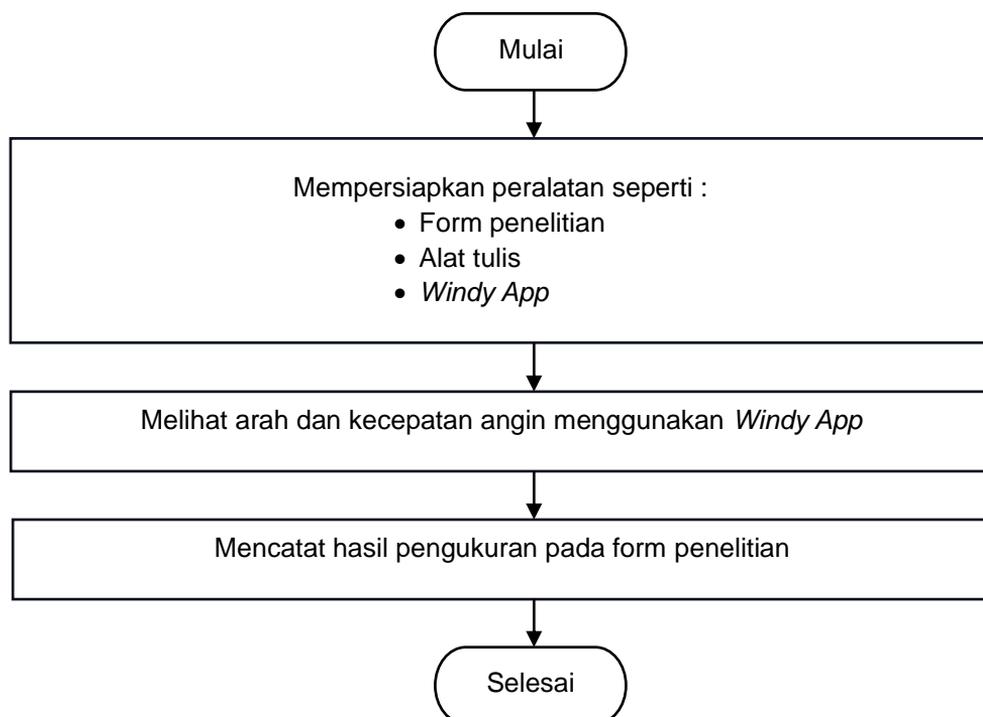




Gambar 44. Diagram Alir Pengambilan Data Volume Kendaraan

Metode Pengambilan Data Arah dan Kecepatan Angin. Pengambilan data arah dan kecepatan angin bertujuan untuk mengetahui pola arah angin sehingga pola tersebut dijadikan acuan untuk melihat efektifitas dari vegetasi yang berada sepanjang segmen tersebut. Pengambilan data dilakukan setiap 3 menit yang dilakukan selama 21 kali agar mendapatkan arah angin dominan di tiap interval waktu pada segmen jalan. Adapun untuk bagan alir metode pengambilan data arah dapat dilihat sebagai berikut.





Gambar 45. Diagram Alir Pengambilan Data Arah Angin dan Kecepatan Angin

2.5.2 Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh berupa peta jaringan jalan yang diperoleh dari *Google Earth* dan data-data pendukung yang didapatkan dari peraturan dan perundang-undangan Republik Indonesia, jurnal penelitian, artikel ilmiah, skripsi, dan buku.

2.6 Teknik Analisis Data

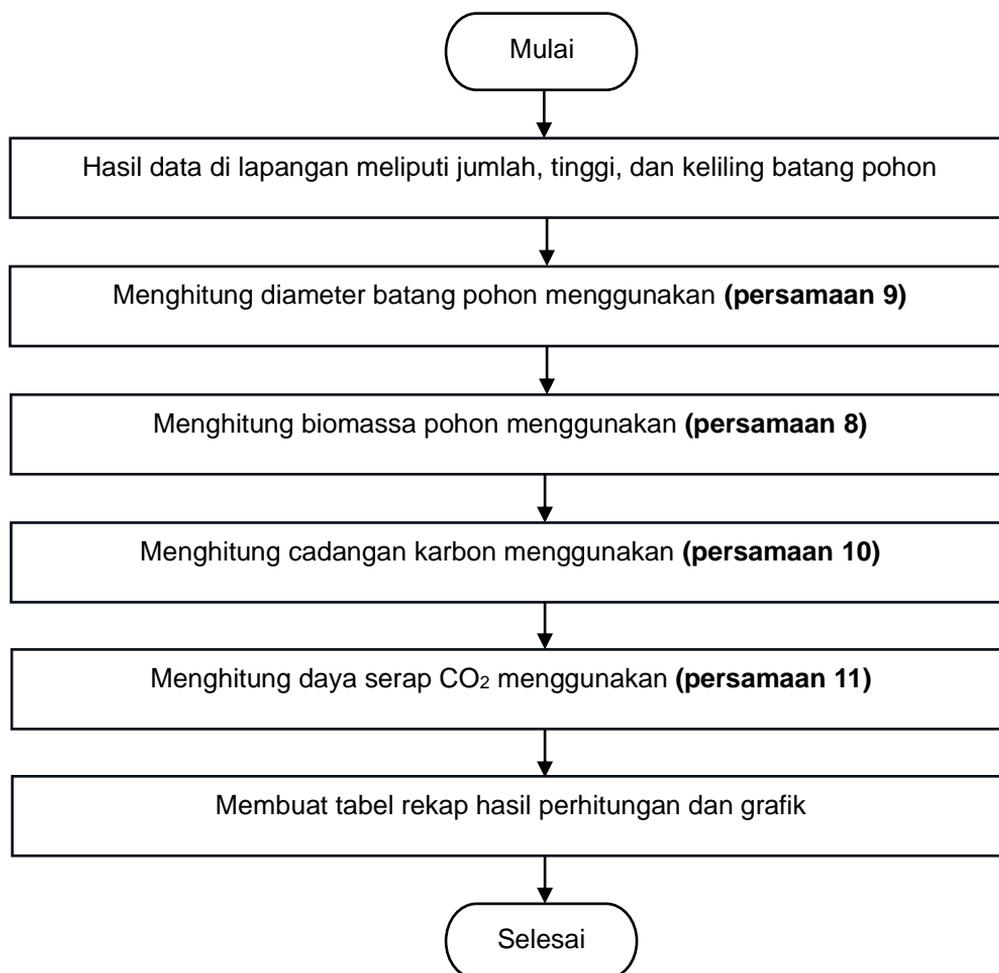
Analisis data bertujuan untuk mengetahui besaran penyerapan emisi CO₂ vegetasi yang ada di jalur hijau jalan terhadap besaran emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang melintas pada Jalan Tun Abdul Razak. Pembagian analisis data ini dibagi menjadi :

2.6.1 Analisis Penyimpanan CO₂ oleh Vegetasi dengan Metode Biomassa



Penyimpanan CO₂ ini digunakan persamaan allometrik dari untuk mengekstrapolasi biomassa yaitu **Persamaan 8** dimana seperti diameter batang pohon, berat jenis pohon, dan tinggi allometrik oleh Chave et al. (2014) sering direkomendasikan untuk estimasi biomassa hutan tropis (Walker et al., 2016). Selanjutnya untuk menghitung karbon dengan **Persamaan 10** lalu dilakukan perhitungan

serapan CO₂ menggunakan **Persamaan 11**. Adapun tahap perhitungan daya serap CO₂ oleh vegetasi yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 46. Diagram Alir Prosedur Perhitungan Analisis Penyimpanan CO₂ oleh Vegetasi dengan Metode Biomassa

Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar diatas dapat dilihat sebagai berikut :

1. Data hasil perhitungan jumlah, tinggi, dan keliling batang pohon didapatkan di lapangan

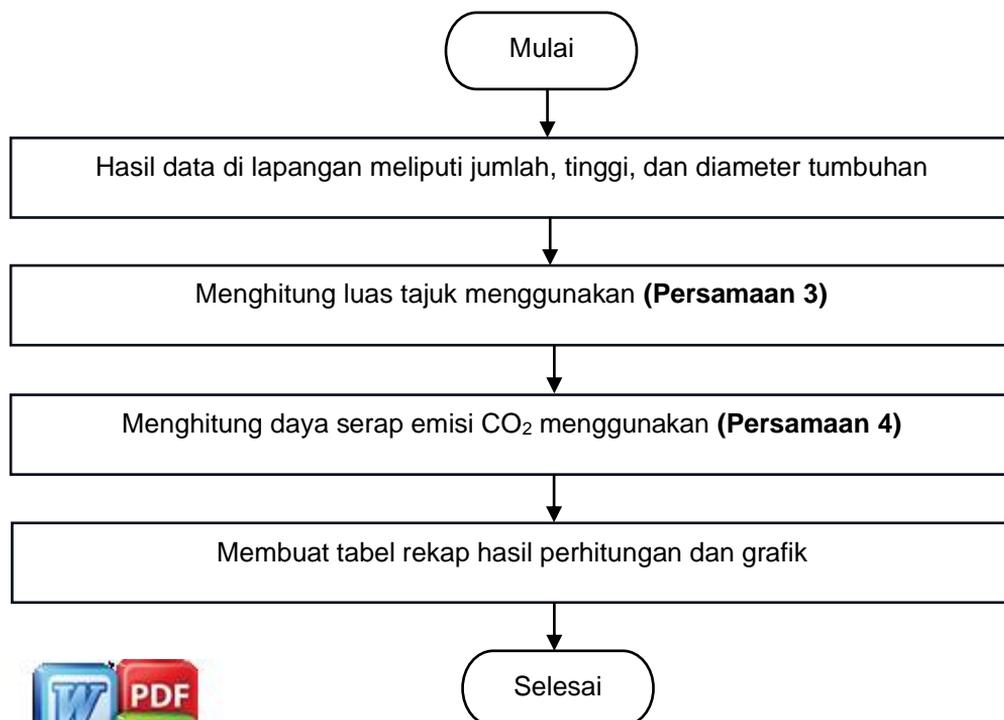


diameter batang pohon menggunakan **Persamaan 9** dimana keliling batang pohon dibagi dengan nilai π (3,14)
 untuk menghitung biomassa pohon menggunakan **Persamaan 8** dimana persamaan allometrik (Chave *et al.*, 2014). Untuk data berat batang pohon didapatkan dari penelitian sebelumnya yang melakukan sampel kayu dengan cara menimbang berat basah dan berat

4. Menghitung cadangan karbon menggunakan **Persamaan 10** dimana mengalikan biomassa dengan konstanta fraksi karbon dari biomassa (IPCC, 2006)
5. Menghitung serapan CO₂ menggunakan **Persamaan 11** dimana mengalikan cadangan karbon dengan nilai dari perbandingan massa molekul relatif CO₂ (44) dan massa atom relatif C (12)
6. Membuat tabel rekapitulasi hasil perhitungan dan grafik agar daya serap tertinggi dapat diketahui dan akan dimasukkan pada analisis perhitungan selanjutnya

2.6.2 Analisis Daya Serap CO₂ oleh Vegetasi dengan Metode Luas Tajuk

Untuk perhitungan luas tajuk pohon dan semak, dilakukan dengan cara dikalikannya luas tajuk dalam satuan hektar dan berdasarkan tipe penutupannya dengan **Persamaan 4**. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada metode ini yaitu seperti tinggi pohon, kerapatan tajuk pohon, dan diameter kanopi dari tiap vegetasi. Adapun tahap perhitungan analisis daya serap CO₂ dengan metode luas tajuk yang dapat dilihat sebagai berikut



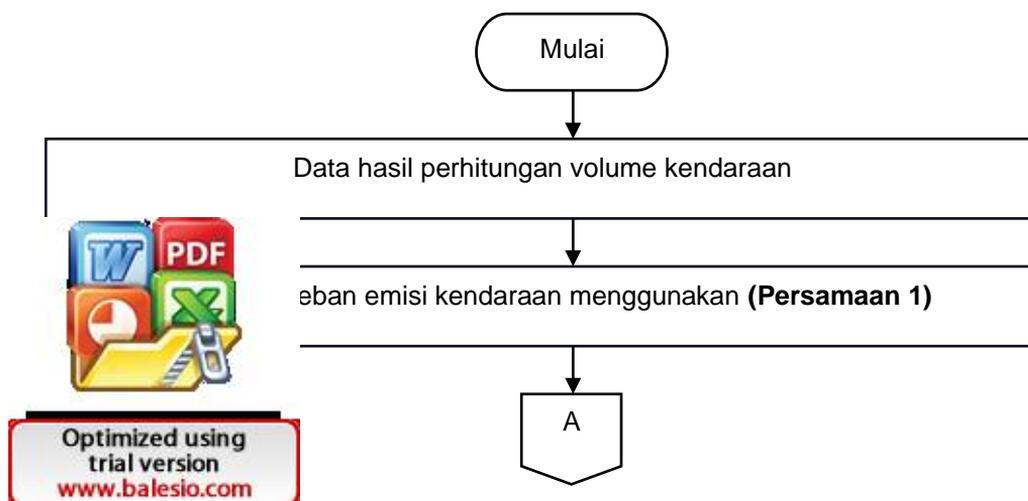
gram Alir Prosedur Perhitungan Analisis Daya Serap CO₂ dengan Metode Luas Tajuk

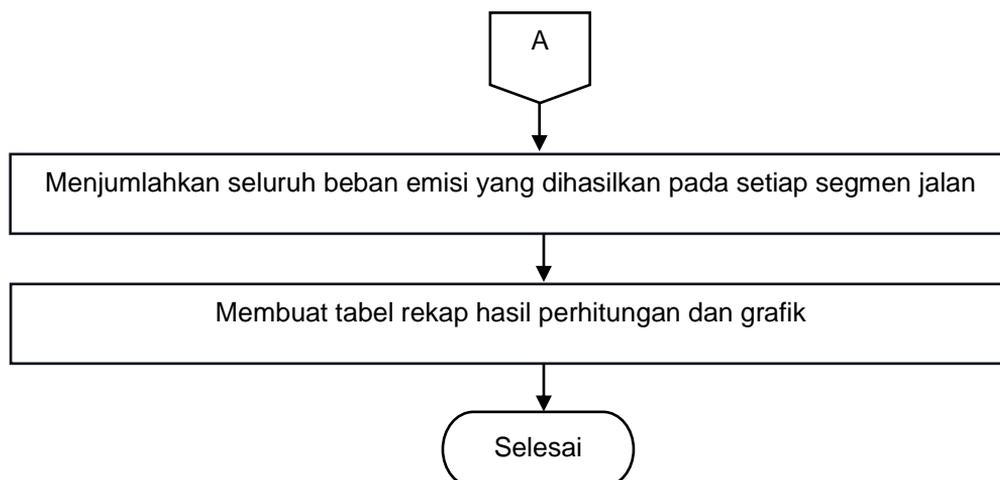
Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar diatas ialah sebagai berikut:

1. Data hasil perhitungan jumlah dan diameter pohon yang didapatkan di lapangan
2. Menghitung daya serap tumbuhan dengan metode per luas tajuk menggunakan **Persamaan 3** dimana menggunakan perhitungan luas lingkaran dan dikalikan dengan persen kerapatan tiap satuan tumbuhan
3. Menjumlahkan daya serap yang telah dihasilkan dengan menggunakan **Persamaan 4**
4. Membuat tabel rekapitulasi hasil perhitungan dan grafik agar daya serap tertinggi dapat diketahui dan akan dimasukkan pada analisis perhitungan selanjutnya.

2.6.3 Analisis Beban Emisi Kendaraan Bermotor

Data yang telah diperoleh dari *traffic counting* secara manual yang dilakukan di lapangan bertujuan untuk mengetahui beban emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Volume kendaraan adalah satu faktor penting dalam melakukan analisis beban emisi kendaraan. Hal ini dikarenakan dari volume kendaraan akan diketahui komposisi/jenis kendaraan yang ada. Selain itu, untuk mengetahui beban emisi CO₂ dibutuhkan juga data faktor emisi. Data faktor emisi dan ekonomi bahan bakar diperoleh dari Permen LHK No.12 Tahun 2010 . Dimana faktor emisi pada tiap kendaraan dan jenis bahan bakar berbeda sehingga emisi yang dihasilkan akan berbeda pula. Adapun tahapan perhitungan analisis beban emisi kendaraan bermotor dapat dilihat sebagai berikut.





Gambar 48. Diagram Alir Prosedur Perhitungan Analisis Beban Emisi

Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar diatas ialah sebagai berikut :

1. Data hasil perhitungan volume kendaraan sesuai jenis kendaraan yang didapatkan dari perhitungan langsung di lapangan
2. Menghitung beban emisi pada setiap segmen jalan dengan mengalikan jumlah kendaraan bermotor, ekonomi bahan bakar, faktor emisi, dan panjang jalan tiap segmen sehingga didapatkan hasil beban emisi pada setiap segmen dengan satuan kg/jam
3. Menjumlahkan seluruh beban emisi yang dihasilkan pada setiap segmen jalan untuk mengetahui total emisi yang dihasilkan pada setiap interval di segmen jalan
4. Membuat tabel rekapitulasi hasil perhitungan dan grafik agar beban emisi tertinggi dapat diketahui dan akan dimasukkan pada analisis perhitungan selanjutnya.

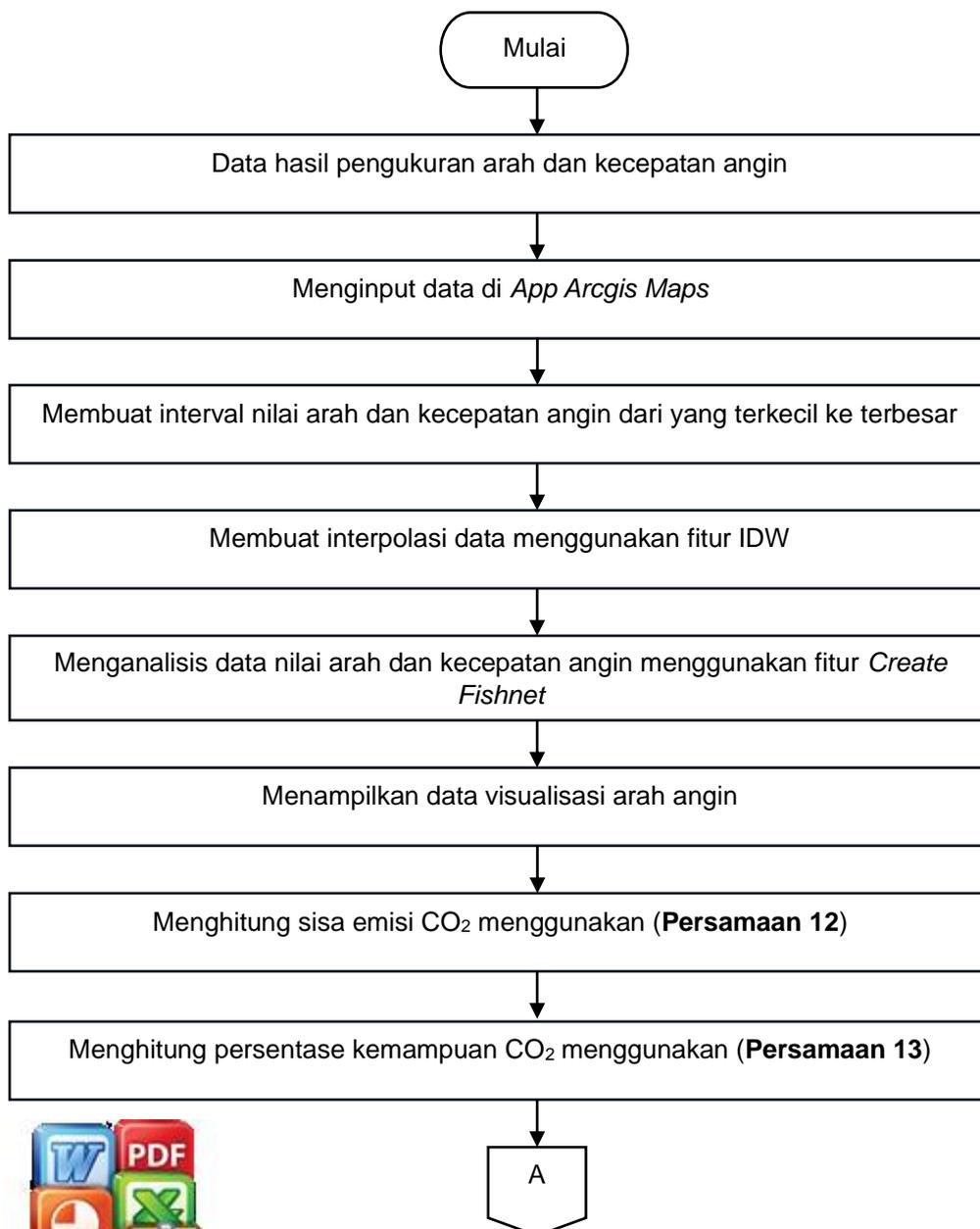
2.6.4 Analisis Ketersediaan Vegetasi Jalur Hijau

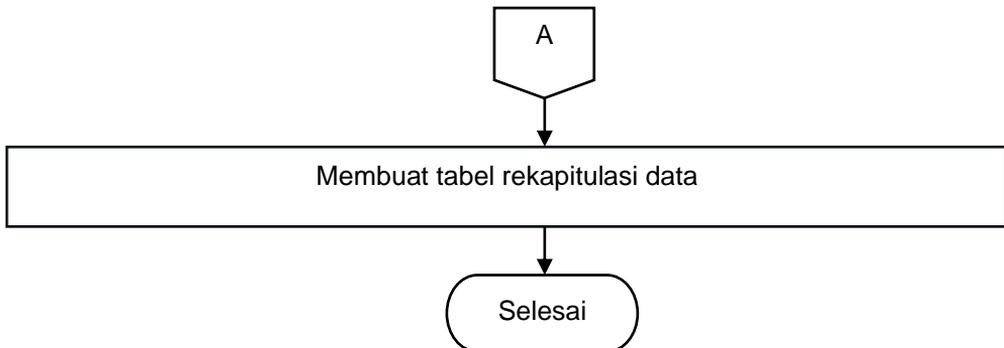
Analisis ketersediaan vegetasi pada jalur hijau dapat dilihat dengan membandingkan antara analisis kapasitas kemampuan CO₂ jalur hijau tanpa pengaruh dispersi gas emisi CO₂ dan analisis kapasitas kemampuan CO₂ jalur hijau dengan pengaruh dispersi gas emisi CO₂. Analisis kapasitas kemampuan CO₂ oleh



perhitungan dispersi gas emisi CO₂ dilakukan dengan persentase kemampuan CO₂ jalur hijau menggunakan semua segmen jalan dan untuk perhitungan persentase lapat menggunakan **Persamaan 13**. Sedangkan dengan pengaruh dispersi gas CO₂ maka arah dan kecepatan angin perhitungan sisa emisi dan persentase kemampuan CO₂ yang ada

pada setiap segmen Jalan Tun Abdul Razak. Dimana perhitungan kemampuan vegetasi terhadap emisi gas CO₂ tergantung dari arah mata angin pada saat penelitian. Adapuun tahapan perhitungan analisis ketersediaan jalur hijau dapat dilihat sebagai berikut.





Gambar 49. Diagram Alir Prosedur Perhitungan Analisis Ketersediaan Jalur Hijau

Adapun uraian tahapan perhitungan berdasarkan gambar diatas ialah sebagai berikut :

1. Data hasil perhitungan daya serap menggunakan metode luas tajuk dan penyimpanan CO₂ menggunakan metode biomassa
2. Data hasil perhitungan beban emisi oleh kendaraan bermotor
3. Menghitung sisa emisi CO₂ yang telah diserap oleh tumbuhan pada setiap segmen jalan menggunakan **Persamaan 12** dimana mengurangi total emisi yang dihasilkan dengan total kemampuan CO₂ oleh vegetasi yang dihasilkan
4. Menghitung persentase persentase kemampuan CO₂ menggunakan **Persamaan 13**
5. Membuat tabel hasil perhitungan

