

SKRIPSI

POTENSI CADANGAN KARBON HUTAN ALAM DAN TEGAKAN SENGON (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) DI KABUPATEN MAMUJU TENGAH SULAWESI BARAT

Disusun dan diajukan oleh

RUDOLFO SONDE

M011181365



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

LEMBAR PENGESAHAN

Potensi Cadangan Karbon Hutan Alam dan Tegakan Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) di Kabupaten Mamuju Tengah Sulawesi Barat

Disusun dan diajukan oleh

RUDOLFO SONDE
M011181365

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Pada tanggal

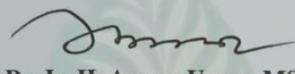
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Samuel A. Paembonan, M.Sc.
NIP. 19550115198102 1 002


Dr. Ir. H. Anwar Umar, MS.
NIDK. 8807650017


Ketua Program Studi
Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut, M.Si, IPU
NIP. 19770108200312 1 003

Tanggal Lulus: November 2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rudolfo Sonde
NIM : M011181365
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Potensi Cadangan Karbon Hutan Alam dan Tegakan Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) di Kabupaten Mamuju Tengah Sulawesi Barat”

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

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

Makassar, November 2022

Yang Menyatakan



Rudolfo Sonde

ABSTRAK

Rudolfo Sonde (M011181365). Potensi Cadangan Karbon Hutan Alam dan Tegakan Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) di Kabupaten Mamuju Tengah Sulawesi Barat di bawah bimbingan Samuel A. Paembonan dan Anwar Umar.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak pemanasan global adalah dengan memanfaatkan kemampuan hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon. Kemampuan menyerap dan menyimpan karbon untuk setiap tipe hutan berbeda-beda. Berdasarkan hal tersebut, perlu dikaji lebih dalam tentang potensi cadangan karbon pada beberapa tipe hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon di Kabupaten Mamuju Tengah seperti Hutan Alam dan Tegakan Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi simpanan karbon pada hutan alam dan tegakan sengon di Kabupaten Mamuju Tengah, Sulawesi Barat. Penentuan plot penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* dengan ukuran plot 25 m x 25 m dengan sub plot berukuran 1 m x 1 m. Sampel yang diambil adalah data pohon, semak, serasah dan tanah. Hasil penelitian menunjukkan total simpanan karbon di hutan alam sekunder sebesar 194,93 ton/ha dan pada tegakan sengon sebesar 74,11 ton/ha.

Kata Kunci: Pemanasan Global, Simpanan Karbon.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan kemuliaan hanya bagi Tuhan Yesus Kristus, oleh karena kasih karunia dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Potensi Cadangan Karbon Hutan Alam dan Tegakan Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) di Kabupaten Mamuju Tengah Sulawesi Barat**” ini dengan baik.

Dalam melaksanakan seluruh kegiatan penelitian ini, penulis telah banyak mengalami hambatan, namun berkat keyakinan, kesabaran, bantuan, bimbingan, dorongan serta doa dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan tulus dan rendah hati mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Samuel A. Paembonan, M.Sc.** selaku pembimbing I dan Bapak **Dr. Ir. H. Anwar Umar, MS.** selaku pembimbing II yang dengan sabar telah memberikan waktu, tenaga, dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu **Putri Fatimah Nurdin, SE, M.Agr., Ph.D.** dan Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut, M.Si, IPU** selaku dosen penguji yang telah memberikan bantuan, saran dan koreksi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Teman-teman seperjuangan dalam penelitian **Yoel Melisa** dan **Wahyu Sutanto Payung** serta Keluarga besar **Persekutuan Doa Rimbawan Mahasiswa Kristen Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin (PDR-MK Fahutan Unhas)** terima kasih atas bantuan dalam penelitian, doa, kebersamaan, dan dukungannya selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. **Sinarwati Panandu** yang selalu memberikan dukungan, doa serta membantu dalam penelitian hingga penyelesaian skripsi.
5. Teman-teman **SOLUM (Angkatan 2018)** terima kasih atas kerja sama, semangat dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama melalui masa kuliah.

Secara khusus kebahagiaan ini penulis persembahkan kepada orang tua terkasih, khususnya Ayahanda **Yohanis Sonde** dan Ibunda **Perti Parubang** serta saudara-saudara penulis **Yopie Sonde, S.E.** dan **Frisca Olivia Sonde, S.Sos** yang

selalu memberi semangat, motivasi, kasih sayang, pengorbanan, perhatian dan telah mencurahkan doa yang sangat tulus dan tak terhingga di dalam kehidupan penulis selama ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini tidak luput dari kekurangan, namun penulis berharap agar tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca atau mahasiswa yang ingin melakukan penelitian serupa.

Makassar, November 2022

Rudolfo Sonde

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Hutan Alam	3
2.2. Tegakan Sengon	3
2.3. Karbon	5
2.3.1. Karbon Dioksida (CO ₂).....	6
2.3.2. Siklus Karbon.....	6
2.3.3. Simpanan Karbon.....	8
2.3.4. Perhitungan Karbon	9
III. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat	12
3.2. Alat dan Bahan	14
3.2.1. Alat.....	14
3.2.2. Bahan	14
3.3. Metode Penelitian.....	15
3.3.1. Tahap Persiapan dan Observasi Lapangan.....	15
3.3.2. Tahap Pengambilan Data	15
3.4. Analisis Data	17
3.4.1 Perhitungan Luas Bidang Dasar.....	17
3.4.2 Perhitungan Biomassa Pohon.....	18
3.4.3 Perhitungan Karbon Pohon	18
3.4.4 Perhitungan Serapan CO ₂	18
3.4.5 Perhitungan Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah	19
3.4.6 Perhitungan Karbon Tumbuhan Bawah dan Serasah.....	20
3.4.7 Perhitungan Kandungan Karbon Organik Tanah.....	20

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1. Sebaran Luas Bidang Dasar.....	21
4.2 Biomassa dan Karbon Pohon	22
4.3 Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah	24
4.4. Biomassa dan Karbon Serasah	25
4.5. Kandungan Karbon Organik Tanah	27
4.6. Simpanan Karbon Total.....	29
V. PENUTUP	31
5.1. Kesimpulan.....	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Sebaran Luas Bidang Tegakan Sengon Umur 12	21
Tabel 2.	Sebaran Luas Bidang Dasar Hutan Alam Sekunder	21
Tabel 3.	Nilai Rata-Rata Biomassa, Karbon dan Serapan CO ₂ Pohon Tegakan Sengon Umur 12 Tahun.....	22
Tabel 4.	Nilai Biomassa, Karbon dan Serapan CO ₂ Pohon Hutan Alam Sekunder	23
Tabel 5.	Data Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Tegakan Sengon Umur 12 Tahun	24
Tabel 6.	Data Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Hutan Alam Sekunder.....	24
Tabel 7.	Data Biomassa dan Karbon Serasah Tegakan Sengon Umur 12 Tahun	26
Tabel 8.	Data Biomassa dan Karbon Serasah Hutan Alam Sekunder.....	26
Tabel 9.	Data Kandungan Karbon Organik Tanah Tegakan Sengon Umur 12 Tahun	27
Tabel 10.	Data Kandungan Karbon Organik Tanah Hutan Alam Sekunder.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta Lokasi Penelitian Hutan Alam Sekunder Gunung Kapal.....	13
Gambar 2.	Peta Lokasi Penelitian Tegakan Sengon Umur 12 Tahun.....	13
Gambar 3.	Sketsa Sub-Plot Pengambilan Data Biomassa Tumbuhan Bawah.....	16
Gambar 4.	Perbandingan LBDS (m^2/ha) Hutan Alam Sekunder dan Tegakan Sengon Umur 12 Tahun	22
Gambar 5.	Diagram Perbandingan Simpanan Karbon Pohon Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder	23
Gambar 6.	Diagram Perbandingan Karbon Tumbuhan Bawah (ton/ha) Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder.....	25
Gambar 7.	Perbandingan Karbon Serasah (ton/ha) Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder	27
Gambar 8.	Diagram Perbandingan Karbon Tanah (ton/ha) Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder	28
Gambar 9.	Perbandingan Karbon Permukaan (ton/ha) Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder	29
Gambar 10.	Diagram Perbandingan Karbon Total (ton/ha) Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder	29
Gambar 11.	Diagram Persentase Karbon Permukaan dan Karbon Tanah pada Tegakan Sengon Umur 12 Tahun dan Hutan Alam Sekunder.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Data Pohon	35
Lampiran 2.	Perhitungan LBDS.....	56
Lampiran 3.	Data Perhitungan Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah.....	57
Lampiran 4.	Data Perhitungan Biomassa dan Karbon Serasah.....	64
Lampiran 5.	Data Perhitungan Kandungan Karbon Organik Tanah.....	71
Lampiran 6.	Data Perhitungan Biomassa, Karbon dan CO ₂	73
Lampiran 7.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian	74

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanasan global didefinisikan sebagai peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Penyebab meningkatnya suhu rata-rata di bumi adalah akibat dari emisi gas rumah kaca (GRK) berlebihan yang menyebabkan energi panas matahari terperangkap di atmosfer dan menjadikan bumi lebih panas dari sebelumnya. Dampak pemanasan global yang dirasakan saat ini seperti perubahan cuaca yang signifikan di berbagai belahan dunia, kenaikan tinggi permukaan laut, mencairnya es di kutub, serta munculnya penyakit atau wabah yang baru. Gas Rumah Kaca (GRK) didefinisikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (*antropogenik*) dan menyebabkan energi dari sinar matahari tidak dapat terpantul keluar bumi. Pada Peraturan Presiden RI No. 71 tahun 2011 tentang Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional ada beberapa jenis yang digolongkan sebagai GRK, yaitu Karbondioksida (CO_2), Gas Metana (CH_4), Dinitrogen Oksida (N_2O), Sulfurheksafluorida (SF_6), Perfluorokarbon (PFCS), Hidrofluorokarbon (HFCS).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi karbondioksida di atmosfer adalah mempertahankan dan memperluas areal hutan. Hutan merupakan penyerap karbon terbesar dan memainkan peranan penting dalam siklus karbon global serta dapat menyimpan karbon sekurang-kurangnya 10 kali lebih besar dibandingkan dengan tipe vegetasi lain. Proses fotosintesis tumbuhan mengubah karbondioksida di udara menjadi energi dan gugus gula yang bermanfaat bagi tumbuhan dan makhluk hidup lainnya sedangkan gugus gula yang berlebih disimpan dalam bentuk biomassa. Rehabilitasi hutan termasuk salah satu upaya untuk mengurangi emisi karbondioksida di udara. Tidak cukup dengan kegiatan tersebut, harus ada pengawasan emisi karbon berkala dari berbagai elemen masyarakat (Widiatmaka, 2013).

Tingkat penyerapan karbon di hutan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain iklim, topografi, karakteristik lahan, umur dan kerapatan vegetasi, komposisi jenis serta kualitas tempat tumbuh. Tempat penyimpanan utama karbon adalah terdapat dalam biomasnya (termasuk bagian atas yang meliputi batang, cabang,

ranting, daun, bunga, dan buah serta bagian bawah yang meliputi akar), bahan organik mati, tanah dan yang tersimpan dalam produk kayu yang nantinya dapat diemisikan untuk produk jangka panjang (Widyasari, 2010). Jumlah karbon yang tersimpan dalam pohon berbanding linear dengan kenaikan biomassa pohon yaitu dengan bertambahnya tinggi, diameter serta umur pohon, dan mencapai kondisi stabil ketika umur pohon mencapai masak tebang. Volume serapan karbon berjalan lambat pada tahap semai menjadi sapihan. Sedangkan proses penyerapan karbon secara cepat terjadi pada fase sapihan ke fase tiang dan pohon, karena pohon mengalami peningkatan pertambahan volume batang dan tajuk yang sangat cepat (Paembonan, 2012). Menurut Rochmayanto dkk (2014), kemampuan menyerap dan cadangan karbon masing-masing jenis hutan berbeda satu dengan yang lainnya.

Berdasarkan pernyataan tersebut, maka penelitian mengenai perbandingan cadangan karbon hutan alam sekunder dan tegakan sengon umur di Kabupaten Mamuju Tengah, Sulawesi Barat dirasa penting untuk diketahui. Hal ini diperlukan agar dapat menjadi referensi dan sebagai *data base* dalam rangka mendukung upaya penanggulangan pemanasan global pada masa mendatang.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan potensi simpanan karbon pada hutan alam sekunder dan tegakan sengon di Kabupaten Mamuju Tengah, Sulawesi Barat.

Kegunaan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi kepada akademisi dan praktisi mengenai kontribusi karbon yang tersimpan pada hutan alam dan tegakan sengon sebagai salah satu bentuk upaya dalam mengendalikan pemanasan global.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hutan Alam

Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 merumuskan pengertian hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Kawasan Hutan yaitu wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Hutan adalah tempat tinggal bagi spesies tumbuhan ataupun hewan, serta menyediakan lahan untuk pemukiman dan pertanian. Hutan merupakan sekumpulan pepohonan ataupun tumbuhan dengan bunga yang beranekaragam warnanya dan berperan sangat penting bagi kehidupan di bumi ini (Arief, 2005).

Hutan sebagai salah satu kekayaan alam mempunyai tiga fungsi utama menurut Susyandiana (2003) yaitu:

- a. Fungsi pelestarian dan perlindungan alam, sumber daya alam dan lingkungan.
- b. Fungsi sosial serta pengembangan hutan bagi kepentingan kesejahteraan masyarakat terutama masyarakat di sekitar hutan.
- c. Fungsi produksi dalam rangka mencukupi kebutuhan hidup manusia.

Hutan Alam (*Natural Forest*) merupakan hutan yang tumbuh secara alami tanpa adanya campur tangan manusia, yang vegetasinya telah tumbuh mencapai kondisi klimaks. Hutan alam mempunyai keanekaragaman flora yang tinggi. Hutan alam memiliki jumlah jenis dan nilai indeks keanekaragaman yang lebih tinggi untuk tingkat pohon dan permudaannya (tiang, pancang, dan semai). Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan pembukaan lahan terutama dengan pembukaan dengan cara pembakaran hutan mengakibatkan dampak yang besar. Dampak kebakaran hutan dapat memusnahkan berbagai macam jenis flora dan fauna (Purbowaseso, 2004).

2.2. Tegakan Sengon

Pohon Sengon (*Falcataria moluccana* (L.) Nielsen) adalah anggota dari family Fabaceae. Pohon ini juga dikenal dengan nama Jeungjing, sengon laut (Jawa); tedehu pute (Sulawesi); rare, selawoku, selawaku merah, seka, sika, sika bot, sikas, tawa sela (Maluku); bae, bai, wahogon, wai, wikkie (Papua). Daerah penyebaran sengon cukup

luas, mulai dari Sumatera, Jawa, Bali, Flores dan Maluku (Charomaini dan Suhaendi, 1997).

Klasifikasi pohon sengon adalah sebagai berikut

Regnum : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae

Genus : *Falcataria*

Spesies : *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes

Pohon sengon umumnya berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm atau kadang-kadang lebih, dengan tajuk lebar mendatar. Apabila tumbuh di tempat terbuka sengon cenderung memiliki kanopi yang berbentuk seperti kubah atau payung. Pohon sengon pada umumnya tidak berbanir meskipun di lapangan kadang dijumpai pohon dengan banir kecil. Permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus, kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang. Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23–30 cm. Anak daunnya kecil-kecil, banyak dan perpasangan, terdiri dari 15–20 pasang pada setiap sumbu (tangkai), berbentuk lonjong (panjang 6–12 mm, lebar 3–5 mm) dan pendek ke arah ujung. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau pupus dan tidak berbulu sedangkan permukaan daun bagian bawah lebih pucat dengan rambut-rambut halus.

Sengon dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, termasuk tanah kering, tanah lembap dan bahkan di tanah yang mengandung garam dan asam selama drainasinya cukup (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Di Jawa, sengon dilaporkan dapat tumbuh di berbagai jenis tanah kecuali tanah grumusol (Charomaini dan Suhaendi, 1997). Di habitat alaminya, sengon tumbuh pada ketinggian di atas permukaan laut hingga 1600 m, kadang-kadang sampai ketinggian 3.300 m (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Hasil uji coba penanaman yang dilakukan oleh Akademi Politeknik Pertanian Kupang (Nusa Tenggara Timur) menunjukkan bahwa sengon dapat bertahan hidup pada ketinggian lokasi yang rendah dan pada tanah berbatu dan berkarang, meskipun

pertumbuhannya relatif agak lambat (Djogo, 1997). Di habitat alaminya, curah hujan tahunan berkisar antara 2000 dan 2700 mm, kadang-kadang sampai 4.000 mm dengan periode musim kering lebih dari 4 bulan (Soerianegara dan Lemmens, 1993).

Kayu sengon dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan konstruksi ringan (misalnya langit-langit, panel, interior, perabotan dan kabinet), bahan kemasan ringan (misalnya paket, kotak, kotak cerutu dan rokok, peti kayu, peti teh dan pallet), korek api, sepatu kayu, alat musik, mainan dan sebagainya. Kayu sengon juga dapat digunakan untuk bahan baku triplex dan kayu lapis, serta sangat cocok untuk bahan papan partikel dan papan blok. Kayu sengon juga banyak digunakan untuk bahan rayon dan pulp untuk membuat kertas dan mebel (Soerianegara dan Lemmens, 1993).

Sebagai jenis pengikat nitrogen, sengon juga ditanam untuk tujuan reboisasi dan penghijauan guna meningkatkan kesuburan tanah (Heyne, 1987). Daun dan cabang yang jatuh akan meningkatkan kandungan nitrogen, bahan organik dan mineral tanah. Sengon sering ditumpangsarikan dengan tanaman pertanian seperti jagung, ubi kayu dan buah-buahan (Charomaini dan Suhaendi, 1997). Sengon sering pula ditanam di pekarangan untuk persediaan bahan bakar (arang) dan daunnya dimanfaatkan untuk pakan ternak ayam dan kambing. Di Ambon (Maluku), kulit pohon sengon digunakan untuk bahan jaring penyamak, kadang-kadang juga digunakan secara lokal sebagai pengganti sabun (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Sengon juga ditanam sebagai pohon penahan angin dan api dan pohon hias di tepi-tepi jalan seperti di sepanjang jalan tol Bogor-Jakarta.

2.3. Karbon

Karbon merupakan unsur kimia bukan logam dengan simbol atom C yang terdapat di dalam bahan organik. Unsur ini mempunyai nomor atom 6 dan berat atom 12 (Agus dkk, 2011). Karbon menyusun 45-50 % berat kering dari pertumbuhan pohon. Sejak reaksi karbon dioksida meningkat secara global di atmosfer akibat pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas, dan batubara) sehingga diketahui sebagai masalah lingkungan, para ekolog tertarik untuk menghitung jumlah karbon yang tersimpan di hutan. Hutan tropika mengandung biomassa dalam jumlah besar dan oleh karena itu hutan tropika mampu menyerap karbon dalam jumlah yang besar

pula. Selain pada pohon hidup, karbon tersimpan pula dalam bahan yang sudah mati seperti serasah, batang pohon yang jatuh ke permukaan tanah, dan sebagai material sukar lapuk di dalam tanah (Whitmore, 1985 *dalam* Handoko 2007).

2.3.1. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) umumnya tidak diklasifikasikan sebagai polutan udara karena merupakan komponen yang biasanya ditemukan di udara. CO₂ bersirkulasi secara terus menerus keluar masuk atmosfer dalam suatu siklus yang melibatkan aktivitas tumbuhan dan hewan. Siklus karbon tumbuhan dengan fotosintesis menggunakan energi sinar matahari untuk mereaksikan CO₂ di udara dengan air untuk menghasilkan karbohidrat dan oksigen (Fardiaz, 1992).

Manusia dapat merusak siklus karbon melalui beberapa aktivitasnya, misalnya penggundulan tanaman, pembakaran minyak bumi, dan mengubah batu kapur menjadi semen. Penggundulan tanaman menurunkan kemampuan alam untuk menghilangkan CO₂ dari atmosfer, sedangkan pembakaran minyak bumi dan produksi semen dari batu kapur meningkatkan jumlah CO₂ di udara. Pengaruh total dari aktivitas tersebut adalah terjadinya kenaikan CO₂ di atmosfer. Aktivitas yang paling banyak pengaruhnya terhadap kenaikan CO₂ di atmosfer adalah pembakaran minyak bumi (Fardiaz, 1992).

2.3.2. Siklus Karbon

Secara alami, pelepasan karbon hutan ke atmosfer, atau disebut emisi terjadi melalui berbagai mekanisme seperti respirasi makhluk hidup, dekomposisi bahan organik serta pembakaran biomassa. Selain melakukan proses fotosintesis untuk mengubah karbon dioksida (CO₂) menjadi oksigen (O₂) dan glukosa, tumbuhan juga melakukan proses respirasi yang melepaskan CO₂. Namun proses ini cenderung tidak signifikan karena CO₂ yang dilepas masih dapat diserap kembali pada saat proses fotosintesis (Manuri dkk, 2011).

Pada saat tumbuhan atau satwa hutan mati, akan terjadi proses penguraian oleh bakteri dan mikroba yang juga melepaskan CO₂ ke atmosfer. Di hutan alam akan banyak terjadi kematian pohon akibat usia, persaingan tempat tumbuh maupun akibat lain seperti hama, penyakit maupun bencana alam. Kematian tumbuhan juga secara alami selalu diimbangi dengan proses regenerasi, sehingga terjadi keseimbangan

ekologis termasuk keseimbangan karbon atau yang dikenal dengan istilah “*carbon neutral*”. Namun pada saat unsur antropogenik terlibat secara berlebihan dalam ekologi hutan, maka akan terjadi proses percepatan pelepasan emisi akibat dekomposisi. Pada kenyataannya, pelepasan emisi antropogenik tersebut tidak dapat diimbangi oleh laju penyerapan karbon oleh hutan karena luas dan kualitas hutan juga semakin menyusut (Walker dkk, 2008).

Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon di antara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling memengaruhi proses lainnya (Sutaryo, 2009).

Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer (CO_2) melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut kembali ke atmosfer, dan karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah itu sendiri. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar dibandingkan dengan simpanan karbon yang ada di atas permukaan. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam *carbon pool* ini mewakili jumlah carbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009).

Siklus karbon secara global ini merupakan salah satu proses biogeokimia di dalam planet yang membantu pengaturan kadar CO_2 di atmosfer. Siklus biogeokimia adalah siklus senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus tersebut juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut siklus biogeokimia. Diperkirakan sekitar 830 milyar ton karbon tersimpan dalam hutan di seluruh dunia. Jumlah ini merupakan sebagian besar dari kandungan karbon dalam atmosfer yang terikat dalam CO_2 . Secara kasar sekitar 40% atau 330 milyar ton karbon tersimpan dalam bagian

pohon dan bagian tumbuhan hutan lainnya di atas permukaan tanah, sedangkan sisanya yaitu sekitar 60% atau 500 milyar ton tersimpan dalam tanah hutan dan akar-akar tumbuhan di dalam hutan (Suhendang, 2002).

2.3.3. Simpanan Karbon

Jumlah karbon yang tersimpan dalam pohon berbanding linear dengan kenaikan biomassa pohon dan mencapai kondisi stabil pada saat umur pohon sudah mencapai masa tebang. Pada tahap awal pertumbuhan pohon, volume serapan karbon berjalan lambat sesuai pertambahan tumbuh dari semai menjadi sapihan. Sedangkan pada tahap pertumbuhan dari fase akhir sapihan ke fase tiang dan pohon merupakan proses penambahan biomassa yang sangat cepat karena pertumbuhan pohon mengalami peningkatan pertambahan volume batang dan tajuk yang sangat cepat (Paembonan, 2012).

Hutan, tanah, laut dan atmosfer semuanya menyimpan karbon yang berpindah secara dinamis di antara tempat-tempat penyimpanan tersebut sepanjang waktu. Tempat penyimpanan ini disebut dengan kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Penggundulan hutan akan mengubah kesetimbangan karbon dengan meningkatkan jumlah karbon yang berada di atmosfer dan mengurangi karbon yang tersimpan di hutan, tetapi hal ini tidak menambah jumlah keseluruhan karbon yang berinteraksi dengan atmosfer (Sutaryo, 2009).

Menurut (Darussalam, 2011), dalam tegakan hutan, karbon terdapat pada

- a. Pohon dan Akar (Tr), yaitu pada biomassa hidup baik yang terdapat di atas permukaan tanah atau di bawah permukaan dari berbagai jenis pohon, termasuk batang, daun, cabang, dan akar;
- b. Vegetasi lain (OV), yaitu pada vegetasi bukan pohon (semak, belukar, herba dan rerumputan);
- c. Sampah hutan, yaitu pada biomassa mati di atas lantai hutan, termasuk sisa pemanenan
- d. Tanah (S), yaitu pada karbon tersimpan dalam bahan organik (humus) maupun dalam bentuk mineral karbon. Karbon dalam tanah mungkin mengalami peningkatan atau penurunan tergantung pada kondisi tempat sebelumnya dan kondisi pengolahan.

Menurut (Bakri, 2009), dalam inventarisasi karbon hutan, *carbon pool* yang diperhitungkan setidaknya ada 4 kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah. Dimana:

- a. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan tanah. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.
- b. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah
- c. Bahan organik mati meliputi kayu mati dan serasah. Serasah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam serasah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.
- d. Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

2.3.4. Perhitungan Karbon

Nilai karbon tersimpan ditentukan dengan pengukuran biomassa pohon. Karbon tersimpan merupakan 47% dari Biomassa pohon yang diukur, Biomassa pohon (dalam berat kering) dihitung menggunakan "*allometric equation*" berdasarkan pada diameter batang setinggi 1,3 m di atas permukaan tanah (Bakri, 2009).

Stok karbon hutan dapat dihitung menggunakan berbagai macam pendekatan, di antaranya dengan menghitung volume biomassa yang tersimpan pada batang, cabang, ranting, lantai hutan, kayu mati, akar dan tanah (*5 carbon pools*). Secara umum 70% potensi biomassa permukaan tanah sangat penting dalam perhitungan

karbon hutan. Sebagaimana diketahui karbon hutan tersimpan di dalam biomassa tumbuhan sebagai hasil dari proses fotosintesis. Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa 50% dari karbon hutan tersimpan di dalam biomassa tumbuhan (Pusat Standardisasi dan Lingkungan, Kementerian Kehutanan, & *Forest Carbon Partnership*, 2012).

Perhitungan karbon yang kredibel memerlukan pelatihan dengan materi dari metode perhitungan karbon yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI pengukuran dan perhitungan cadangan karbon – pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*Ground Based forest Carbon Accounting*) (Standar Nasional Indonesia, 2011) dan Standar Nasional Indonesia penyusunan persamaan allometrik untuk penaksiran cadangan karbon hutan dilakukan berdasarkan pengukuran lapangan (*Ground Based forest carbon Accounting*) (SNI 7725: 2011). Perhitungan jumlah karbon mengikuti SNI 7724-2011 dimana kandungan karbon yaitu 47% dari biomassa. *Carbon accounting* adalah istilah baru yang terkait dengan perhitungan emisi karbon atau cadangan karbon yang tersimpan di dalam hutan (Pusat Standardisasi dan Lingkungan, Kementerian Kehutanan & *Forest Carbon Partnership*, 2012).

Sehubungan dengan pelaksanaan inventarisasi karbon hutan, ada beberapa standar mengenai metode inventarisasi karbon hutan dan metode untuk penyusunan persamaan allometrik dijelaskan mengenai metode inventarisasi karbon hutan yang meliputi metode *sampling*, pengukuran dalam plot atau subplotnya yang terdiri atas : pengukuran pohon, tiang, semai, tumbuhan bawah, kayu mati dan pengambilan sampel tanah untuk menghitung kandungan bahan organik dalam tanah tersebut, desain *sampling* dengan menggunakan stratifikasi baik secara acak maupun sistematis dengan menggunakan petak ukur baik lingkaran, bujur sangkar maupun persegi panjang. *Setting plot* merupakan bentuk lain dalam inventarisasi untuk mengetahui kandungan karbon, yaitu menggunakan luasan yang berbeda untuk pengukuran tingkat pohon, tiang, sapihan dan semai. Pengambilan sampel pohon dan tumbuhan bawah jika diperlukan dapat menggunakan metode *destructive sampling* dengan catatan tidak dilakukan di kawasan konservasi. Kepentingan perhitungan total biomassa dilakukan dengan menjumlah biomassa permukaan tanah, biomassa

tanah sedangkan untuk menghitung kandungan C organiknya, sampel dari lapangan digiling kemudian diuji dengan metode *Walkey and black* di laboratorium.

Sedangkan tahapan proses untuk penyusunan persamaan allometrik berdasarkan SNI 7725: 2011, terdiri atas:

1. Penentuan pohon contoh
2. Pengukuran diameter pohon setinggi dada (*Dbh*)
3. Pengukuran tinggi total pohon contoh
4. Penimbangan berat basah total
5. Pengambilan dan penimbangan berat basah uji
6. Analisis berat kering di laboratorium
7. Formulasi persamaan allometrik