

SKRIPSI
ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA KEBUN KOPI (*COFFEA SP.*)
MONOKULTUR DAN AGROFORESTRI DI KABUPATEN GOWA

NURFITRAH ISLAMIAH
G011 19 1037



PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2024



HALAMAN SAMPUL

ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA KEBUN KOPI (*COFFEA SP.*) MONOKULTUR DAN AGROFORESTRI DI KABUPATEN GOWA

NURFITRAH ISLAMIAH

G011 19 1037

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Pertanian

Pada

Program Studi Agroteknologi

Departemen Ilmu Tanah

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

DEPARTEMEN ILMU TANAH

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



Optimization Software:
www.balesio.com

DEKLARASI

Judul Skripsi : Estimasi Cadangan Karbon Pada Kebun Kopi (*Coffea SP*) Monokultur dan Agroforestri di Kabupaten Gowa

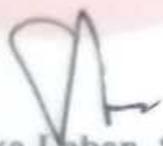
Nama : Nurfitriah Islamiah

Nim : G011 19 1037

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Ir. Sartika Laban, S.P., M.P. Ph.D

NIP. 19821028 200812 2 002

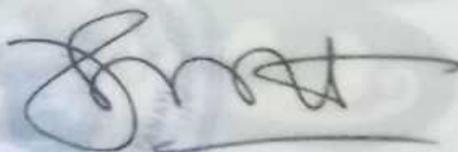


Dr. Ir. Muh. Javadi, M.P

NIP. 19590926 198601 1 001

Diketahui oleh :

Ketua Departemen Ilmu Tanah



Dr. Ir. Asmita Ahmad, S.T., M.Si

NIP. 19731216 200604 2 001



Tanggal

REVISI 2024

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA KEBUN KOPI (*COFFEA SP.*) MONOKULTUR DAN AGROFORESTRI DI KABUPATEN GOWA

Disusun dan diajukan oleh:

NURFITRAH ISLAMIAH
G011 19 1037

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Masa Studi Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada tanggal 8 Maret 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui;

Pembimbing Utama,



Ir. Sartika Laban, S.P., M.P. Ph.D
NIP. 19821028 200812 2 002

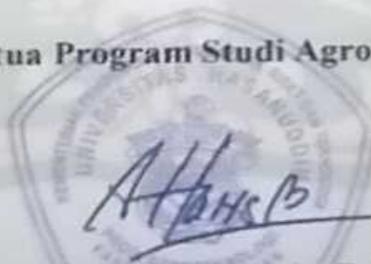
Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Muh. Javadi, M.P
NIP. 19590926 198601 1 001

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Agroteknologi



Dr. Ir. Abdul Haris, B, M.Si
NIP. 19670811 19943 1 003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama	Nurfitriah Islamiah
Nomor Induk Mahasiswa	G011 19 1037
Program Studi	Agroteknologi
Jenjang	Strata-1 (S1)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

" Estimasi Cadangan Karbon Pada Kebun Kopi (*Coffea SP.*) Monokultur dan Agroforestri di Kabupaten Gowa"

Adalah karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan-alihan tulis orang lain bahwa semua literatur yang saya kutip sudah tercantum dalam Daftar Pustaka, semua bantuan yang saya terima telah saya ungkapkan dalam persantunan.

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

Makassar, 13 Maret 2024

Yang menyatakan



Nurfitriah Islamiah



Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	ii
DEKLARASI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT	xii
PERSANTUNAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kopi (<i>Coffea sp.</i>).....	3
2.2 Budidaya Tanaman Kopi	4
2.3 Cadangan Karbon (Carbon Stock).....	6
3. METODOLOGI	9
3.1 Tempat dan Waktu	9
3.2 Lokasi Penelitian.....	9
3.2.1 Kebun Kopi Monokultur	9
3.2.2 Kebun Agroforestri Berbasis Kopi.....	10
3.3 Alat dan Bahan.....	11
3.4 Metode Penelitian	11
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
.....	14
an.....	15
N.....	20



5.1 Kesimpulan	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	24



DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Alat dan bahan penelitian Estimasi Cadangan Karbon Kebun Kopi (<i>Coffea Sp.</i>) Monokultur Dan Agroforestri Di Kabupaten Gowa	11
Tabel 4-1 Rata-rata tinggi dan DBH tanaman pada kebun monokultur dan agroforestri berbasis kopi	14
Tabel 4-2 Kadar cadangan karbon atas permukaan tanah pada kebun monokultur dan agroforestri berbasis kopi	15



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3- 1 Peta lokasi penelitian estimasi cadangan karbon kebun kopi monokultur dan agroforestri di Kabupaten Gowa	9
Gambar 3- 2 Kondisi lahan kebun kopi monokultur di Dusun Mamampang	10
Gambar 3- 3 Kondisi lahan kebun agroforestri berbasis kopi di Dusun Erelembang.....	10
Gambar 3- 4 Plot pengamatan dan pengambilan sampel biomassa tumbuhan bawah, biomassa pohon, serasah, dan nekromassa	12
Gambar 3- 5 Ilustrasi pengukuran tinggi pohon menggunakan klinometer.....	12



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rata-rata curah hujan tahunan kecamatan tombolo pao (Chirps, 2020-2022).....	24
Lampiran 2. Pendugaan biomassa atas (kg/luas plot).....	24
Lampiran 3. Pendugaan biomassa atas (ton/ha).....	24
Lampiran 4. Data biomassa kebun agroforestri di Dusun Erelembang (DBH: <i>diameter at breast height</i>)	25
Lampiran 5. Berat kering oven biomassa tumbuhan bawah, nekromassa, dan serasah kebun agroforestri di Dusun Erelembang	34
Lampiran 6. Data biomassa kebun monokultur di Dusun Mamampang (DBH: <i>diameter at breast height</i>)	35
Lampiran 7. Berat kering oven biomassa tumbuhan bawah, nekromassa, dan serasah kebun Monokultur di Dusun Mamampang.....	43
Lampiran 8. Dokumentasi kegiatan	44



ABSTRAK

Nurfitriah Islamiah (G011191037): Estimasi Cadangan Karbon Pada Kebun Kopi (*Coffea* sp.) Monokultur Dan Agroforestri Di Kabupaten Gowa (dibimbing oleh Sartika Laban dan Muh. Jayadi)

Latar Belakang: Menurut data European Commission, volume emisi gas rumah kaca Indonesia pada 2022 mencapai 1,24 gigaton setara karbon dioksida (Gt CO₂e), sekitar 2,3% dari total emisi gas rumah kaca global. Sistem agroforestri dapat membantu menekan pemanasan global dengan menyerap karbon di atmosfer kemudian dicadangkan dalam bentuk biomassa, serasah dan nekromassa serta membantu memberikan tanaman penayang untuk mendukung pertumbuhan kopi. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari cadangan karbon di atas permukaan pada sistem pertanaman monokultur dan agroforestri berbasis kopi. **Metodologi:** Penelitian dilakukan di Dusun Mamampang dan Dusun Erelembang, Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa pada Juli hingga Desember 2023. Pengambilan sampel biomassa tumbuhan bawah, nekromassa, dan serasah dilakukan dengan metode destruktif (pengrusakan) kemudian menghitung berat kering ovennya. Pengukuran sampel biomassa pohon dilakukan dengan *Rapid Carbon Stock Appraisal* (RaCSA) dan tanpa perusakan pada lahan kebun. Pendugaan cadangan karbon untuk biomassa pohon dilakukan dengan menggunakan rumus alometrik pendugaan biomassa berdasarkan zona iklim. **Hasil:** Kebun agroforestri mampu mencadangkan karbon sebesar 851,01 ton/ha yang berasal dari biomassa pohon 1842,53 ton/ha, tumbuhan bawah 0,19 ton/ha, nekromassa 3,21 ton/ha, serta serasah 4,06 ton/ha. Pada kebun monokultur mencadangkan karbon sebesar 17,61 ton/ha berasal dari biomassa pohon 31,38 ton/ha, tumbuhan bawah 0,03 ton/ha, nekromassa 2,26 ton/ha, serta serasah 4,06 ton/ha. **Kesimpulan:** Cadangan karbon di atas permukaan tanah pada kebun monokultur adalah 17,61 ton/ha dan kebun agroforestri berbasis kopi adalah 851,01 ton/ha. Cadangan karbon sebagian besar tersimpan dalam bentuk biomassa pohon yaitu >80% dari total cadangan karbon atas pada masing-masing kebun.

Kata kunci: Biomassa, nekromassa, pemanasan global, RaCSA, serasah, tumbuhan bawah



ABSTRACT

Nurfitriah Islamiah (G011191037): *Estimated Carbon Stocks on Monoculture and Agroforestry Coffee (Coffea sp.) Plantations in Gowa Regency (supervised by Sartika Laban and Muh. Jayadi).*

Background: According to European Commission data, Indonesia's greenhouse gas emissions volume in 2022 will reach 1.24 gigatons of carbon dioxide equivalent (Gt CO₂e), around 2.3% of total global greenhouse gas emissions. Agroforestry systems can help reduce global warming by absorbing carbon in the atmosphere and then storing it in the form of biomass, litter and necromass and help provide shade plants to support coffee growth. **Purpose:** This research aims to study above-ground carbon stocks in coffee-based monoculture and agroforestry planting systems. **Methodology:** The research was carried out in Mamampang Hamlet and Erelembang Hamlet, Tombolo Pao District, Gowa Regency from July to December 2023. Sampling of understory biomass, necromass and litter was carried out using a destructive method (destruction) and then the oven dry weight was calculated. Measurement of tree biomass samples was carried out using Rapid Carbon Stock Appraisal (RaCSA) and without damage to plantation land. The estimation of carbon stocks for tree biomass was carried out using the allometric formula for biomass estimation based on climate zones. **Results:** Agroforestry plantations can reserve 851.01 tonnes/ha of carbon derived from tree biomass 1842.53 tonnes/ha, undergrowth 0.19 tonnes/ha, necromass 3.21 tonnes/ha, and litter 4.06 tonnes/ha ha while monoculture plantations reserve 17.61 tonnes/ha of carbon originating from tree biomass 31.38 tonnes/ha, undergrowth 0.03 tonnes/ha, necromass 2.26 tonnes/ha, and litter 4.06 tonnes/ha. The largest carbon reserves are obtained from tree biomass, which is 80% of the total carbon reserves in each plantation. **Conclusion:** Carbon reserves above ground in monoculture plantations are 17.61 tonnes/ha and coffee-based agroforestry plantations are 851.01 tonnes/ha. Most carbon reserves are stored in the form of tree biomass, namely >80% of the total carbon reserves in each plantation.

Key words: Biomass, global warming, litter, necromass, RaCSA, undergrowth



PERSANTUNAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas nikmat cinta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Cadangan Karbon Pada Kebun Kopi (*Coffea* sp.) Monokultur dan Agroforestri di Kabupaten Gowa” sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Agroteknologi, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

Dengan segala maaf, kerendahan hati dan rasa hormat penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada semua pihak atas segala bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materi terutama untuk kedua orang tua saya Bapak Sahabuddin dan Ibu Syamsiah yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi untuk tidak berputus asa dalam belajar, berharap penulis bisa mencapai impian dan sukses.

Penulis utamanya juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Ir. Sartika Laban, SP., M.P., Ph. D dan Bapak Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya memberikan ilmu, saran, dan arahan serta nasihat yang memotivasi penulis agar dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada LPPM Unhas melalui dana hibah penelitian perguruan tinggi, Dosen - dosen, Staf Fakultas Pertanian, Departemen Ilmu Tanah atas Ilmu Pengetahuan dan pelayanan selama melaksanakan Pendidikan di Universitas Hasanuddin.

Penulis juga tak lupa mengucapkan terimakasih kepada kerabat, saudara/i dan juga teman teman terkhusus A. Nurhalizah Amanah, Sakinatul Khaer, Kak Rufaidah Alimuddin, Kak A. Massalangka, Kak Yabes Kurniawan, Kak Erwin Wijaya, Muh. Arya Farchan Rachman, Aliyah Khairunnisa, Ainn Kezia, Aiman, Muflih Ghazali, Melani Gusti, Musyarofah, Restu Ramadhanti, serta Pengurus Harian IKAB-KIP Unhas Periode 2021 dan Periode 2022 yang telah membantu selama penelitian, memberikan semangat, doa, serta canda dan tawa.

Penulis,

Nurfitriah Islamiah



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena perubahan iklim sedang menjadi perhatian serius masyarakat dunia. Salah satu bukti dari perubahan iklim adalah terjadinya peningkatan suhu permukaan bumi. Adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer menjadi salah satu penyebab pemanasan global yang kemudian berdampak pada perubahan iklim. Berdasarkan data *Climate Watch* yang dirilis WRI Indonesia pada tahun 2016, Indonesia berada pada urutan ke-6 dari 10 negara penyumbang GRK terbesar di dunia yaitu sebesar 965,3 MtCO₂e atau setara 2% emisi dunia. Menurut data European Commission, volume emisi gas rumah kaca Indonesia pada 2022 mencapai 1,24 gigaton setara karbon dioksida (Gt CO₂e), sekitar 2,3% dari total emisi gas rumah kaca global.

Peningkatan emisi GRK dihasilkan dari beberapa sektor yaitu sektor alih fungsi lahan dan kehutanan (53%), sektor energi (33%), sektor pertanian (6%), dan sektor pengelolaan limbah (5%) (KLHK, 2017). Sektor pertanian berkontribusi melepaskan GRK seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Dalam konteks perubahan iklim, sektor pertanian memiliki peran yang strategis karena dapat berperan sebagai sumber sekaligus rosot GRK (Surmaini *et al.*, 2011). Sektor pertanian berkontribusi terhadap emisi GRK melalui berbagai praktek budidaya dan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi, tapi di sisi lain sektor pertanian berpotensi mengurangi emisi GRK melalui upaya-upaya adaptasi dan mitigasi (Yunianti *et al.*, 2021)

Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa merupakan salah satu daerah yang mengandalkan usaha pertanian sebagai sumber pendapatan masyarakatnya. Salah satu tanaman yang dibudidayakan adalah komoditas kopi. Masyarakat Tombolo Pao melakukan budidaya kopi dengan menerapkan berbagai jenis sistem pertanaman yaitu monokultur dan agroforestri kopi-pinus. Penerapan sistem monokultur dilakukan dengan pembukaan lahan hutan menjadi kebun sehingga tanaman kopi tidak memiliki naungan di sekitarnya. Tanaman kopi dapat berkembang dengan baik jika didukung dengan adanya tanaman tinggi sebagai naungan. Sistem pertanaman agroforestri juga mampu mengurangi serangan hama dan penyakit. Hal tersebut disebabkan karena sistem agroforestri menyebabkan berlimpahnya serangga-serangga yang berperan sebagai musuh alami (Hakim, 2021).

Tanaman kopi akan berkembang dengan baik apabila dinaungi oleh tanaman-tanaman

. Sehingga sebagian besar petani melakukan budidaya tanaman kopi dengan

. Selain sebagai salah satu upaya efisiensi penggunaan lahan, sistem

bermanfaat untuk memberikan naungan untuk tanaman kopi. Secara fisik,

untuk mengurangi intensitas paparan sinar matahari secara langsung terhadap



tanaman kopi. Hal tersebut penting dan sangat berpengaruh terhadap fisiologi tanaman kopi. Selain mendukung pertumbuhan tanaman kopi, sistem pertanian agroforestri juga berperan nyata dalam penyerapan karbon di atmosfer yang kemudian dapat meminimalisir terjadinya perubahan iklim. Sehingga dapat dikatakan bahwa agroforestri merupakan salah satu sistem pertanian yang berfungsi produktif dan protektif (Utami *et al*, 2003).

Selain berdampak pada fisiologi tanaman kopi, sistem pertanaman yang diterapkan juga berdampak langsung pada lingkungan. Umumnya, alih fungsi hutan menyebabkan berkurangnya populasi tumbuhan. Sedangkan tumbuhan memiliki peran yang sangat penting untuk menyerap karbon di atmosfer. Senyawa karbon akan diserap dan diubah menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis, tanaman akan menyerap air (H₂O) dan karbon (CO₂) yang terlepas di atmosfer kemudian menghasilkan oksigen (O₂) yang akan dilepaskan kembali ke alam dan karbohidrat (C₆H₁₂O₆) yang akan dicadangkan oleh tanaman. Berkurangnya populasi tumbuhan, mengindikasikan berkurangnya konsentrasi karbon di atmosfer yang dapat diserap. Hal tersebut tentunya akan berdampak pada perubahan iklim secara langsung (Afrina, 2020).

Kandungan karbon yang tersimpan pada suatu biomassa maupun bahan organik mati dikenal dengan istilah *carbon stock* atau karbon tersimpan. Karbon dapat tersimpan setidaknya dalam empat kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah biomassa atas permukaan (pohon), C-organik tanah, biomassa bawah permukaan, dan bahan organik mati. Dari keempat kantong tersebut, tiga diantaranya tertampung di dalam tanah sebagai *carbon pool*, namun biomassa atas memiliki sumbangsih yang besar terhadap tiga kantong karbon lainnya (Muli Edwin, 2019). Sistem agroforestri dengan populasi tanaman yang tinggi, membantu mengurangi peningkatan CO₂ dengan meningkatkan ketersediaan karbon dalam tanah. Tanah memiliki peran yang sangat penting dalam upaya meminimalisir terjadinya perubahan iklim dengan menjadi gudang bagi karbon yang terdapat di daratan.

Berdasarkan pada uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian terkait “Estimasi Cadangan Karbon Pada Kebun Kopi (*Coffea* sp.) Monokultur dan Agroforestri di Kabupaten Gowa”.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari cadangan karbon di atas permukaan tanah pada monokultur dan agroforestri berbasis kopi.

Penelitian ini dapat bermanfaat sebagai salah satu upaya untuk meminimalisir perubahan iklim yang diharapkan sebagai saran bagi petani setempat terkait sistem budidaya pertanian kopi yang baik.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi (*Coffea sp.*)

Kopi merupakan salah satu tanaman kebun dengan peminat yang cukup tinggi dipasaran. Konsumsi kopi dunia secara umum berasal dari spesies kopi arabika dan kopi robusta. Tanaman kopi membutuhkan waktu kurang lebih tiga tahun dari masa berkecambah sampai dengan berbunga dan berbuah. Tanaman kopi termasuk ke dalam genus *Coffea* dengan famili Rubiaceae. Dalam buku “Berkebun Kopi” yang ditulis oleh Pudji Rahardjo (2017) dijelaskan taksonomi kopi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Rubiales
Famili	: Rubiaceae
Genus	: Coffea
Spesies	: <i>Coffea sp.</i> (<i>Coffea arabica</i> l. <i>Coffea canephora var. robusta</i> , <i>Coffea liberica</i> , dan <i>Coffea excelsa</i>)

Secara morfologi, tanaman kopi memiliki bunga berwarna putih yang tumbuh pada ketiak daun. Buah kopi tersusun atas kulit buah (*Epicarp*), daging buah (*Mesocarp*) yang lebih dikenal dengan pulp, dan kulit tanduk (*Endocarp*). Perakaran tanaman kopi arabika lebih dalam dibandingkan dengan kopi robusta. Namun, 90% perakaran tanaman kopi terletak pada lapisan tanah atas yaitu pada kedalaman 0-30 cm (Pudji Rahardjo, 2017).

Menurut Rahardjo (2017), selama pertumbuhan tanaman kopi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi terutama dalam pembentukan buah. Beberapa faktor tersebut adalah:

a. Periodisitas cahaya matahari

Tanaman kopi tergolong tanaman hari pendek, yaitu tanaman yang hanya mampu membentuk bunga dengan lama bersinarnya matahari lebih pendek (<12 jam).

Cahaya matahari

Cahaya matahari berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Intensitas yang terlalu rendah, menyebabkan tanaman akan berbunga dan berbuah sedikit.

Intensitas cahaya yang tinggi, menyebabkan tanaman akan mengalami



“kelebatan buah” atau *overbearing* yang tentunya akan merugikan tanaman, khususnya kopi arabika. Sehingga dibutuhkan intensitas cahaya yang cukup untuk budidaya tanaman kopi, salah satunya dengan memberikan tanaman tinggi sebagai naungan.

c. Temperatur udara

Perbedaan temperatur udara saat siang dan malam hari sangat berdampak pada pertumbuhan pembungaan kopi. Semakin besar perbedaan temperatur siang dan malam, semakin besar pula rangsangan yang akan didapatkan tanaman kopi untuk pembungaan. Temperatur optimum untuk budidaya tanaman kopi adalah 18°-22° C.

Selain kondisi lingkungan, juga perlu dilakukan kegiatan-kegiatan pemeliharaan untuk mengoptimalkan produksi kopi. Kegiatan pemeliharaan tanaman kopi meliputi penyulaman, pengendalian gulma, pemupukan, pemangkasan, serta pengendalian hama dan penyakit (Prastowo *et al.*, 2010). Teknik budidaya yang penting dalam peningkatan produksi kopi adalah pemangkasan. Pemangkasan dilakukan untuk mencapai produksi yang optimal. Selain itu pemangkasan sangat berguna untuk memudahkan pemungutan hasil (panen) (Panggabean, 2011). Manfaat dan fungsi pemangkasan umumnya agar pohon tetap rendah sehingga mudah perawatannya, membentuk cabang-cabang produksi yang baru, mempermudah pengendalian hama dan penyakit.

2.2 Budidaya Tanaman Kopi

Sistem pertanaman yang digunakan disesuaikan dengan jenis tanaman yang dibudidayakan, lokasi geografis, tujuan budidaya, dan faktor-faktor lainnya. Untuk tanaman kebun seperti kopi, petani cenderung menggunakan sistem pertanaman agroforestri, namun juga terdapat sebagian petani yang menerapkan sistem pertanaman monokultur. Tanaman kopi membutuhkan waktu kurang lebih tiga tahun mulai dari perkecambahan sampai ke masa pembungaan dan berbuah. Sehingga petani biasanya melakukan budidaya tanaman semusim sembari menunggu masa panen kopi (Rahardjo, 2017).

Pertanaman tunggal atau monokultur merupakan salah satu sistem budidaya di lahan pertanian dengan menanam satu jenis tanaman pada satu areal. Sistem pertanian monokultur menjadikan penggunaan lahan efisien karena perawatan dan pemanenan dapat dilakukan lebih cepat dengan bantuan mesin pertanian dan menekan biaya tenaga kerja karena wajah lahan menjadi seragam. Pola tanam monokultur memiliki pertumbuhan dan hasil yang lebih besar dibandingkan lainnya. Hal ini disebabkan karena tidak adanya persaingan antar tanaman untuk unsur hara maupun sinar matahari. Namun di sisi lain, sistem pertanian monokultur menyebabkan adanya keseragaman kultivar yang dapat mempercepat penyebaran penyakit tanaman (seperti hama dan penyakit tanaman) (Syahputra *et al.*, 2017).



Sistem pertanaman agroforestri sendiri merupakan sistem pertanaman yang menggabungkan tanaman pohon atau tanaman berkayu dengan tanaman-tanaman pertanian dalam satu lahan yang sama. Sistem pertanaman agroforestri awalnya hanya dilakukan dengan maksud efisiensi lahan akibat adanya degradasi. Namun, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, banyak kajian yang menjelaskan bahwa sistem agroforestri memiliki banyak manfaat dalam bidang ekonomi, ekologi, dan sosial. Dalam bukunya, Widiyanto (2003), memberikan beberapa contoh fungsi sistem agroforestri yaitu:

- a. Memelihara sifat fisik dan kesuburan tanah
- b. Mempertahankan fungsi hidrologi kawasan
- c. Mempertahankan cadangan karbon
- d. Mengurangi emisi gas rumah kaca
- e. Mempertahankan keanekaragaman hayati.

Adanya komposisi dan susunan beberapa spesies tanaman dalam satu bidang lahan memungkinkan beberapa fungsi agroforestri. Penanaman pohon dan tanaman pertanian yang saling berdampingan dapat saling menguntungkan dengan adanya interaksi tanaman. Interaksi tersebut seperti tanaman pohon dapat memberikan naungan yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan membantu meningkatkan kesuburan tanah dengan menambahkan nutrisi ke dalam tanah melalui penumpukan serasah ataupun bahan organik lainnya. Salah satu contoh tanaman yang membutuhkan naungan dalam pertumbuhannya adalah kopi.

Kopi (*Coffea* sp.) merupakan tanaman golongan C3. Tanaman kopi tergolong dalam tanaman dengan hari pendek, yaitu tanaman yang hanya mampu membentuk bunga dengan panjang atau lama bersinarnya matahari lebih pendek (<12 jam). Selain itu, intensitas Cahaya matahari yang tinggi, akan menyebabkan tanaman kopi akan mengalami “kelebatan buah” atau *overbearing* yang tentunya akan merugikan tanaman (Rahardjo, 2017). Berdasarkan pada karakter tersebut, maka dapat diketahui bahwa tanaman kopi termasuk ke dalam tanaman C3 yang memerlukan naungan di sepanjang hidupnya. Naungan berfungsi untuk membantu tanaman kopi untuk mendapatkan cahaya matahari dengan optima. Sehingga, sistem pertanian agroforestri sangat tepat digunakan untuk budidaya tanaman kopi (Manullang, 2021).

Pada tingkat global, sistem agroforestri dapat membantu untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sehingga bisa meminimalisir terjadinya perubahan iklim dan juga mempertahankan atau *carbon stock*. Dibandingkan dengan sistem pertanaman lainnya, sistem ini memiliki komposisi tanaman yang lebih kompleks. Dalam pertumbuhannya, melalui proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari, CO₂ dari udara, serta air yang diserap dari dalam tanah. Sehingga, keberadaan tanaman dapat mengurangi konsentrasi



CO₂ di atmosfer dan hasilnya berupa karbohidrat yang diakumulasi sebagai biomassa tanaman. Tinggi rendahnya serapan CO₂ di atmosfer bervariasi, tergantung pada jenis tanaman penyusun dan umur lahan. Maka bila ditinjau dari segi cadangan karbon, sistem agroforestri lebih menguntungkan dikarenakan adanya tanaman pepohonan dengan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan tanaman semusim dan juga dapat menghasilkan serasah dengan berbagai kualitas (Widianto, 2023).

Selain sistem agroforestri, juga terdapat petani yang melakukan budidaya kopi dengan sistem pertanaman monokultur atau hanya membudidayakan tanaman kopi dalam satu lahan. Namun, melihat kebutuhan tanaman kopi terhadap tanaman naungan, sistem pertanian monokultur tidak direkomendasikan. Selain itu juga terdapat beberapa alasan mengapa sistem pertanaman tersebut tidak direkomendasikan, yaitu kemampuan dalam penambahan unsur hara lebih rendah dibandingkan sistem agroforestri. Hal tersebut dijelaskan oleh Qifli *et al.* (2014), bahwa Kandungan unsur N pada agroforestri kopi multistrata dan sederhana masing-masing mencapai 13,22 dan 15,70% dan unsur karbon (C) masing-masing 3,90 dan 4,80%, sedangkan pada kopi monokultur unsur N dan C masing-masing hanya mencapai 12,30 dan 3,60%.

Selain itu, adanya alih fungsi lahan hutan menjadi pertanian monokultur memiliki andil dalam peningkatan konsentrasi karbon di atmosfer. Soto-Pinto dan Davila (2015), menjelaskan bahwa cadangan karbon pada kopi monokultur di Costa Rica sebesar 14,1 ton C/ha dan pada agroforestri kopi dengan *Inga densiflora* dapat mencapai 32,4 ton C/ha, sedangkan di Mexico agroforestri kopi dengan *Inga spp.* dapat mencapai 154,30 ton C/ha.

2.3 Cadangan Karbon (Carbon Stock)

Tanah berperan sangat penting dalam upaya meminimalisir terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim terjadi akibat adanya peningkatan kadar karbon yang tersimpan sebagai karbon dioksida (CO₂) di atmosfer. Jumlah CO₂ dalam atmosfer mengalami peningkatan dari waktu ke waktu sehingga mencapai konsentrasi tertinggi kelima di atmosfer. Peningkatan tersebut disebabkan karena aktivitas manusia dari pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan perubahan lainnya yang kemudian akan berdampak pada perubahan iklim. Karbon dioksida (CO₂) secara alami juga mengalami siklus pertukaran melalui proses fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan. Pada proses fotosintesis, tanaman akan menyerap air dan CO₂ kemudian menghasilkan karbohidrat dan O₂. Karbohidrat tersebutlah yang akan dicadangkan oleh tanaman dan dilepaskan ke atmosfer (Afrina, 2020).

Tumbuhan sebagai organisme yang mampu menyerap dan menyimpan karbon menurunkan kadar CO₂ di atmosfer. Melalui proses fotosintesis, CO₂ akan diserap kemudian diubah menjadi karbon organik (C-organik) dalam bentuk biomassa.



Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik baik berupa produk pohon maupun buangan (bahan organik mati). Kandungan karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa dikenal dengan istilah *carbon storage* atau karbon yang tersimpan. Karbon tersimpan setidaknya pada empat kantong karbon yaitu biomassa atas permukaan (pohon), C-organik tanah, biomassa bawah permukaan, serta bahan organik mati seperti nekromassa dan serasah (Edwin, 2019).

Seiring dengan berjalannya waktu, sebagian besar karbon yang tersimpan akan terakumulasi di dalam tanah. Karbon yang tersedia di dalam tanah tersedia dalam bentuk C-organik yang berasal dari sisa-sisa organik seperti tumbuhan mati, kompos, bahan organik terurai, dan residu organik lainnya yang masuk ke dalam tanah (Handayanto, 2017). Maka dari itu, tanah menjadi gudang penyimpanan karbon terbesar di darat, sehingga tanah disebut sebagai *carbon pool/organic carbon reservoir* yang sangat penting dalam periode jangka panjang pada ekosistem daratan, karena tanah mengakumulasi karbon (C) dalam jumlah lebih besar dari pada jumlah karbon pada biomassa tanaman dan atmosfer. Jumlah karbon yang tersedia di dalam tanah berkisar antara 1.100-1.600 miliar ton, dua kali lipat lebih banyak dari jumlah karbon yang tersimpan dalam biomassa yaitu 560 miliar ton, serta jauh lebih banyak dari jumlah karbon yang tersedia di atmosfer yaitu 750 miliar ton (Afrina, 2020).

Cadangan karbon atau *carbon stock* (C-stock) merupakan jumlah karbon yang tersimpan dalam komponen biomassa, nekromassa, dan serasah baik di atas tanah maupun yang terkandung dalam tanah (bahan organik tanah, akar tanaman, maupun mikroorganisme) per satuan lahan (Widianto, 2003). Jumlah karbon yang tersimpan di atas permukaan tanah dapat diketahui dengan menghitung kadar karbon yang tersimpan pada beberapa komponen, yaitu biomassa, serasah, dan nekromassa.

Biomassa merupakan jumlah bahan organik yang diproduksi oleh organisme (tumbuhan) persatuan unit area pada suatu waktu. Adanya perbedaan kandungan air tiap tumbuhan, maka pengukuran biomassa biasanya diukur berdasarkan berat kering dengan satuan gram, sedangkan unit satuan biomassa adalah g/m^2 atau ton/ha (Brown, 1997). Pernyataan Brown (1997), dapat dilakukan dengan pengambilan sampel biomassa sehingga pendugaan tersebut biasanya digunakan untuk biomassa tumbuhan bawah yaitu tumbuhan dengan diameter $<5cm$, tumbuhan menjalar, serta rerumputan atau gulma.. Sedangkan untuk biomassa pohon diestimasi dengan

tritic didasarkan pada pengukuran diameter batang dan tinggi tumbuhan (L).

upakan bagian tanaman berupa daun yang telah gugur dan terletak . Sedangkan nekromassa merupakan batang tumbuhan yang telah mati baik



masih tegak maupun telah tumbang dan tergeletak di atas permukaan tanah. Kedua komponen tersebut merupakan komponen yang penting dari karbon sehingga harus diukur juga agar estimasi cadangan karbon yang diperoleh bisa akurat (Hairiah *et al.*, 2011). Pengukuran karbon nekromassa dan serasah sama halnya dengan biomassa tumbuhan bawah, yaitu dengan mencari tahu berat kering sampel dengan menggunakan satuan g/m^2 atau ton/ha.

