

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Pentingnya Hutan dalam Menjaga Keseimbangan Karbon

Saat ini, kita telah mengalami kerugian besar dalam jumlah hutan. Di berbagai lokasi, hutan telah berubah menjadi wilayah perkotaan, perkebunan, lahan pertanian, jalan raya, dan lainnya. Jutaan pohon telah beralih fungsi menjadi bahan bangunan, kertas, kayu bakar, dan produk lainnya. Sebagian besar bahkan telah menjadi arang dan asap, yang meningkatkan jumlah CO₂ di atmosfer. Banyak orang lebih memilih untuk membuka hutan dan menebang pohon demi kepentingan ekonomi, tanpa memperhatikan pentingnya hutan sebagai penjaga keseimbangan alam. Akibatnya, peran hutan sebagai penyerap karbon dan penghasil oksigen semakin menurun. Tindakan pembalakan hutan juga berarti melepaskan cadangan karbon yang tersimpan di dalam pohon.

Penebangan dan kerusakan hutan (deforestasi dan degradasi) sedang terjadi di berbagai negara, termasuk Indonesia. Hal ini menyebabkan peningkatan gas rumah kaca di atmosfer. Deforestasi dan degradasi hutan disebabkan oleh aktivitas manusia yang mengubah hutan menjadi wilayah perkotaan, lahan pertanian atau perkebunan, serta melalui penebangan yang tidak terkendali, pembakaran hutan, pertambangan, dan kegiatan lain yang merusak lingkungan hutan. Ketika jumlah pohon di hutan berkurang, kemampuan hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon juga menurun. Seiring itu, emisi karbon yang dilepaskan terus meningkat karena aktivitas manusia. Akibatnya, wilayah yang bisa menyerap dan menyimpan karbon semakin menyusut, menyebabkan peningkatan gas rumah kaca di atmosfer. Salah satu cara paling efektif untuk menjaga siklus karbon tetap stabil adalah dengan menjaga kelestarian hutan. Upaya penanaman kembali hutan yang telah hilang akan lebih menguntungkan, karena akan meningkatkan wilayah penangkapan dan penyimpanan karbon.

Berkurangnya jumlah pepohonan akan mengakibatkan peningkatan kadar CO₂ di udara, yang berpotensi memperparah efek rumah kaca. Hal ini dapat menghasilkan dampak merugikan bagi manusia, seperti perubahan iklim yang

tidak stabil, kerusakan sumber air, banjir, longsor pada musim hujan, dan kekeringan saat musim kemarau. Perhitungan cadangan karbon pada pohon diperlukan karena pohon memiliki kemampuan untuk menyerap karbondioksida (CO₂) dari udara selama proses fotosintesis. Cadangan karbon pada pohon adalah jumlah karbon yang disimpan dalam biomassa pohon, seperti pada batang pohon. Menurut IPCC (2006), menyatakan bahwa pohon memainkan peran penting dalam siklus karbon global dengan menyerap CO₂ dari atmosfer dan menyimpannya dalam biomassa.

Perhitungan cadangan karbon pada pohon diperlukan untuk memberikan gambaran tentang kesehatan hutan dan keberhasilan upaya konservasi serta rehabilitasi hutan. Dengan mengukur cadangan karbon pada pohon, kita dapat mengevaluasi efektivitas kebijakan pengelolaan hutan dalam mempertahankan atau meningkatkan cadangan karbon dan mengurangi deforestasi. Dengan demikian, perhitungan cadangan karbon pada pohon memainkan peran penting dalam pengelolaan hutan yang berkelanjutan serta dalam upaya global untuk mengatasi perubahan iklim.

B. Cadangan Karbon dan Biomassa Pohon

Cadangan karbon adalah kandungan karbon tersimpan pada permukaan tanah sebagai biomassa tanaman, setelah dikurangi sisa hasil fotosintesis, metabolisme, dan respirasi pada tanaman. Berdasarkan Hairiah *et al.*, (2007) dalam (Herlin, 2011) mengelompokkan cadangan karbon tersimpan menjadi 3 bagian, yakni bagian hidup (biomassa), masa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu batang, ranting, dan tajuk pohon (berikut akar atau estimasinya), tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim. Kedua, bagian mati (nekromassa), masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), kayu tumbang/tergeletak di permukaan tanah. Tonggak atau ranting dan daun-daun gugur yang belum terlapuk. Ketiga, tanah (bahan organik tanah), sisa makhluk hidup (tanaman, hewan, dan manusia yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah. Ukuran partikel biasanya lebih kecil dari 2 mm.

Berdasarkan keberadaannya di alam, ketiga komponen karbon tersebut dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu:

a. Karbon di atas permukaan tanah

- 1) Biomasa pohon. Pepohonan umumnya menjadi proporsi terbesar cadangan karbon di wilayah daratan. Upaya pengurangan perlakuan kerusakan saat mengukur, biomasa pohon bisa diperkirakan dengan kesamaan alometrik yang diperoleh dari pengukuran diameter batang dan tinggi pohon apabila ada.
- 2) Biomasa tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah mencakup semak belukar dengan diameter batang <5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomasa tumbuhan bawah dilakukan dengan caramengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan).
- 3) Nekromasa. Komponen penting dari karbon (C) seperti batang pohon yang sudah mati, baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, harus dilakukan pengukuran agar estimasi cadangan karbon yang diperoleh akurat.
- 4) Serasah. Serasah mencakup bagian tanaman yang sudah gugur meliputi daun dan ranting-ranting yang terletak di atas permukaan tanah.

b. Karbon di dalam tanah

- 1) Biomassa akar. Akar mentransfer karbon dalam jumlah besar langsung ke dalam tanah, dan keberadaannya dalam tanah bisa cukup lama. Pada tanah hutan biomasa akar didominasi dengan akar-akar besar (diameter >2 mm), sedangkan di tanah pertanian lebih didominasi oleh akar-akar halus dengan daur hidup yang lebih pendek. Biomassa akar dapat diestimasi menggunakan diameter akar (akar utama), sama seperti halnya untuk mengestimasi biomasa pohon yang didasarkan pada diameter batang.
- 2) Bahan organik tanah. Sisa tanaman, hewan, dan manusia yang ada di permukaan dan di dalam tanah, sebagian atau bahkan seluruh bagiannya dirombak oleh organisme tanah hingga melapuk dan menyatu dengan tanah, dinamakan bahan organik tanah.

Biomassa merupakan total bahan organik yang dihasilkan oleh tanaman per unit luas area, dinyatakan dalam satuan berat seperti kg/m² atau ton/ha (Indrajaya & Mulyana, 2017). Proses fotosintesis terkait dengan biomassa, di mana tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik untuk meningkatkan jumlah biomassa. Hutan, baik yang alami maupun yang dibuat seperti Ruang Terbuka Hijau (RTH), memainkan peran penting dalam menyerap CO₂ selama fotosintesis. Meskipun hutan memiliki keunggulan dalam penyerapan CO₂ karena memiliki luas area yang lebih besar daripada RTH, produktivitas RTH juga penting dalam menyimpan banyak bahan organik dalam bentuk biomassa per unit luas dan waktu tertentu. Dalam penelitian ini, estimasi biomassa dihitung menggunakan persamaan allometrik dengan mengukur *Diameter at Breast Height* (DBH) dan tinggi pohon. Setiap jenis pohon juga melakukan pengolahan emisi CO₂, mengubahnya menjadi O₂.

C. Siklus Karbon

Siklus karbon merupakan siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer hidrosfer dan atmosfer bumi. Karbon dioksida adalah komponen penting dalam udara yang memengaruhi bagaimana bumi menyerap radiasi panas dan berkontribusi pada pembentukan karbon anorganik. Proses fotosintesis pada tumbuhan berperan dalam mengubah karbondioksida menjadi karbon anorganik, yang kemudian diubah menjadi karbohidrat sebagai senyawa hidrokarbon. Proses ini juga dikenal sebagai pembentukan senyawa karbon organik dalam tumbuhan, dimana energi dari matahari disimpan dalam bentuk energi biokimia. Energi ini disimpan bersama dengan senyawa organik kompleks dalam tubuh tumbuhan.

Sebagian dari karbon organik yang ada dalam tubuh tumbuhan akan mengalami transformasi melalui proses fisiologi tumbuhan. Senyawa ini akan dilepaskan dari tumbuhan sebagai CO₂ melalui proses respirasi. Selama pertumbuhannya, sebagian karbon organik lainnya akan diubah menjadi senyawa organik kompleks dalam tubuh tumbuhan melalui mekanisme respirasi tersebut. Senyawa organik tersebut akan ditransfer ke dalam tubuh konsumen melalui proses interaksi dalam rantai maupun jaringan makanan sehingga sebagian dari senyawa karbon organik akan tetap berada dalam tubuh konsumen

(manusia dan hewan) sampai mati. Setelah produsen dan konsumen mati, senyawa organik akan mengalami dekomposisi oleh organisme pengurai, dan karbon akan dilepaskan sebagai CO_2 kembali ke lingkungan, baik ke udara maupun air. Namun, ada beberapa bahan organik yang tidak dapat langsung terurai melalui proses dekomposisi dan membutuhkan waktu yang lama. Akhirnya, bahan organik ini dapat mengalami transformasi menjadi batu kapur, arang, atau minyak, yang dikenal sebagai bahan bakar fosil.

Tumbuhan menggunakan proses fotosintesis untuk mengikat karbon yang ada di udara. Menurut Simamora (2013), dengan menggunakan karbon dioksida dan air sebagai bahan baku, serta dibantu oleh energi matahari, tumbuhan mengubahnya menjadi karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Karbohidrat ini kemudian didistribusikan ke seluruh tubuh tumbuhan. Lignin, yang umumnya terletak di lamela tengah kayu, bertindak sebagai perekat antarsel dan memperkuat struktur dinding kayu. Lignin adalah senyawa turunan alkohol yang membuat dinding sel tanaman menjadi kuat. Lignin, bersama dengan selulosa, membentuk komponen struktural utama tumbuhan dan sel-selnya. Selulosa sendiri adalah turunan karbohidrat yang disintesis dari glukosa dan kemudian diubah menjadi selulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$). Setelah dihasilkan oleh tumbuhan, karbon disimpan dalam xylem. Namun, saat tumbuhan melakukan respirasi, karbon dilepaskan kembali ke atmosfer. Biomassa hasil fotosintesis tumbuhan menjadi sumber makanan bagi hewan herbivora. Karbon dari biomassa tersebut masuk ke dalam tubuh hewan herbivora, dan saat hewan tersebut melakukan respirasi, karbon kembali ke atmosfer. Tumbuhan juga mengalami dekomposisi oleh mikroba, yang melepaskan karbon ke atmosfer dalam prosesnya. Beberapa hewan dan tumbuhan yang terkubur selama jutaan tahun membentuk batu bara, yang kemudian digunakan manusia sebagai bahan bakar fosil. Saat bahan bakar fosil tersebut digunakan, polusi karbon dilepaskan kembali ke atmosfer. Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer (CO_2) melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut akan tersikluskan kembali ke atmosfer.

D. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau adalah area terbuka yang memiliki beberapa batas dan daerah yang kaya akan tumbuhan dan vegetasi (Cahyani et al., 2019). Pada dasarnya, penyusunan rencana Ruang Terbuka Hijau (RTH) dilakukan sebagai langkah proaktif untuk mengantisipasi pertumbuhan dan perkembangan aktivitas pembangunan perkotaan. Tujuan utamanya adalah untuk menjaga keseimbangan, keserasian, dan keselarasan antara area yang telah dibangun dengan RTH. Langkah ini sejalan dengan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dan Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 2005 yang mengatur pelaksanaan Undang-undang tersebut, terutama Pasal 25, Ayat (1). Selain itu, juga sesuai dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 yang membahas penataan Ruang Terbuka Hijau di kawasan perkotaan. (Menurut Samsudi, 2010), penataan Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada suatu kota, bertujuan untuk:

1. Menjaga keserasian dan keseimbangan ekosistem lingkungan perkotaan
2. Mewujudkan keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan/ binaan di wilayah perkotaan
3. Meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan yang sehat, indah, bersih, dan nyaman.

Berdasarkan Data DPKP3 Kota Bandung (2023), saat ini Kota Bandung baru memiliki sekitar 1700 hektare RTH (Ruang Terbuka Hijau). Sedangkan idealnya RTH untuk kota yang memiliki luas 16.729,65 hektare ini adalah sekitar 6000 hektar.

RTH Taman Pramuka Kota Bandung terletak di Jl. LL.RE. Matadinata No. 157 dengan luas taman sekitar 12.845 m². Taman ini memiliki bentuk setengah lingkaran dengan bangunan mirip gazebo di tengahnya.

E. Allometrik Biomassa Pohon

Model allometrik biomassa pohon memiliki beragam formulasi yang dikembangkan untuk berbagai bagian komponen biomassa pohon, disesuaikan dengan tipe ekosistem, spesies pohon, dan lokasi. Penggunaan model allometrik dipilih karena selain sering digunakan sebagai alat untuk memperkirakan cadangan karbon, juga memiliki fleksibilitas untuk disesuaikan dengan berbagai

konteks penelitian dan tidak merusak pohon yang jika dibandingkan dengan model destructive yang bersifat merusak pohon. Persamaan allometrik digunakan untuk menganalisis data mengetahui perkiraan stok karbon dengan menghitung biomasa pohon. (Manuri *dkk.*, 2011).

F. *Wood Density Database*

Berat jenis kayu (ρ) atau *wood density* merupakan faktor krusial dalam perhitungan untuk memproyeksikan volume biomassa dan ketersediaan stok karbon. Nilai *wood density* menjadi parameter utama dalam persamaan allometrik untuk mengukur biomassa pohon dan stok karbon, dihitung berdasarkan diameter batang. Penting untuk dicatat bahwa nilai *wood density* ini dapat sangat bervariasi antar spesies bahkan di antara pohon yang berasal dari spesies yang sama. *Wood Density Database* (WDD) merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam estimasi biomassa pohon, dan data WDD ini diperoleh dari berbagai sumber, termasuk informasi dari *Indonesia National Carbon Accounting System* (INCAS) yang diselenggarakan oleh Badan Litbang Kehutanan (Ditjen Planologi Kehutanan, 2014).

G. Keanekaragaman Jenis Pohon Taman Kota Bandung

Kota Bandung terletak di antara $107^{\circ} 36'$ bujur timur dan $6^{\circ} 55'$ lintang selatan. Secara topografi, Kota Bandung terletak pada ketinggian 791 m di atas permukaan laut, dengan luas $167,7 \text{ km}^2$. Kota Bandung pada zaman dulu dinilai sebagai Kota dengan banyaknya pohon dan bunga-bunga cantik tumbuh, sebagai kota yang memiliki predikat kota kembang saat ini kota Bandung memiliki sekitar 1700 hektar Ruang Terbuka Hijau diantaranya merupakan taman kota yang tersebar di Kota Bandung (Husodo et al., 2014).

Beberapa jenis pohon yang ada di Taman Kota Bandung diantaranya:

1. Kenari



Gambar 2.1 Pohon Kenari
(Sumber: Meethk.com)

Klasifikasi Ilmiah Kenari

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales

Familia : Burseraceae

Genus : *Canarium*

Species : *Canarium indicum*

Kenari (*Canarium indicum*) ini berasal dari Indonesia di sebaran daerah Pulau Kangean, Pulau Bawean, Nusa Tenggara, hingga Sulawesi. Tumbuhan ini sangat pesat tumbuhnya jika di tanah gembur juga tanah liat dengan system drainase yang baik, di dataran rendah dengan tinggi 1.500 m di atas permukaan laut, serta dengan curah hujan yang tinggi. Model arsitektur pohon ini ialah model Kwan-Koriba yakni model arsitektur pohon yang mempunyai kriteria batang bercabang, poliaksial, dengan aksis vegetatif tidak ekuivalen, homogen (terdiferensiasi dalam bentuk aksis orthotropik), percabangan seluruhnya akrotonik dalam membentuk batang, konstruksi modular dengan cabang lagiotropik yang sedikit, umumnya memiliki model perbungaan terminal yang berfungsi dengan baik, pertumbuhan tingginya simpodial modular dengan model yang sama padabagian pangkal, namun berbeda di bagian ujung, dengan percabangan, satu cabang utama membentuk batang (Husodo *et al.*, 2014).

2. Angsana



Gambar 2.2 Pohon Angsana
(Sumber: Meethk.com)

Klasifikasi Ilmiah Angsana

Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Genus	: <i>Pterocarpus</i>
Species	: <i>Pterocarpus indicus</i>

Pterocarpus indicus merupakan tanaman berbentuk pohon, dengan tinggi hingga 30-40 m dengan diameter 2 m. Tanaman ini mempunyai daun yang bentuknya menyirip gasal. Dengan anakan daun bentuknya seperti telur bulat dengan memanjang, runcing serta kilat. Terdapat bunga kupu-kupu yang terdapat dalam tandan (*racemus*) yang memiliki panjang yakni kurang lebih 7-11 cm, berbau harum dengan mahkota bunga berwarna kuning oranye. Buahnya termasuk buah polong yang bertangkai, dengan jumlah biji umumnya satu. Pemanfaatan kayu digunakan untuk membuat mebel atau bahan bangunan karena kayu tersebut kualitasnya sangat baik, selain itu tanaman ini bisa menjadi obat. tanaman ini juga dapat menjadi tanaman pelindung atau tanaman hias. Tanaman ini biasanyaditanam di daerah yang memiliki ketinggian 1-800 mdpl. Angsana memerlukan sinar matahari penuh dan tanah yang lembab serta berdrainase baik. Peranakan dapat dilakukan melalui biji atau stek. Steknya dibentuk sepanjang kurang lebih satu meter dan sangat

mudah berakar dan tumbuh tunas. Kelemahan tanaman angšana adalah rantingnya mudah patah jika terkena angin yang agak kencang. Angšana juga mudah terinfeksi penyakit yang disebabkan oleh sejenis jamur. Penyakit tersebut dikenal dengan ‘*angsanawilt*’ dan sudah menyerang sampai mematikan banyak tanaman angšana di Singapura, Philipina hingga Indonesia. Kelemahan tersebut tidak menutup kemungkinan bahwa angsanatetap menjadi tanaman pelindung favorit yang ditanam di jalan-jalan besar di Indonesia, Singapura hingga Philipina. Tanaman angšana di Philipina bahkan dijadikan pohon nasional (Dwiyani, 2013:7).

3. Mahoni Uganda



Gambar 2.3 Pohon Mahoni Uganda
(Sumber: Greeners.co)

Klasifikasi Ilmiah Mahoni Uganda

Divisio : Magnoliophyta
 Classis : Magnoliopsida
 Ordo : Sapindales
 Familia : Meliaceae
 Genus : *Khaya*
 Species : *Khaya anthotheca* (Welw.) C.DC.

Khaya anthotheca adalah salah satu jenis pohon tropis yang hijau disepanjang tahun. Pohon ini memiliki tinggihingga 60 m. Batangnya berbentuk silindris dengan pertumbuhan cukup cepat. Bentuk batang bulat bisa menghasilkan tinggi yang sangat tinggi yang hasil akhirnya bercabang. Pohon ini mahkotanya mempunyai bentuk bulat ataupun agak lonjong dan mempunyai banyak cabang. Pohon ini mahkotanya mempunyai bentuk bulat ataupun agak lonjong dan mempunyai banyak

cabang. Bagian ini sering ditemukan di hutan hujan dataran rendah serta pinggir sungai dengan ketinggian yakni 1500 m di permukaan laut dan di daerah yang mempunyai curah hujan 600-1600 mm per tahun. Ditinjau dari habitus *Khaya anthotheca* merupakan pohon besar dengan tinggi hingga 60 m, diameter 120 cm. Meskipun ukuran pohon ini ada yang berdiameter hingga 500 cm. Batang berbentuk silindris, dengan tekstur kulit cukup halus, namun mengelupas pada pohon yang besar, memiliki warna coklat keabu-abuan, kulit dalam berwarna merah muda kecoklatan dengan garis-garis keputihan, meneteskan getah, ranting halus. Daun majemuk berbentuk menyiripgenap dengan 2-7 pasang daun di tiap ibu tangkai cabang, tersusun spiral, berkerumun di ujung cabang, daun muda di ujung cabang kadang berwarna kemerahan. Bunga uniseksual, malai, harum manis serta berwarna putih, dengan panjang hingga 40 cm.

Bunga jantan dan betina ada pada pohon yang sama (monoecious) hampir serupa. Sepal 4 lembar dengan panjang 0,2-0,4 mm, gamosepalous, imbricate. Petal 4 lembar dengan panjang 3,5-4 mm, gamopetalous, valvate. Stamen 8, menyatu membentuk tabung memiliki panjang 3-5 mm, epipetal. Tumbuhan ini biasanya berbunga dari bulan Februari hingga Maret. Buah memiliki warna coklat krem, berbentuk oval, kering, berkayu, dengan diameter 4-6 cm, apabila buah matang, maka akan terpecah menjadi 4-5 bagian. Bijinya terletak di kolom tengah, memiliki warna coklat muda dengan dikelilingi sayap tipis sepanjang 1,5-3 cm. Tumbuhan ini biasa berbuah pada bulan Juli hingga Agustus (Husodo *et al.*, 2014).

4. Kiacret



Gambar 2.4 Pohon Kiacret
(Sumber: SocfindoConservation.co)

Klasifikasi Ilmiah Kiacret

- Divisio : Magnoliophyta
 Classis : Magnoliopsida
 Ordo : Hydrocharitales
 Familia : Bignoniaceae
 Genus : *Spathodea*
 Species : *Spathodea campanulata*

Spathodea campanulata biasa digunakan sebagai pelindung di taman, maupun di tepi jalan. Karena kuncup bunganya yang mampu memuncratkan air, sehingga dalam bahasa Sunda dikenal sebagai ki acret (pohon muncrat) dan penyebutan padabahasa Jawa disebut crut-crutan. Pohon ini sering disebut sebagai pohon hujan, hal ini disebabkan orang merasa seperti turun hujan jika berjalan di bawah pohon ini. Istilah bahasa Inggris dikenal dengan istilah *African tulip*, karena terdapat kemiripan warna bunganya dengan bunga tulip. Tanaman ini termasuk famili Bignoniaceae, dengan tinggi pohon berkisar dari 7 sampai 24 meter, tetapi umumnya adalah 10 m. Pertumbuhan jenis tanaman ini sangat cepat, bisa mencapai 2 m disetiap tahun. Daunnya daun majemuk berbentuk menyirip gasal, memiliki panjang 15 – 45 cm. Anak daunnya berbentuk bulat telur sampai bulat telur memanjang dan memiliki urat-urat daun yang tampak jelas. Daun-daun muda memiliki warna hijau perunggu dan dapat berubah

menjadi hijau tua mengkilat ketika dewasa. Bunganya tersusun dalam tandan yang rapat dan tumbuhnya di ujung cabang. Sebuah tandan berbunga hingga selama kurang lebih satu bulan. Ciri khas *Spathodea* yaitu kelopak bungayang selalu menutup. Mahkota bunga warnamerah oranye berbentuk lonceng lebar; dengan tepian keriting. Simetri bunga berbentuk zygomorfik. Bunga tanaman ini kaya akan nektar dan banyak dikunjungi oleh burung. Buahnya adalah buah kapsul, tegak dan tidak menggantung, dengan panjang 15 – 20cm, berwarna coklat tua, jika buah masak, maka akan membelah dan mengeluarkan biji. Bentuk kanopi *S. campanulata* akan tampak berbentuk seperti payung dan sarat dengan bunga yang berwarna merah menyala. Tanaman ini mampu tumbuh disegala jenis tanah, dengan drainase baik. Cahaya matahari penuh diperlukan pada proses pembungaannya (Dwiyani, 2013:18).

5. Damar



Gambar 2.5 Pohon Damar
(Sumber : www.lunafar.com.ar)

Klasikasi Ilmiah Damar

Divisio : Pinophyta
 Classis : Pinopsida
 Ordo : Pinales
 Familia : Araucariaceae
 Genus : *Agathis*
 Species : *Agathis alba* (Lam.) Foxw.

Pohon ini seringkali tumbuh di hutan primer, dengan tanah pasir, batu serta tanah liat yang tidak adanya air. Ketinggian pohon ini 200-1.750 m dpl. Pembiakan dilaksanakan dengan generative. Pohon ini ialah pohon dengan biji yang terbuka (Gymnospermae) yakni menjadi pohon yang khas di Indonesia. Pohon ini ada beberapa wilayah seperti Maluku, Sulawesi, hingga ke Filipina (Palawan dan Samar). arsitektur model ini yakni Massart dengan monopodial dan ortotropik, percabangan ritmik, cabang monopodial dan plagiotropik. Saat muda biasanya kerucut tetapi saat dewasa tajuk akan membulat atau tidak. beratur. Bagian ini memiliki tinggi hingga 40 m, dan diameter mencapai 45 cm. Kulit kayu berwarna abu-abu kemerahan, tebal, kanopi berbentuk kerucut, dan selalu hijau. Tangkai daun 3-8 mm, hijau tua, bulat telur meruncing atau lonjong, mengecil pada ranting-ranting yang mendukung runjung (strobilus) yang kasar; runjung jantan silindris pendek, kerucut atau runjung betina bulat atau bulat telur bersisik dengan diameter hingga 8 cm, daun pelindung 2,50 cm. Biji berbentuk bulat telur, dan satu sisinya bersayap tipis, berselaput. Kayu dan getahdigunakan untuk industri; pohon pelindung; serta sebagai penyerap karbondioksida (Handayani et al., 2023)

H. Keterkaitan Penelitian dengan Kegiatan Pembelajaran Biologi

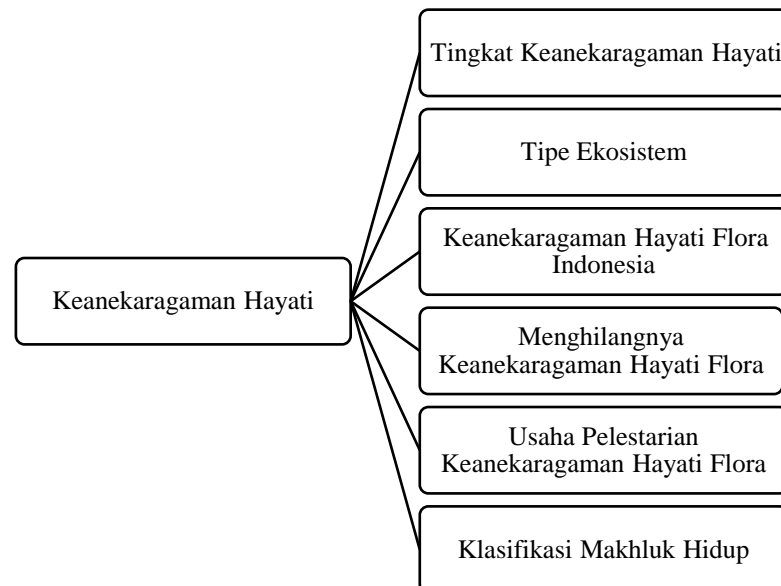
Penelitian dengan judul “Cadangan Karbon Tersimpan pada pohon di RTH Taman Pramuka Kota Bandung”, diperoleh hasil penelitian berupa data cadangan karbon pohon dan berbagai jenis pohon yang dapat dijadikan sebagai sumber belajar di sekolah. Materi pembelajaran pada jenjang Sekolah Menengah Atas pada Kelas X berdasarkan kurikulum merdeka termasuk pada Bab Keanekaragaman Hayati. Hal ini karena penelitian ini menyajikan data keanekaragaman tumbuhan tingkat spesies.

Sehingga berdasarkan tuntutan kurikulum ini siswa diharuskan melaksanakan pembelajaran di luar ruangan dan data hasil penelitian yang diperoleh dapat dijadikan sumber belajar dalam proses pembelajaran di kelas. Peserta didik diharapkan mampu menganalisis data hasil observasi tentang Keanekaragaman jenis tumbuhan berdasarkan karakteristik dan perannya bagi kehidupan serta upaya pelestarian tumbuhan.

Analisis Materi Bahan Ajar

1) Keluasan dan Kedalaman Materi

Materi pembelajaran harus memperhatikan prinsip kecukupan yang perlu digunakan untuk menentukan cakupan materi pembelajaran yang menyangkut keluasan dan kedalaman materinya. Keluasan cakupan materi artinya menggambarkan berapa banyak materi-materi yang dimasukkan ke dalam suatu materi pembelajaran, sedangkan kedalaman materi seberapa detail konsep-konsep yang terkandung didalamnya harus dipelajari atau dikuasai oleh siswa (Ratnabella, 2023 dalam Robin *et al.*, 2017). Berikut disajikan peta konsep pada materi Keanekaragaman Hayati:



Gambar 2.6 Materi Keanekaragaman Hayati

2) Karakteristik dan Kedalaman Materi

a) Sifat Materi

Sifat Materi terdiri atas konkret, semi konkret, abstrak, dan semi abstrak. Pada materi bahan ajar “Keanekaragaman Hayati” yang digunakan yaitu materi konkret. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), konkrit yaitu nyata, benar-benar ada (berwujud, dapat dilihat, dapat diraba). Materi konkret memiliki bentuk fisik dan dapat diamati dan disentuh langsung oleh siswa. Materi ini membantu siswa memahami konsep dengan lebih mudah karena mereka dapat melihat dan merasakan benda nyata. Materi konkret sering kali merupakan benda ataupun fenomena yang siswa temui dalam kehidupan sehari-hari, membuatnya lebih mudah dipahami. Penggunaan materi ini memungkinkan siswa untuk belajar melalui pengalaman langsung dengan lingkungan sekitar.

b) Perubahan Perilaku Hasil Belajar

Perubahan perilaku sebagai hasil belajar adalah perubahan yang terjadi pada individu setelah mengalami proses pembelajaran, yang dapat dilihat dari berbagai aspek seperti pengetahuan, keterampilan, sikap, dan nilai-nilai. Proses ini merupakan indikator keberhasilan pendidikan dan dapat dievaluasi melalui berbagai metode. Aspek perubahan perilaku belajar yang dimiliki siswa pada materi “Keanekaragaman Hayati” ini yaitu, kognitif (pengetahuan) siswa tentang keanekaragaman hayati tumbuhan dan klasifikasinya. Afektif (sikap), perubahan dalam sikap, nilai, perasaan, dan apresiasi terhadap materi yang dipelajari. Siswa yang menunjukkan minat dan rasa ingin tahu yang lebih besar terhadap lingkungan alam setelah belajar tentang tumbuhan. Psikomotorik (keterampilan), perubahan dalam keterampilan fisik dan motorik yang terkait dengan pelaksanaan tugas atau aktivitas tertentu. Siswa menggambarkan hasil pengamatan langsung di lembar kerja siswa. Salah Faktor yang mempengaruhi hasil belajar menurut (Shunk., *et al* 2017) diantaranya motivasi. Motivasi, baik intrinsik maupun ekstrinsik, memiliki dampak signifikan pada hasil belajar siswa. Siswa yang termotivasi lebih cenderung berpartisipasi aktif dalam proses belajar dan mencapai hasil yang lebih baik.

3) Bahan dan Media Pembelajaran

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan atau materi yang digunakan dalam proses pembelajaran yang disusun secara sistematis agar siswa dapat mempelajari kompetensi atau tujuan pembelajaran secara menyeluruh (Sudjana & Rivai, 2013). Media adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat siswa sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi (Sadiman *et al.*, 2011). Bahan dan media pembelajaran membantu siswa dalam pemahaman materi dan mempermudah kegiatan belajar mengajar di kelas.

Bahan pembelajaran pada penelitian ini yaitu “Keanekaragaman Hayati” yang terdiri dari materi tingkat keanekaragaman hayati, tipe ekosistem, keanekaragaman hayati flora, menghilangnya keanekaragaman hayati flora, usaha pelestarian keanekaragaman hayati flora dan klasifikasi makhluk hidup. Media pembelajaran menggunakan media visual menyajikan gambar-gambar materi terkait yang juga dikaitkan dengan media lingkungan menggunakan lingkungan fisik sebagai alat bantu belajar dengan melakukan kunjungan lapangan yang mengajak siswa belajar dari pengalaman langsung.

4) Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran adalah rencana tindakan yang melibatkan penggunaan metode dan teknik tertentu untuk mencapai tujuan pembelajaran yang efektif (Sanjaya, 2010). Strategi pembelajaran adalah pendekatan, metode, dan teknik yang digunakan oleh pendidik untuk memfasilitasi proses belajar mengajar, sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara efektif dan efisien. Strategi pembelajaran yang digunakan pada materi “Keanekaragaman Hayati” yaitu pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*), siswa dilatih untuk mengembangkan keterampilan mengamati, meneliti, kerjasama, dan presentasi. Siswa diminta melakukan aktivitas membuat proyek kelompok di mana siswa mengamati secara langsung, mengumpulkan data, dan membuat presentasi tentang berbagai jenis tumbuhan dan peranannya dalam ekosistem.

(Menurut Permatasari., 2017), pembelajaran *Project-Based learning* memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif melalui proyek-proyek yang menantang dan relevan dengan kehidupan sehari-hari (Permatasari & Nurlaela, 2017).

5) Sistem Evaluasi

Menurut Bloom B.S (1956), evaluasi adalah proses menentukan sejauh mana tujuan pendidikan tercapai, yang melibatkan penilaian kognitif, afektif, dan psikomotorik. Evaluasi pembelajaran untuk materi “Keanekaragaman Hayati” melalui pengamatan langsung dapat dilakukan dengan beberapa metode dan evaluasi untuk memastikan bahwa siswa telah memahami materi secara komprehensif. Untuk mengetahui kemampuan siswa dalam mengidentifikasi berbagai jenis tingkatan keanekaragaman hayati, memahami struktur tingkatan keanekaragaman hayati, dan kemampuan mengamati serta mencatat hasil pengamatan di berikan lembar kerja peserta didik dan evaluasi soal tertulis. Sistem evaluasi yang diberikan berupa pilihan ganda.

I. Hasil Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian terdahulu yang dapat di jadikan sebagai referensi untuk penelitian ini, yaitu penelitian yang ditulis oleh (Azizah, et al., 2019) dan penelitian yang ditulis oleh (Susila, et al., 2019) sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Relevan

No	Judul	
		Cadangan Karbon Pada Tegakan Pohon Hutan Kota di Taman Margasatwa Ragunan DKI Jakarta
1.	Nama Jurnal, Vol & Halaman	Florea Volume 6 No.1 Hal 1-9
	Tahun	2019
	Penulis	Mia Azizah, Nia Yuliani, Heriyanto
	Hasil Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur komunitas jenis pohon hutan kota yang memiliki cadangan karbon potensial di Taman Margasatwa Ragunan dan mengestimasi cadangan karbon tersimpan dalam batang pohon di wilayah Taman Margasatwa Ragunan. Analisis vegetasi yang digunakan menggunakan Indeks Nilai Penting (INP), keanekaragaman dan kemerataan jenis tumbuhan. INP tiap

		<p>jenis pohon diperoleh dengan menghitung Frekuensi Relatif (FR), Kerapatan Relatif (KR), dan Dominansi Relatif (DR). Analisis Biomassa pada pohon dengan metode sampling tanpa pemanenan (<i>non-destruktive sampling</i>), menggunakan persamaan allometrik. Hasil analisis vegetasi di Taman Margasatwa Ragunan menunjukkan jenis pohon dengan nilai KR tertinggi terdapat pada jenis Mahoni (<i>Swietinia macrophylla</i>) dengan nilai sebesar 22,22%. Jenis pohon yang sering muncul adalah growak (<i>Grewia acuminata</i>) dengan nilai FR 9,09 %, sedangkan untuk nilai DR tertinggi terdapat pada pohon cengal pasir (<i>Hopea odorata</i>) yaitu sebesar 19,77 %. Untuk jenis pohon dengan INP tertinggi masing-masing adalah mahoni (<i>Swietinia macrophylla</i>) sebesar 45,51 %, cengal pasir (<i>Hopea odorata</i>) 33,31 %, dan pohon kaya/Dao (<i>Dracontomelon dao</i>) 28,26 %. cadangan karbon tersimpan di Taman Marga satwa Ragunan (TMR) DKI Jakarta, maka diperoleh total cadangan karbon pohon sebesar 127.073 kg/ha. Jumlah cadangan karbon pohon terbesar terdapat pada titik barat dengan jumlah karbon 52.503 kg/ha. N serta jenis pohon dengan rata-rata karbon terbesar adalah Dao (<i>Dracontomelon dao</i>) sebesar 30.091 kg/ha.</p>
2.	Judul	Pendugaan Cadangan Karbon di Taman Hutan Raya Inten Dewata
	Nama Jurnal, Vol & Halaman	Wanamukti Vol. 22, No.2 hal 94-103
	Tahun	2019
	Penulis	Rian Susila, Rizky Nur Apriliani
	Hasil Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai guna hutan Kawasan Tahura Inten Dewata dalam menyimpan karbon. Data yang di ambil adalah data mengenai volume pohon tiap jenis di lokasi penelitan. Metode pengukuran yang dilakukan menggunakan plot

	<p>sampling berbentuk persegi yang ditentukan secara acak (<i>random</i>) pada setiap Cluster tutupan vegetasi di lokasi penelitian. Pengukuran biomasa pohon dilakukan dengan menaksir volume pohon tanpa melakukan perusakan (<i>non destructive</i>). Volume pohon ditaksir dari ukuran diameter batangnya, yang diukur setinggi dada (diameter at breast height – DBH atau 1,3 m dari permukaan tanah). Hasil observasi lapangan ditemukan sebanyak 216 individu pohon dari 16 spesies pohon, dengan jumlah pohon terbanyak 123 dimiliki oleh pohon pinus. Cadangan total karbon di Tahura Inten Dewata yaitu sekitar 15.995,89 kg atau 15,995 Ton. Pohon yang berdiameter >30 lebih banyak menyimpan cadangan karbon dibandingkan dengan pohon berdiameter kecil < 30 cm.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

J. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran bermaksud untuk menjelaskan dan menunjukkan perspektif terhadap masalah penelitian. Peneliti bertujuan untuk mengetahui karbon yang tersimpan. Perhitungan cadangan karbon akan dilaksanakan menggunakan metode allometrik, metode ini menggunakan rumus yang sudah ada. Untuk mengetahui jumlah cadangan karbon yang diserap akan dilakukan pengukuran lingkaran batang pohon, tinggi pohon dan berat serasah yang sudah diketahui.

Adapun kerangka pemikiran yang dibuat untuk mengetahui cadangan karbon tersimpan pada pohon di RTH taman pramuka Kota Bandung dan sekitarnya sebagai berikut:

