

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

Kajian teori adalah deskripsi menyeluruh yang mencakup hasil penelitian tentang teori, konsep, dan temuan penelitian sebelumnya yang relevan dengan masalah penelitian, dengan tujuan untuk memahami, menganalisis, dan mengevaluasi teori yang ada guna mendukung atau memperkuat argumen penelitian.

1. Cadangan Karbon

Dengan nomor atom 12, karbon adalah salah satu unsur alam yang paling penting dalam pembentukan bahan organik, termasuk makhluk hidup. Karena karbon membentuk hampir setengah dari massa organisme hidup, unsur ini lebih banyak tersimpan di bumi (baik di daratan maupun di laut) dibandingkan di atmosfer. (Manuri *et al.*, 2011). Ginting (2018) menjelaskan bahwa Cadangan karbon mengacu pada jumlah karbon yang tersimpan di tanah (baik di bawah permukaan tanah, seperti bahan organik tanah, maupun di atas permukaan tanah). Tumbuhan, baik di dalam maupun di luar hutan, menyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara melalui proses fotosintesis, mengubahnya menjadi karbohidrat yang didistribusikan ke seluruh tubuh tumbuhan, dan akhirnya disimpan di dalam tubuh mereka. Sebagai hasilnya, mengukur jumlah karbon dioksida yang tersimpan dalam biomassa tanaman hidup di suatu area dapat memberikan gambaran tentang seberapa banyak karbon dioksida yang telah diserap oleh tanaman dari atmosfer. (Monde, 2009). Karbon diserap dari udara melalui proses fotosintesis dan tersimpan dalam materi hayati tumbuhan. Ini termasuk bagian-bagian seperti batang, cabang, dahan, dedaunan, bunga, buah, dan akar dari pohon dan tumbuhan lainnya. (Yuniawati *et al.*, 2014).

Menurut Hairah et al (2007), pengelompokan cadangan karbon dibagi menjadi 3 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Bagian hidup (biomasa) mencakup massa dari bagian tumbuhan yang masih hidup, seperti batang, ranting, dan mahkota pohon (serta akarnya dengan estimasinya), tumbuhan semak atau gulma, dan tanaman tahunan.
2. Bagian mati (nekromasa) mencakup massa dari bagian pohon yang sudah tidak hidup lagi, seperti batang atau tunggul yang masih berdiri tegak di tanah, kayu yang telah rebah atau tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting, dan daun-daun gugur (seresah) yang belum terdekomposisi.
3. Tanah organik terbentuk dari sisa-sisa makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tanaman yang telah terurai dan menjadi bagian dari tanah. Partikel-partikelnya umumnya berukuran tidak lebih dari 2 mm.

Umur sebuah hutan adalah faktor krusial yang memengaruhi jumlah karbon yang disimpan oleh tanaman. Karbon dalam tanaman mencerminkan kemampuan mereka untuk menyerap CO₂ dari udara. Sebagian dari karbon yang diserap digunakan dalam fotosintesis, sementara sisanya tersimpan dalam struktur tumbuhan sebagai cadangan karbon. (Nuranisa *et.al*, 2020). Keseluruhan kandungan karbon dalam tanaman bergantung pada jumlah biomasa yang ada. Bahan organik yang merupakan cadangan karbon dalam tanaman tidak hanya terdapat di daun tetapi juga di batang. Biomassa di bagian batang umumnya memberikan kontribusi terbesar terhadap simpanan karbon tanaman dibandingkan dengan bagian lainnya. Hal ini disebabkan karena batang menyimpan sebagian besar hasil fotosintesis untuk mendukung pertumbuhan tanaman. (Nuranisa *et.al*, 2020).

Menurut penelitian Hairah *et al.* (2011), jenis vegetasi memiliki dampak signifikan terhadap cadangan karbon dalam sistem penggunaan lahan. Vegetasi yang padat umumnya menghasilkan tingkat biomassa yang lebih tinggi. Pohon dengan diameter lebih dari 30 cm yang ditemukan dalam suatu sistem penggunaan lahan berperan penting dalam total cadangan karbon. Semakin besar diameter pohon, semakin besar pula jumlah biomassa yang disimpannya. Fenomena ini dapat terjadi karena adanya proses fotosintesis pada tumbuhan. Fotosintesis adalah proses di mana

tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik. (Nuranisa et.al, 2020).

2. Karbon dan Siklus Karbon

Siklus karbon mengacu pada proses biogeokimia di mana terjadi pertukaran dan pergerakan karbon antara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi. (Sutaryo, 2009). Secara alami, terjadi pelepasan karbon dari hutan ke atmosfer melalui berbagai proses, termasuk respirasi makhluk hidup, dekomposisi bahan organik, dan pembakaran biomasa. Tumbuhan menjalani dua proses utama: fotosintesis, yang mengubah karbon dioksida (CO₂) menjadi oksigen (O₂), dan respirasi, yang menghasilkan CO₂. Meskipun proses respirasi ini terjadi, dampaknya mungkin tidak signifikan karena CO₂ yang dilepaskan dapat diserap kembali selama fotosintesis. (Manuri et.al 2011).

Karbon adalah unsur dasar dari semua senyawa organik dan mengalir melalui ekosistem bersama dengan energi. Dalam proses fotosintesis dan respirasi, karbon secara konsisten berikatan dengan oksigen untuk membentuk CO₂. Dengan bantuan energi cahaya matahari, CO₂ dan H₂O diubah menjadi karbohidrat dalam tubuh tanaman hijau melalui proses fotosintesis. (Sriwiyati, 2018). Karbohidrat kemudian didistribusikan ke tumbuhan dan hewan melalui proses rantai makanan. Di dalam tanah tumbuhan, respirasi CO₂ terjadi baik di udara maupun di air, dan hewan yang mati dirusak melalui berbagai proses pembusukan, menghasilkan CO₂ yang akan digunakan kembali selama proses fotosintesis (Susanti, 2022). Karbon juga merupakan elemen krusial dalam pembentukan bahan organik, termasuk dalam struktur makhluk hidup (Manuri et al., 2011). Biomassa pohon, yang meliputi batang, cabang, ranting, daun, bunga, buah, dan akar, berperan sebagai tempat penyimpanan karbon. (Yuniawati *et al*, 2014).

Proses fotosintesis pada tumbuhan mengurangi konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dalam atmosfer dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Karbon ini kemudian disimpan dalam berbagai reservoir karbon sampai saatnya untuk dilepaskan kembali ke atmosfer dalam siklus karbon. Biomassa di atas permukaan tanah meliputi semua bagian vegetasi seperti pohon, semak, liana,

dan epifit. Selain karbon yang disimpan di atas permukaan tanah, akar tumbuhan juga menyimpan karbon di bawah permukaan tanah.

(Sutaryo, 2009). Siklus karbon terbagi menjadi 3 tahap, diantaranya yaitu proses penyerapan, penyimpanan, dan pengeluaran. Fotosintesis adalah proses di mana tumbuhan menyerap karbon dioksida di atmosfer untuk membentuk daun, batang, dan akar. Selama proses penyimpanan, karbon yang telah diserap akan disimpan di akar, batang, dan daun yang telah terbentuk selama proses penyerapan. Proses pelepasan karbon, yang terjadi karena berbagai faktor seperti penebangan tumbuhan, juga berperan penting.

3. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau (RTH) dan ruang terbuka non-hijau merupakan dua jenis ruang publik di perkotaan. RTH perkotaan adalah area di dalam kota yang ditanami berbagai jenis tumbuhan dan vegetasi, baik yang asli maupun yang diperkenalkan, dengan tujuan mendukung manfaat ekologis, sosial-budaya, dan arsitektural, serta memberikan kontribusi pada kesejahteraan ekonomi masyarakat. Di sisi lain, ruang terbuka non-hijau mencakup area seperti tepi sungai, danau, atau kawasan yang dirancang sebagai kolam retensi air. (Dwiyanto, 2009).

Menurut Syukri, M. R. (2013), Ruang Terbuka Hijau (RTH) mencakup area yang membentang, berbentuk jalur, atau berkumpul yang digunakan secara terbuka dan ditanami berbagai jenis tanaman, baik yang tumbuh secara alami maupun ditanam secara sengaja. Di sisi lain, Ruang Terbuka Non Hijau mengacu pada area terbuka di perkotaan yang tidak termasuk dalam kategori RTH, seperti lahan yang diperkeras atau badan air.

Ruang Terbuka Hijau (RTH), secara fisik, dapat dibagi menjadi dua kategori utama: RTH alami, yang meliputi habitat alam liar, area perlindungan, dan taman nasional; serta RTH nonalami, yang mencakup taman kota, lapangan olahraga, dan kebun bunga. RTH memiliki peran penting dalam menjalankan fungsi ekologis, sosial-budaya, arsitektural, dan ekonomi di lingkungan perkotaan. (Dwiyanto, 2009). Secara ekologis, Ruang Terbuka Hijau (RTH) berperan dalam meningkatkan kualitas air tanah, memitigasi banjir, mengurangi polusi udara, serta menurunkan suhu perkotaan. Contoh bentuk RTH yang

berfungsi ekologis termasuk sabuk hijau kota, hutan kota, dan taman botani. Secara sosial-budaya, keberadaan RTH membantu memfasilitasi interaksi antarindividu dan berfungsi sebagai tempat rekreasi. Taman kota, lapangan olahraga, kebun raya, dan TPU merupakan contoh RTH yang berperan dalam aspek sosial-budaya (Dwiyanto, 2009).

Menurut ketentuan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008, ruang terbuka hijau merujuk pada area atau jalur yang membentang atau berkelompok yang digunakan sebagai fasilitas terbuka, di mana tanaman dapat tumbuh baik secara alami maupun dengan penanaman sengaja. (Permen PU, 2008). Menurut data DPKP3 Kota Bandung (2023), saat ini Kota Bandung hanya memiliki luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) sekitar 1.700 hektar, padahal idealnya luas RTH di kota tersebut seharusnya mencapai 16.729,65 hektar atau sekitar 6.000 hektar. Berdasarkan data Badan Pengendalian Lingkungan Hidup tahun 2007, proporsi RTH di Kota Bandung saat ini masih mencapai 8,76%, padahal idealnya sebuah kota seharusnya memiliki RTH sebesar 30% dari total luas kota, sesuai dengan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang. Menurut data yang sama dari Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Kota Bandung tahun 2006, terjadi penurunan proporsi Ruang Terbuka Hijau di kota Bandung. Setiap tahunnya, permukaan tanah Kota Bandung mengalami penurunan sekitar 42 cm.

Salah satu taman kota dan ruang terbuka hijau publik di Kota Bandung adalah Taman Tegalega. Taman Tegalega, yang terletak di lahan seluas seluas 19 hektare, telah digunakan sebagai tempat rekreasi masyarakat Kota Bandung sejak zaman pendudukan Belanda. Saat ini, taman tersebut telah berubah menjadi salah satu taman kota dengan beberapa daya tarik, seperti area terbuka hijau dan fasilitas olahraga untuk masyarakat kota (Melanira, 2023). Taman Tegalega, yang terletak di Kecamatan Regol, dianggap sebagai taman kota karena memiliki luas sekitar 19,65 hektar dan berbatasan dengan Jalan Otto Iskandar Dinata di barat, Jalan Mohammad Toha di timur, serta Jalan BKR di selatan. Taman ini memiliki vegetasi yang cukup luas, mencerminkan ukurannya yang besar.

4. Allometrik Biomassa

Menurut Sutaryo (2009) Persamaan allometrik digunakan untuk meneliti korelasi antara pertumbuhan atau ukuran satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran organisme secara keseluruhan. Dalam studi biomassa hutan dan pohon, pendekatan allometrik digunakan untuk menghubungkan berat (kering) keseluruhan pohon dengan ukurannya (diameter atau tinggi), menggunakan rumus allometrik yang dikembangkan oleh Chave et al. (2005) untuk mengestimasi biomassa. yaitu $Y = 0,05 \times \rho \times d^2 \times T$

Biomassa merujuk pada total massa atau berat bahan organik yang hadir dalam suatu area tertentu, mencakup semua komponen vital pohon seperti batang, cabang, daun, dan akar. Pertumbuhan biomassa pada tanaman terjadi karena mereka menyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara dan mengubahnya menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis. Sebagian besar karbon dalam hutan, sekitar 50%, disimpan dalam vegetasi hutan. Biomassa ini memiliki peranan krusial dalam siklus biogeokimia dan secara signifikan mempengaruhi aktivitas siklus karbon. Akibatnya, kerusakan hutan, kebakaran, dan peristiwa serupa dapat memiliki konsekuensi yang besar. (Rulianti *et al*, 2018).

Sutaryo (2009) mengemukakan bahwa dalam inventarisasi karbon hutan, terdapat setidaknya 4 kantong karbon, yang meliputi :

a. Biomassa Atas Permukaan

Biomassa atas permukaan, atau yang dikenal sebagai aboveground biomass, mencakup semua materi hidup yang terdapat di atas permukaan tanah, seperti batang, kayu, tunggul, cabang, kulit, biji, dan daun.

b. Biomassa bawah permukaan

Biomassa yang berasal dari sistem akar tumbuhan yang masih hidup

c. Bahan organik mati

Serasah mencakup semua materi organik mati yang terletak di permukaan tanah dengan berbagai tingkat dekomposisi, sementara kayu mati mencakup semua materi organik mati yang tidak termasuk dalam serasah, baik yang masih berdiri maupun yang sudah rapuh.

d. Karbon organik tanah

Mencakup mineral dan tanah organik seperti gambut

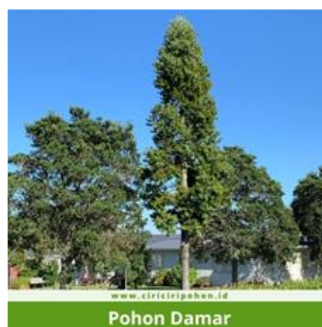
Dalam konteks biomassa tegakan, jumlah biomassa pohon dalam satu wilayah dapat dihitung dengan pengukuran diameter batang, tinggi pohon, densitas kayu dan kerapatan setiap jenis pohon (Baderan, 2017). Biomassa mempengaruhi total cadangan karbon pada setiap bagian pohon, maka dari itu, setiap peningkatan biomassa akan diikuti oleh peningkatan stok karbon pula.

5. Wood Density Database

Untuk mengestimasi volume biomassa dan stok karbon, berat jenis kayu (ρ) atau kepadatan kayu merupakan faktor kunci dalam perhitungan ini. Berat jenis kayu, yang ditentukan berdasarkan diameter batang, merupakan parameter utama dalam persamaan allometrik untuk menghitung biomassa dan stok karbon pohon. Nilai berat jenis kayu dapat bervariasi secara signifikan antar spesies, bahkan di antara pohon yang berasal dari spesies yang sama. Salah satu sumber data yang digunakan untuk menghitung biomassa pohon adalah Wood Density Database (WDD). Informasi dalam Wood Density Database (WDD) diperoleh dari berbagai sumber di Indonesia, termasuk dari database Sistem Akuntansi Karbon Nasional (INCAS) yang dikelola oleh Badan Litbang Kehutanan Indonesia. (Ditjen Planologi Kehutanan, 2014).

6. Keanekaragaman Jenis Pohon di Taman Kota Bandung

1) Damar (*Agathis alba*)



Gambar 2.1 Pohon Damar

Klasifikasi

Divisio : Pinophyta

Classis : Pinopsida

Ordo : Pinales

Familia : Araucariaceae

Genus : *Agathis*

Species : *Agathis alba* (Lam.) Foxw.

Deskripsi

Pohon damar tumbuh dalam hutan primer pada ketinggian antara 200 hingga 1750 meter di atas permukaan laut, biasanya di tanah yang berpasir, berbatu, atau lempung yang tidak tergenang air. Pohon ini berkembang biak secara generatif. Damar termasuk dalam kelompok tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) yang berasal dari Indonesia dan tersebar luas di wilayah Maluku, Sulawesi, serta mencapai Filipina. (Husodo *et al*, 2014).

Pohon damar dapat tumbuh mencapai ketinggian antara 20 hingga 60 meter dengan batang tegak, berbuku-buku, bulat, lurus, berlentisel, dan bergetah berwarna abu-abu. Pohon ini memiliki percabangan yang sedikit di bagian atasnya. Daun-daunnya berbentuk berhadapan dengan helaian daun yang menyempit menuju tangkai pendek. Helaian daun berbentuk lanset, dengan panjang antara 6 hingga 12 cm dan lebar 1,5 hingga 4 cm, serta memiliki urat-urat yang rapat.

Damar adalah tanaman yang sering digunakan sebagai peneduh jalan karena kemampuannya yang ganda: menyerap polutan udara (gas pencemar) dan menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis. (Husodo *et al*, 2014).

2) Ki Hujan (*Samanea saman*)



Gambar 2.2 Pohon Ki Hujan

Klasifikasi

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Familia : Fabaceae

Genus : *Samanea*

Species : *Samanea saman* (Jacq.) Merr

Deskripsi

Pohon ini memiliki banyak percabangan dan batang pendek dengan tinggi kanopi antara 10 hingga 25 meter. Pohon ini rentan rapuh. Daun-daunnya tersusun secara menyirip rangkap, panjangnya mencapai 30 cm, dilengkapi dengan poros dan kelenjar. Setiap sirip memiliki 3-9 pasang anak daun, masing-masing berukuran 2-10 cm, dan memiliki telur yang berbentuk terbalik oval atau bulat dengan ukuran 1,5-6 kali 1-4 cm yang mengarah ke ujung sirip. Trembesi sering dipilih sebagai pohon peneduh karena bentuk batangnya yang unik dan cabang-cabangnya yang membentuk kanopi seperti payung. (Husodo *et al*, 2014).

Pohon dewasa dengan diameter kanopi lebih dari 15 meter diketahui mampu menyerap sebanyak 28,5 ton gas pencemar CO₂ setiap tahunnya, memberikan kontribusi tambahan dalam mendukung ekosistem (Husodo *et al*, 2014).

3) Kenanga (*Cananga odorata*)



Gambar 2.3 Pohon Kenanga

Klasifikasi

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Magnoliales

Familia : Annonaceae

Genus : *Cananga*

Species : *Cananga odorata* (Lam.) Hook.f.& Thomson

Deskripsi

Kenanga sering ditemui di hutan atau ditanam untuk bunganya. Tanaman ini dapat tumbuh baik di dataran rendah, pada ketinggian antara 5 hingga 1200 meter di atas permukaan laut. Kenanga membutuhkan iklim panas dengan curah hujan sekitar 300 hingga 500 milimeter dan suhu antara 25 hingga 30 derajat Celcius. Kenanga memiliki bentuk pohon dan dapat mencapai ketinggian mencapai 40 meter. Daunnya berukuran 10-23 x 4,5-14 cm, dengan pangkal yang bulat atau berbentuk jantung, dan ujung daunnya meruncing hingga miring. (Husodo *et al*, 2014).

Secara ekologis, tumbuhan ini memiliki peran penting, seperti menyerap karbon, menjaga ketersediaan air tanah melalui akarnya, melindungi dari angin, menghasilkan zat organik dan oksigen, serta mencegah erosi (Husodo *et al*, 2014)

4) Kenari (*Canarium indicum*)



Gambar 2.4 Pohon Kenari

Kalsifikasi

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales

Familia : Burseraceae

Genus : *Canarium*

Species : *Canarium indicum* L.

Deskripsi

Kenari (*Canarium indicum*) adalah pohon yang bisa tumbuh hingga mencapai ketinggian 30 meter. Daun-daunnya tersusun menyirip dengan pola yang bervariasi. Anak daunnya berjumlah 5-11, kadang-kadang 13, dengan bentuk yang memanjang bulat 6-20 kali 2,5-9 cm, memiliki ujung meruncing dan tepi daun yang rata. (Husodo *et al*, 2014).

Secara ekologis, tanaman ini berperan sebagai peneduh di tepi jalan karena kanopinya yang lebat, daunnya yang tidak rontok secara mudah, dan sistem perakarannya yang tidak merusak jalan. Selain itu, tanaman ini mampu mencegah erosi, menyerap karbon, dan menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis. (Husodo *et al*, 2014).

5) Mahoni Uganda (*Khaya anthotheca*)



Gambar 2.5 Pohon Mahoni Uganda

Klasifikasi

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales

Familia : Meliaceae

Genus : *Khaya*

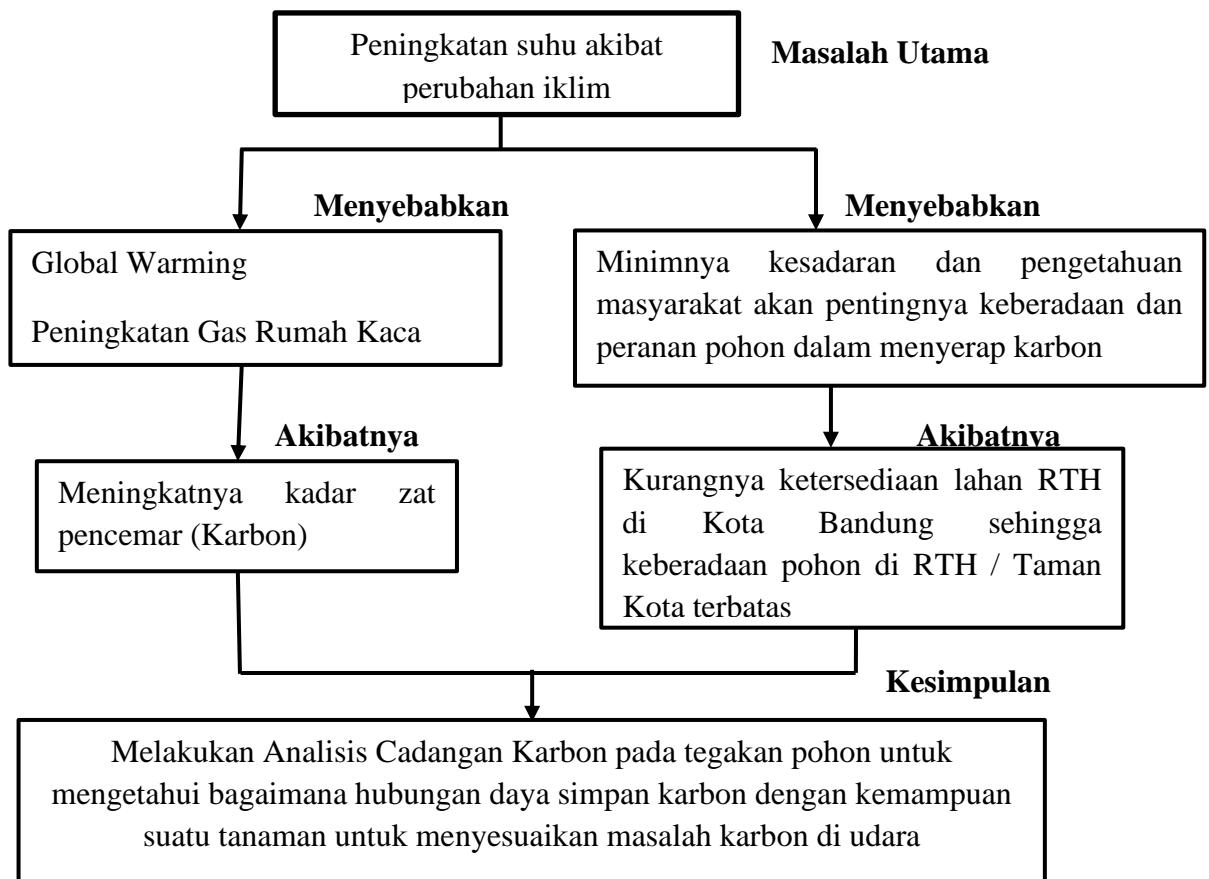
Species : *Khaya anthotheca* (Welw.). C.DC.

Deskripsi

Khaya anthotheca memiliki habitus sebagai pohon besar yang dapat mencapai tinggi 60 meter dan diameter 120 cm. Batangnya berbentuk silindris dengan warna coklat keabu-abuan, dan memiliki kulit dalam berwarna merah muda kecoklatan dengan garis-garis putih. Rantingnya halus, dan pohon yang dewasa mengeluarkan getah. Daun-daunnya majemuk menyirip genap dengan 2-7 pasang daun di setiap ibu tangkai cabang, tersusun secara spiral tetapi terkumpul di ujung cabang, dengan daun muda kadang-kadang memiliki ujung yang berwarna kemerahan (Husodo *et al*, 2014). Batangnya berbentuk silindris dan pertumbuhannya cukup cepat di habitat alaminya. Batangnya bulat dan bisa tumbuh mencapai ketinggian yang signifikan sebelum akhirnya bercabang. (Husodo *et al*, 2014).

B. Kerangka Pemikiran

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting dalam menanggulangi dampak lingkungan dengan cara menyerap karbon dan mengurangi suhu di bumi. Pohon menjadi kunci dalam proses ini karena mereka menyerap karbon melalui fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa di batang mereka. Semakin besar dan lebih banyak batang pohon, semakin besar pula kapasitas untuk menyimpan cadangan karbon. Cadangan karbon yang tersimpan di pohon dapat membantu mengurangi emisi karbon dari asap kendaraan, asap pembakaran, dan asap pabrik, sehingga berkontribusi dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian yang melibatkan pengamatan dan pengukuran berbagai parameter di Ruang Terbuka Hijau (RTH) diperlukan untuk menemukan dan memanfaatkan potensi cadangan karbon secara efektif.



Gambar 2.6 Bagan Cadangan Karbon Tersimpan Pada Pohon di Taman Tegalega Kota Bandung