

**POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA POLA TANAM
AGROFORESTRI SEDERHANA DAN KOMPLEKS DI KESATUAN
PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI**

(Tesis)

Oleh

**DESTIA NOVASARI
1924151006**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA POLA TANAM AGROFORESTRI SEDERHANA DAN KOMPLEKS DI KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI

Oleh

DESTIA NOVASARI

Pemanasan global merupakan kejadian alam yang diakibatkan oleh perubahan keseimbangan ekosistem yang disebabkan oleh deforestasi dan degradasi lahan. Penambahan vegetasi pada lahan hutan menjadi salah satu solusi dalam meminimalkan pemanasan global. Hal ini berkaitan dengan proses fotosintesis tanaman yang mampu mengubah karbon dioksida menjadi glukosa dan oksigen. Selain itu, preferensi petani dalam melakukan pemilihan jenis tanaman dan pola tanam menjadi penting dalam memperoleh jenis tanaman yang memiliki kemampuan dalam menyerap karbon dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai INP, biomassa, menganalisis dan membandingkan karbon yang tersimpan pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks, dan mengetahui preferensi petani terhadap jenis tanaman dan pola tanam. Penelitian ini dilakukan di Gapoktan Sinar Harapan, KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada bulan Desember 2020 – Januari 2021. Pengambilan data dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dengan plot ukur untuk data pengukuran nilai INP, biomassa, dan karbon serta metode *snowball* untuk pengambilan data preferensi. Data karbon kemudian diolah dengan menggunakan rumus allometrik dan data preferensi dianalisis dengan menggunakan teori pengambilan keputusan yang dikemukakan oleh Gladwin tahun 1980. Biomassa pada pola tanam agroforestri kompleks adalah 1628,96 ton/ha, sedangkan nilai biomassa pada pola tanam agroforestri sederhana sebesar 757,89 ton/ha. Pola tanam agroforestri kompleks dan agroforestri sederhana memiliki nilai karbon tersimpan yang masuk dalam kategori baik, berdasarkan pernyataan dari IPCC. Aspek yang dipertimbangkan pemilihan tanaman adalah orientasi produksi, waktu dan tenaga kerja, kondisi biofisik, pengetahuan, dan kemampuan investasi tanaman. Preferensi petani dalam

Destia Novasari

pemilihan jenis tanaman dan pola tanam adalah pendapatan uang, produktivitas, kecepatan produksi, dan kemudahan pemanenan.

Kata kunci: agroforestri sederhana, agroforestri kompleks, biomassa, karbon tersimpan, preferensi

ABSTACT

POTENTIAL OF STORED CARBON IN SIMPLE AND COMPLEX AGROFORESTRY GROWTH PATTERNS IN BATUTEGI FOREST MANAGEMENT UNITS

By

Destia Novasari

Global warming is a natural event caused by changes in the balance of ecosystems caused by deforestation and land degradation. The addition of vegetation on forest land is one solution to minimize global warming. This is related to the photosynthetic process of plants which are able to convert carbon dioxide into glucose and oxygen. In addition, farmers' preferences in choosing plant types and cropping patterns are also important to get plant species that have the ability to absorb carbon well. This study aims to determine the value of INP, biomass, analyze and compare carbon storage in simple and complex agroforestry cropping patterns, as well as determine farmers' preferences for crop types and cropping patterns. This research was carried out at the Sinar Harapan Gapoktan, KPH Batutegi, Tanggamus Regency, Lampung Province in December 2020 - January 2021. Data collection was carried out using purposive sampling method with measuring plots to measure INP, biomass, and carbon values as well as the snowball method for data collection. Choice. Carbon data was then processed using allometric formulas and preference data were analyzed using the decision-making theory proposed by Gladwin in 1980. Biomass in complex agroforestry planting patterns was 1628.96 tons/ha, while the biomass value in simple agroforestry planting patterns was 757.89 tons. / Ha. Cropping patterns of complex agroforestry and simple agroforestry have stored carbon values in the good category, according to a statement from the IPCC. Aspects considered in crop selection are production orientation, time and effort, biophysical conditions, knowledge, and ability to invest in plants. Farmers' preferences in the selection of crop types and cropping patterns are cash income, productivity, production speed, and ease of harvesting.

Keyword : biomass, complex agroforestry, preferences, simple agroforestry, stored carbon

**POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA POLA TANAM
AGROFORESTRI SEDERHANA DAN KOMPLEKS DI KESATUAN
PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI**

Oleh

DESTIA NOVASARI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MASTER KEHUTANAN**

pada

**Program Studi Magister Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Tesis : POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA
POLA TANAM AGROFORESTRI
SEDERHANA DAN KOMPLEKS DI
KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN
BATUTEGI

Nama Mahasiswa : Destia Novasari

Nomor Pokok Mahasiswa : 1924151006

Jurusan : Magister Kehutanan

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Sugeng P. Harianto, M.S.
NIP 195809231982111001

Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P.
NIP 196412261993032001

Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.
NIP 197402222003121001

2. Ketua Program Studi Magister Kehutanan

Dr. Rahmat Safei, S.Hut., M.Sc.
NIP 197601232006041001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Sugeng P. Harianto, M.S.

Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P.

Anggota : Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.

Penguji I

Bukan Pembimbing : Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P.

Penguji II

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

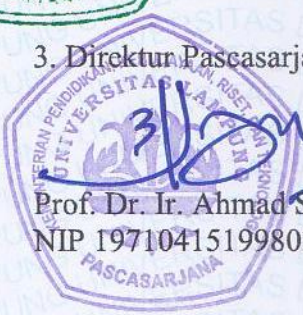
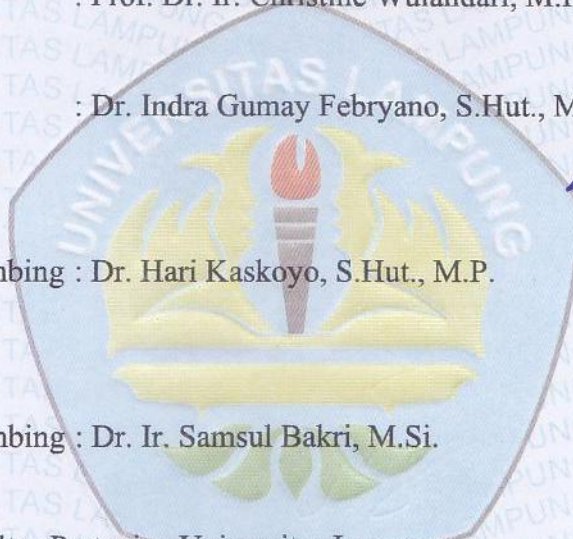
NIP 196810201986031002

3. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.

NIP 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 10 Juni 2022



This block contains several handwritten signatures in black ink, corresponding to the names listed in the examination team. The signatures are written over dotted lines, indicating they are official approvals. The signatures are for Prof. Dr. Ir. Sugeng P. Harianto, Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, Dr. Indra Gumay Febryano, Dr. Hari Kaskoyo, and Dr. Ir. Samsul Bakri.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA POLA TANAM AGROFORESTRI SEDERHANA DAN KOMPLEKS DI KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Juni 2022
Yang membuat pernyataan



Destia Novasari
NPM 1924151006

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Krui, 31 Desember 1997, sebagai anak kedua dari lima bersaudara, anak dari Bapak Khoiri. A dan Ibu Misda. Pendidikan formal penulis diawali pada tahun 2003 penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Aisyiyah Bustanul Athfal, Krui. Sekolah Dasar diselesaikan di SDN Pahlungan pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Pesisir Tengah pada tahun 2012, Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Krui pada tahun 2015, dan menjadi Sarjana Kehutanan pada tahun 2019.

Tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Magister Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis mendapat Beasiswa Program Magister. Penulis juga berhasil mendapatkan hibah dana penelitian yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi pada tahun 2020.

Selama menjalankan studi di Magister Kehutanan penulis berhasil menghasilkan karya ilmiah berupa satu buah Buku Ajar dengan judul “Pengembangan Agroforestri yang Berkelanjutan dalam Menghadapi Perubahan Iklim” yang diterbitkan oleh Pusaka Media. Penulis juga berhasil menulis dua buah makalah ilmiah yang berjudul “Korelasi Kandungan Karbon Tersimpan dengan Komposisi Vegetasi pada Agroforestri di Hutan Lindung” yang diterbitkan pada Jurnal Hutan Tropis (Terakreditasi Sinta 3 Volume 9 Nomor 3 Tahun 2022) dan “Pendugaan Stok Karbon pada Pola Tanam Agroforestri Sederhana dan Agroforestri Kompleks di KPH Batutegei, Kabupaten Tanggamus” yang terbit pada Jurnal Belantara (Terakreditasi Sinta 3 Volume 4 Nomor 2 Tahun 2021). Selain itu, penulis juga ikut serta dalam kegiatan seminar internasional

pada MAS 16th *International European Conference on Mathematics, Engineering, Natural, & Medical, Sciences* (Mardin, Turkey) dengan judul publikasi “*Plants Selection Preferences in Agroforestri Patterns in Batutegi Protected Forest Management Unit to Minimize Global Warming*”. Kegiatan tersebut dilakukan secara daring melalui zoom meeting pada tanggal 22 Februari 2022. Seminar internasional lainnya yang pernah diikuti oleh penulis adalah *Istanbul International Modern Scientific Research Congress – II* pada tanggal 23-25 Desember 2021. Seminar Internasional ini dilakukan secara daring melalui zoom meeting. Keikutsertaan penulis dalam seminar internasional juga ada pada kegiatan *International Anatolian Conference on Coffee & Cacao* pada 3-5 Desember 2021 dan *Inclusion in Forest Ecology and Management Symposium, Gifu University* pada 10-11 November 2021.

**Dengan Penuh Rasa Syukur
Kupersembahkan Sebuah Karya Ilmiah ini
untuk Ayahanda Khoiri. A dan Ibunda Misda Tercinta**

SANWACANA

Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillahirobbil'alamin, sembah sujud kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat yang Engkau berikan, sehingga Tesis yang berjudul “Potensi Karbon Tersimpan pada Pola Tanam Agroforestri Sederhana dan Kompleks di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegei” dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Kehutanan di Universitas Lampung. Selawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari terselesaikannya skripsi ini bukanlah hasil jerih payah sendiri, akan tetapi juga berkat bantuan; bimbingan; dukungan; dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung
4. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Ketiga, Universitas Lampung yang telah memberikan motivasi, semangat, arahan, ilmu, gagasan, saran dan kritik kepada penulis.
5. Bapak Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Kehutanan yang telah memberikan motivasi, semangat, arahan, ilmu, gagasan, saran, dan kritikan kepada penulis.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng P. Harianto, M.S. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, arahan, ilmu, gagasan, motivasi saran dan kritik kepada penulis.
7. Ibu Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, arahan, ilmu, gagasan, motivasi saran dan kritik kepada penulis.
8. Bapak Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si. selaku Dosen Pembahas dan Penguji Utama yang telah memberikan kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk kesempurnaan Tesis ini.
9. Bapak Dr. Hari Kaskoyo, S. Hut. selaku Dosen Pembahas dan Penguji Kedua yang telah memberikan kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk kesempurnaan Tesis ini.
10. Seluruh pihak Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegi, yang telah memberikan izin dan berkenan memfasilitasi tempat penelitian.
11. Ibu Rommy Qurniati, S.P., M.Si. yang selalu memberikan dukungan, bimbingan, semangat, saran, dan motivasi kepada penulis selama proses penyelesaian semua tanggung jawab penulis selama menyelesaikan studi termasuk dalam penyelesaian Tesis ini.
12. Bapak dan ibu Dosen Program Studi Magister Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman selama penulis menuntut ilmu di Universitas Lampung.
13. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Khoiri. A. dan Ibu Misda yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, dukungan dengan penuh kesabaran hingga penulis bisa melangkah sejauh ini.
14. Saudara penulis yaitu Miftahur Rahman, Amd.Kep., Dendi Irvianto, S.T., Tri Wahyuni, S.Si., Ramdan Firdaus, dan Dinda Hoirani yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis.
15. Teman dekat spesial penulis yaitu Beny Kurniawan, S.Hut. yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis.
16. Teman-teman penulis Lia Mulyana, S.Hut., Devi Yustia Savitri, S.Hut., Nindya Tria Puspita, S.Hut., Selin Handayani, S.Hut., Debi Pratiwi Putri, S.Hut., Elsa Inriyani, S.Hut., Khusnul Khotimah, S.Hut., Ulfa Luthfiyana,

S.Hut., dan Nuria Mega Putri yang telah memberikan dukungan, dan kasih sayang kepada penulis.

17. Teman-teman seperjuangan angkatan 2019 serta seluruh keluarga besar Magister Kehutanan semoga kebersamaan, kekeluargaan, dan tali silaturahmi dapat terus terjalin dengan baik.
18. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan Tesis ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis akan menerima saran dan kritik yang bersifat membangun agar tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 2022

Destia Novasari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang dan Masalah	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Kerangka Pemikiran	5
II. TINAJUAN PUSTAKA	9
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	9
B. Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH)	10
C. Pola Tanam	12
D. Vegetasi	16
E. Analisis Vegetasi	17
F. Biomassa.....	19
G. Karbon tersimpan dan FOLU Net Sink	21
H. Sejarah Perdagangan Karbon	24
I. Siklus Karbon	26
J. Keberadaan Hutan dan Perubahan Iklim Global	27
K. Preferensi Petani dan pengambilan keputusan dalam memilih jenis tanaman dan pola tanam	29
III. METODE PENELITIAN	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan Objek Penelitian	31
C. Penentuan Sampel	33
D. Jenis Data	36
E. Analisis Data	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Indeks Nilai Penting	44
B. Biomassa	50
C. Karbon Tersimpan	54

D. Preferensi Pemilihan Jenis Tanaman dan Pola Tanam	58
V. SIMPULAN DAN SARAN	73
A. Simpulan	73
B. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persamaan allometrik dalam perhitungan biomassa pohon	38
2. Rata-rata nilai INP fase pohon pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks	45
3. Rata-rata nilai INP fase pancang dan tiang pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks	47
4. Rata-rata nilai INP fase semai pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks	49
5. Rekapitulasi total biomassa tanaman tiap plot pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks	52
6. Rekapitulasi total karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri kompleks dan agroforestri sederhana	55
7. Peringkat keputusan petani berdasarkan persyaratan minimal	59
8. Urutan keputusan petani dalam menyatakan alasan memilih jenis tanaman	64
9. Aspek-aspek yang dipertimbangkan dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam oleh petani agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir kerangka Pemikiran	7
2. Peta Lokasi Penelitian	32
3. Petak ukur biomassa karbon.....	34
4. Petak ukur indeks nilai penting yang diletakan dalam plot ukur biomassa karbon.....	35
5. Grafik perbandingan total biomassa dan karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks	56
6. Tahap 1 pemilihan jenis tanaman pada pola tanam agroforestri	63
7. Tahap 2 preferensi pemilihan jenis tanaman	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
a. Kondisi vegetasi lahan agroforestri kompleks	96
b. Kondisi vegetasi lahan agroforestri sederhana	96
c. Proses pengukuran diameter pohon dengan menggunakan alat ukur pita meter	97
d. Proses pengukuran tinggi pohon dengan menggunakan alat ukur haga meter	97
e. Proses pengukuran tinggi tanaman bawah	98
f. Proses penimbangan berat basah tumbuhan bawah di lapangan	98
g. Proses penimbangan berat basah serasah di lapangan	99
h. Proses wawancara dengan petani secara langsung di lahan hutan	99
i. Proses pemanenan buah kopi oleh petani	100
j. Hasil panen buah kopi	100
k. Proses penjemuran buah kopi dengan alas jemur tanah secara langsung	101
l. Proses penjemuran buah kopi dengan menggunakan alas jemur terpal	101

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Kenaikan suhu bumi merupakan salah satu fenomena alam yang membahayakan bumi. Hal ini sejalan dengan pendapat Riswakhyuningsih (2015), yang menyatakan bahwa peningkatan suhu bumi saat ini dapat mengganggu kehidupan bumi. Suhu bumi yang naik pada umumnya disebut juga dengan pemanasan global. Pemanasan global terjadi Ketika tingkat Gas-Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer meningkat, menyebabkan energi panas dipantulkan Kembali ke atmosfer, sehingga suhu bumi menjadi naik (Rizki *et al.*, 2016; Putri dan Wulandari, 2015).

Penggundulan hutan dan pembakaran hutan menjadi penyebab adanya kerusakan sumber daya dan lingkungan yang berdampak pada penurunan luasan hutan (Wulandari *et al.*, 2021). Salah satu penyebab pemanasan global adalah kerusakan sumber daya dan lingkungan, seperti penggundulan hutan dan degradasi lahan (Erly *et al.*, 2019). Pemanasan global menyebabkan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer meningkat sehingga keseimbangan ekosistem berubah (Bhaskara, 2017; Partiwi, 2019).

Perubahan suhu bumi yang ekstrem dapat dikurangi dengan menanam tumbuhan yang menyerap gas karbon dioksida (CO₂). Kegiatan penanaman atau penghijauan dapat menjadi solusi dalam mengurangi peningkatan efek GRK melalui penyerapan gas CO₂ pada proses fotosintesis (Azham 2015; Rizki *et al.*, 2016). Tanaman dapat mengubah karbon dioksida menjadi glukosa dan oksigen melalui proses fotosintesis, yang melibatkan penyerapan CO₂ dan air dengan bantuan sinar matahari (Prihatmaji *et al.*, 2016; Hatulesila *et al.*, 2018). Setiap tanaman memiliki kemampuan yang berbeda untuk menyerap CO₂, jumlah karbon yang diserap oleh tanaman bervariasi tergantung pada jenis dan sifat tanaman

(Bhaskara, 2017; Prihatmaji *et al.*, 2016). Hal ini dapat disiasati dengan memperhatikan pola tanam yang digunakan.

Pola tanam agroforestri merupakan salah satu pola tanam yang paling umum digunakan oleh sebagian besar petani yang menggarap lahan hutan negara. Praktek penggunaan lahan yang memadukan jenis tanaman kehutanan dengan pertanian atau peternakan dikenal dengan pola tanam agroforestri (Ansori, 2019). Pola tanam agroforestri dikategorikan menjadi dua yakni pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks (Sukmawati *et al.*, 2014). Agroforestri sederhana adalah teknik penggunaan lahan dengan sedikit unsur pepohonan yang digabungkan dengan unsur pertanian pada lahan yang sama sehingga memiliki nilai ekonomi dan ekologi di dalamnya (Sukmawati *et al.*, 2014). Pola tanam agroforestri kompleks adalah praktik penggunaan lahan yang menggabungkan berbagai pohon, baik yang ditanam secara sengaja atau organik (Sumilia, 2019). Penentuan pola tanam agroforestri kompleks dapat dilakukan dengan melihat kenampakan fisik dan dinamika di dalamnya secara langsung yang menyerupai ekosistem hutan, baik hutan primer maupun hutan sekunder (Bakri, 2021). Selain itu, penentuan pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks juga dilakukan dengan perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) saat di lapangan. Nilai INP dijadikan sebagai salah satu indikator dalam penentuan pola tanam. Hal ini terjadi karena nilai INP dapat menunjukkan tingkat dominansi spesies dalam suatu populasi (Ningsih *et al.*, 2021).

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutege merupakan salah satu lokasi yang menerapkan pola tanam tanam agroforestri. Pola tanam agroforestri diterapkan oleh sebagian besar petani yang ada di KPH Batutege (Novasari, 2019; Novasari *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Aprianto *et al.* (2016), secara umum pola tanam agroforestri di KPH Batutege memiliki kemampuan menyerap karbon dengan baik. Cadangan karbon pada pola tanam agroforestri sebesar 534,73 ton/ha, terutama di wilayah Register 39 Datar Setuju KPH Batutege (Aprianto *et al.*, 2016). Pola tanam yang memiliki kemampuan menyerap karbon dengan baik dapat membantu penyesuaian terhadap perubahan iklim serta memberikan peluang dalam penjualan karbon di masa yang akan datang (Stevanus dan Sahuri, 2014).

Secara khusus jumlah karbon tersimpan dalam pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks tidak diketahui, sehingga perlu adanya penelitian mengenai kemampuan daya serap karbon pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks di KPH Batutege. Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian di Batutege adalah Novasari *et al.* (2020) terkait dengan keragaman jenis tanaman yang ada di HKm Gapoktan Sinar Harapan KPH Batutege; Wulandari (2021) yang berkaitan dengan identifikasi upaya adaptasi perubahan iklim yang ada di KPH Batutege; dan Bakri *et al.* (2020) yang melakukan penelitian tentang peran penyuluh terhadap perilaku pengambilan resiko di KPH Batutege. Dengan mengetahui jumlah karbon yang tersimpan dalam pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks maka dapat digunakan sebagai panduan dalam memilih jenis tanaman yang dapat menyimpan karbon dengan baik. Pemilihan jenis tanaman dan pola tanam yang memiliki kemampuan menyimpan karbon dengan baik dapat dijadikan sebagai upaya mitigasi perubahan iklim (Feliciano *et al.*, 2018).

Besarnya serapan karbon tersimpan pada suatu wilayah akan bergantung pada pola tanam yang dikembangkan, sehingga hal ini akan berkaitan dengan preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam yang diterapkan (Siarudin dan Indrajaya, 2014; Wulandari *et al.*, 2021). Sebagian besar lahan di KPH Batutege sudah dikelola oleh masyarakat, sehingga pemilihan jenis tanaman yang memiliki kandungan biomassa yang besar bergantung pada preferensi petani tersendiri. Preferensi petani dalam pengambilan keputusan dipengaruhi oleh berbagai alasan, faktor dan pertimbangan, alasan-alasan tersebut perlu diketahui agar terlihat preferensi petani dalam memilih jenis tanaman yang memiliki kandungan biomassa yang tinggi (Efendy, 2021). Oleh karena itu penelitian tentang preferensi pemilihan jenis tanaman pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks penting untuk dilakukan.

Data yang diperoleh terkait dengan karbon tersimpan dan preferensi petani Gapoktan Sinar Harapan dapat dijadikan acuan pemerintah maupun pengelola lahan dalam memilih jenis tanam. Jenis tanaman yang memiliki kemampuan menyerap karbon dengan baik dengan tetap mempertimbangkan preferensi petani, sehingga tingkat keberhasilan tanaman akan semakin tinggi. Hal ini dapat terjadi

karena dalam pemilihan tanaman melibatkan preferensi petani sehingga motivasi petani untuk menjaga dan merawat tanaman tersebut juga akan semakin tinggi. Apabila hal tersebut terealisasi maka akan menjadi salah satu upaya dalam mitigasi perubahan iklim sekaligus mendukung perjanjian *paris agreement* dengan kesepakatan menurunkan emisi GRK hingga dibawah 2°C. Selain itu, hasil yang diperoleh juga dapat menjadi pendukung rencana kerja pemerintah dalam mewujudkan FOLU Net Sink dengan rencana jangka panjang rendah karbon dan ketahanan iklim pada tahun 2030 (Ginoga *et al.*, 2022; Pamungkas, 2022). Rencana kerja pemerintah berupa program FOLU Net Sink dituangkan dalam surat keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor SK.168/MENLHK/PKTL/PLA.1/2/2022 yang dicanangkan untuk melihat melihat penurunan emisi karbon di Indonesia (Sujatmoko, 2022). Rumusan masalah yang perlu dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan indeks nilai penting pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks?
2. Bagaimana perbandingan nilai biomassa tanaman pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks?
3. Adakah perbedaan nilai karbon tersimpan pola tanam agroforestri sederhana dengan pola tanam agroforestri kompleks?
4. Bagaimana pengaruh preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam terhadap karbon tersimpan?

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. mengestimasi indeks nilai penting setiap jenis tanaman pada hutan dengan pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks
2. Menganalisis perbandingan biomassa pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks
3. Menganalisis perbandingan besaran karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks

4. Menganalisis preferensi pemilihan jenis tanaman pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks dan pengaruh preferensi terhadap karbon tersimpan

C. Kerangka Pemikiran

Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegi adalah suatu kesatuan pengelolaan hutan yang berada pada wilayah Kabupaten Tanggamus, Lampung Tengah, dan Lampung Barat, Provinsi Lampung, Indonesia (Novasari, 2019). Kesatuan pengelolaan hutan Batutegi memiliki dua blok yang terdiri dari blok inti dan blok pemanfaatan (Puspita, 2019). Selain itu pada unit pengelola hutan KPH Batutegi juga terdapat jenis pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks (Novasari, 2019; Novasari *et al.*, 2020)

Pola tanam adalah kegiatan menanam yang meliputi penataan tata letak dan urutan tanaman pada sebidang lahan dalam jangka waktu tertentu (Wirosoedarmo *et al.*, 2016). Menurut Malahayati dan Cahyono (2017), penggunaan pola tanam yang baik dapat menjadi alternatif dalam usaha peningkatan produksi tanaman. Yunica *et al.* (2017) menyatakan bahwa pola tanam agroforestri merupakan salah satu jenis pola tanam yang umumnya digunakan pada lahan hutan negara atau hutan lindung, sedangkan menurut Diniyati dan Achmad (2015), praktek penggunaan lahan yang memadukan spesies kayu dengan tanaman pangan, obat-obatan, buah-buahan, dan perkebunan dikenal sebagai pola tanam agroforestri.

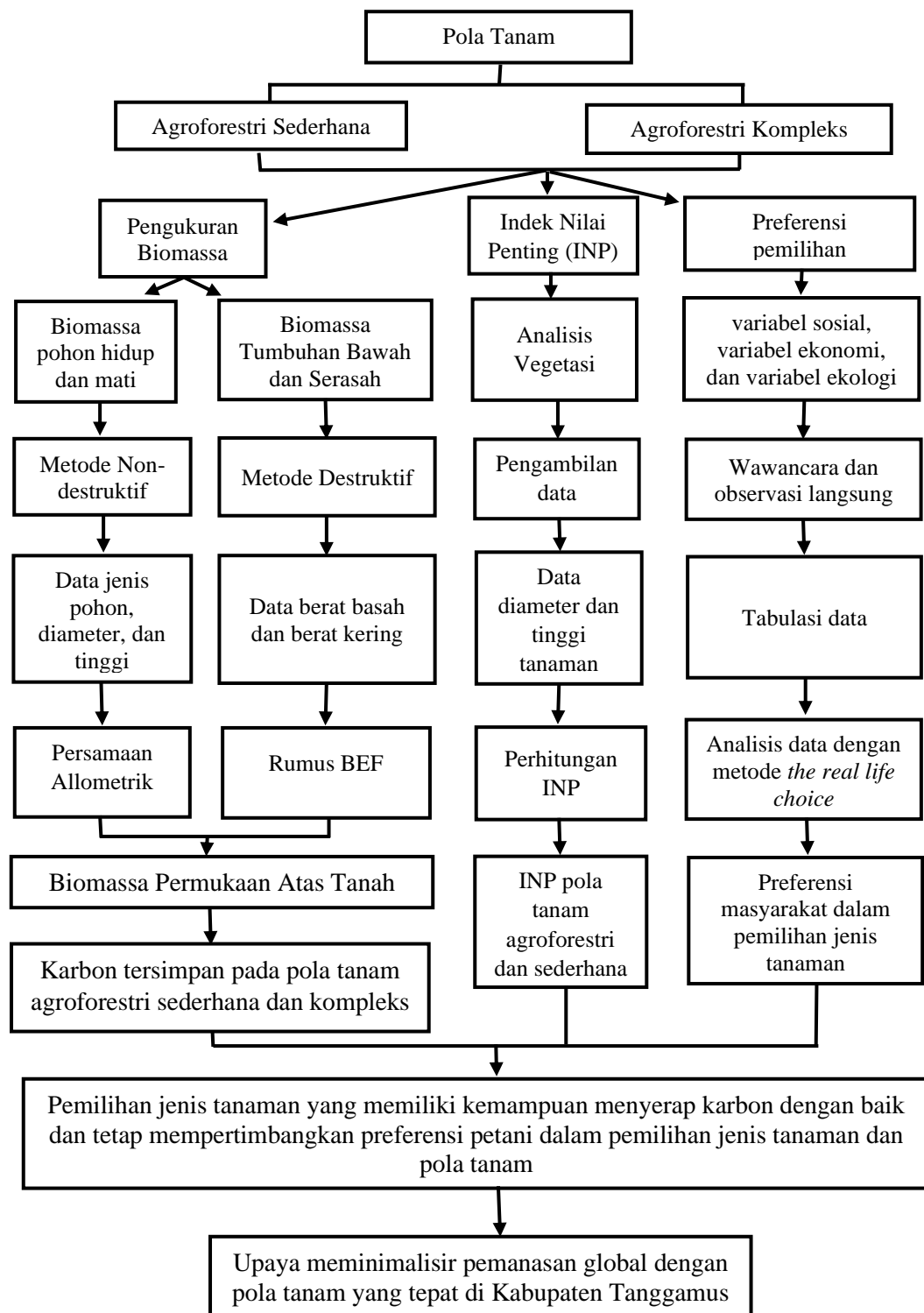
Salah satu unit pengelola hutan yang menerapkan pola tanam agroforestri adalah KPH Batutegi yang ada di Provinsi Lampung. Tanaman pada pola tanam agroforestri di KPH Batutegi memiliki kemampuan menyimpan karbon yang baik, dengan rata-rata simpanan karbon melebihi 138 ton/ha (Aprianto *et al.*, 2016). Secara khusus karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri sederhana dan kompleks di KPH Batutegi belum diketahui, sehingga penting untuk dilakukan penelitian ini agar terlihat perbandingan kemampuan pohon dalam menyimpan karbon pada masing-masing pola tanam. Pemilihan jenis tanaman yang memiliki kemampuan menyimpan karbon dengan baik pada lahan bergantung pada preferensi masyarakat penggarap lahan. Oleh karena itu penelitian terkait dengan karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri

kompleks serta preferensi pemilihan jenis tanaman di KPH Batutege penting untuk dilakukan. Dengan mengetahui data tersebut maka dapat menjadi acuan dalam pemilihan jenis tanam yang memiliki kemampuan menyerap karbon dengan baik namun tetap memperhatikan preferensi petani untuk mencapai keberhasilan dalam penanaman.

Data terkait dengan karbon tersimpan pada pola tanama agroforestri sederhana dan kompleks serta preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman akan dilakukan dengan melakukan pencarian data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan menggunakan bantuan petak ukur tanaman. Penentuan petak ukur tanaman akan dilakukan dengan melihat kenampakan fisik dan dinamika hutan secara langsung serta dengan melakukan perhitungan nilai INP pada tiap titik petak ukur. Setelah melakukan perhitungan nilai INP selanjutnya dilakukan pengambilan data terkait dengan biomassa dan karbon tersimpan pada masing-masing pola tanam.

Metode penelitian yang digunakan dalam perhitungan biomassa dan karbon tersimpan adalah metode *non-destruktif* (tanpa pemanenan) untuk memperoleh data primer terkait dengan data jenis pohon, diameter, dan tinggi pohon. Setelah diperoleh data tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Allometrik. Selain menggunakan metode *non-destruktif*, penelitian ini juga menggunakan metode *destruktif* (pemanenan) untuk mendapatkan data tanaman bawah dan serasah yang dilakukan dengan perhitungan rumus BEF sehingga diperoleh data terkait biomassa dan karbon tersimpan pada masing-masing pola tanam. Data primer lainnya yang di digunakan adalah data terkait dengan preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan responden dan observasi langsung di lapangan.. Selanjutnya di analisis dengan menggunakan metode *the real life choice* oleh Gladwin (1980) sehingga diperoleh preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam. Preferensi masyarakat dalam pemilihan jenis tanaman akan berpengaruh terhadap besaran karbon tersimpan pada pola tanam yang dikembangkan. Selain menggunakan data primer, penelitian juga dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari studi literatur

yang terkait dengan penelitian serta data pendukung lainnya. Diagram alir dari kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran.

Data kemudian di analisis lebih lanjut dengan menggunakan metode analisis deskriptif untuk melihat apakah ada hubungan antara preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam dengan karbon yang tersimpan. Sehingga data dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam yang memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah yang besar dengan tetap mempertimbangkan preferensi petani. Harapannya adalah memperoleh hasil yang maksimal yaitu tingkat keberhasilan penanaman yang lebih tinggi. Hal tersebut dapat menjadi salah satu upaya dalam mitigasi perubahan iklim khususnya di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung, sekaligus sebagai pendukung perjanjian *paris agreement* yang akan menurunkan emisi GRK hingga dibawah 2°C.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegi

KPH Batutegi merupakan salah satu unit pengelolaan hutan di kawasan hutan lindung Provinsi Lampung. Areal kerja KPH Batutegi terbagi menjadi dua blok yaitu blok pemanfaatan dan blok inti (Puspita, 2019). Blok pemanfaatan adalah kawasan hutan yang dapat dilakukan kegiatan pengelolaan oleh masyarakat dengan cara menambahkan jenis tanaman kehutanan, pertanian, dan tanaman pohon serbaguna (*Multi-Purpose Tree Species*) (Puspita, 2019). Blok inti merupakan areal hutan yang memiliki fungsi lindung secara penuh serta tidak diperbolehkan adanya perubahan oleh manusia kecuali dalam rangka penelitian, pemantauan, perlindungan, dan pemanfaatan (Sahupala *et al.*, 2018).

Pengelolaan hutan pada areal kerja KPH Batutegi dilakukan dengan penerapan Skema Perhutanan Sosial khususnya Hutan Kemasyarakatan (HKm) dengan tujuan melestarikan hutan dan menyejahterakan masyarakat di dalam dan sekitar hutan (Puspita *et al.*, 2020; Safe'i *et al.*, 2018; Puspasari *et al.*, 2017). Program HKm dalam skema perhutanan sosial berperan dalam menyejahterakan masyarakat melalui peningkatan pendapatan dari HHBK dan hasil pertanian (Sanjaya *et al.*, 2017). Disamping itu, skema perhutanan sosial juga berperan dalam meminimalisir pemanasan global sejalan dengan tujuan yang dibuat dalam skema perhutanan sosial.

Tujuan dibentuknya skema perhutanan sosial adalah meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan menjamin kelestarian hutan salah satunya dengan cara penerapan pola tanam agroforestri (Widiyanto, 2011). Hutan memiliki ciri berupa lahan yang didominasi oleh pepohonan (Suhendang, 2013). Adanya kelestarian hutan berarti bahwa adanya kelestarian pohon. Pohon memiliki peran penting dalam penyimpanan karbon dan merupakan penyerap

karbon terbesar, sehingga akan berperan dalam meminimalisir pemanasan global (Azham, 2015). Semakin banyak jumlah pohon maka akan semakin tinggi stok karbon yang ada pada wilayah tersebut (Maizaldi *et al.*, 2019). Skema perhutanan sosial dicanangkan untuk meminimalisir tingkat kerusakan lingkungan yang juga berkaitan dengan tingkat suhu bumi (Novayanti *et al.*, 2017).

KPH Batutegi merupakan salah satu unit pengelolaan hutan di Provinsi Lampung yang menjalankan program perhutanan sosial. Skema perhutanan sosial di KPH Batutegi dilakukan sejak tahun 2007 (Winarni *et al.*, 2016). Pengelolaan hutan dilakukan oleh 24 Gabungan Kelompok Tani Hutan (Gapoktan) dengan beberapa pola tanam (Puspita, 2019; Ruchyansyah, 2018). Sebagian besar petani penggarap lahan menerapkan pola tanam agroforestri, sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan (Septiawan *et al.*, 2017). KPH Batutegi memiliki dua jenis pola tanam agroforestry, yaitu agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks (Novasari, 2019; Novasari *et al.*, 2020). Peran penting dari pola tanam agroforestri yang berkaitan dengan kenaikan suhu bumi adalah meminimalisir pemanasan global (Pramulya, 2021). Berdasarkan hal tersebut maka penerapan pola agroforestri di KPH Batutegi merupakan salah satu upaya dalam mitigasi perubahan iklim terutama pada wilayah Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

B. Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH)

Pasal 12 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1999 tentang Kehutanan menunjukkan bahwa pembentukan kawasan pengelolaan hutan merupakan bagian dari perencanaan hutan dalam rangka menjaga kelestarian kawasan hutan sesuai dengan fungsinya. Menurut Octavia *et al.* (2020) sejak tahun 2010, pemerintah pusat mendorong pemerintah daerah untuk membangun KPH di wilayahnya masing-masing.

Pasal 3 Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.6/Menhut-II/2010 tentang NSPK Pengelolaan Hutan pada Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) dan Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPHP), tugas dan fungsi yang diberikan kepada organisasi KPHL dan KPHP sebagai berikut:

1. Perencanaan pengelolaan hutan, yang meliputi:

- a. Perencanaan pengelolaan hutan dan tata kelola hutan
 - b. Pemanfaatan hutan
 - c. Reforestasi dan rehabilitasi hutan
 - d. Konservasi alam dan perlindungan hutan
2. Menetapkan kebijakan kehutanan nasional, provinsi, dan kabupaten/kota yang akan diterapkan di industri kehutanan;
 3. Merencanakan, mengatur, melaksanakan, dan memantau serta mengatur tindakan pengelolaan hutan di wilayahnya;
 4. Memantau dan mengevaluasi pelaksanaan tindakan pengelolaan hutan di wilayah hukumnya.
 5. Peluang investasi untuk mendukung pencapaian tujuan pengelolaan hutan.

Hutan lindung dan hutan produksi Provinsi Lampung telah dipisahkan menjadi 16 KPH berdasarkan SK Menteri Kehutanan 68/Menhut-II/2010. Sebanyak 16 KPH tersebut terdiri dari sembilan KPHL seluas 277.690 ha dan tujuh KPHP seluas 241.223 ha. Pemerintah Provinsi Lampung menindaklanjuti keputusan ini dengan membentuk tiga UPTD KPH berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 27 Tahun 2010. Pembagian unit berdasarkan fungsi hutan di masing-masing wilayah, dengan pengelola hutan produksi KPHP Muara Dua dan KPH Gedong Wani serta pengelola hutan lindung KPH Batutegi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sekampung Hulu (UPTD KPH VIII Batutegi, 2013).

Pemerintah Provinsi Lampung melakukan perombakan organisasi akibat Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2016 tentang Pembentukan dan Susunan Perangkat Daerah, yang menuntut agar otoritas kehutanan berada di provinsi. Ditindak lanjuti dengan Peraturan Gubernur Nomor 3 Tahun 2017 tentang Pembentukan Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis Kanwil Provinsi Lampung diterbitkan sebagai tanggapan. Beberapa KPH digabung menjadi satu dalam peraturan ini, sehingga total ada 15 KPH di Provinsi Lampung. (Dinas Kehutanan Provinsi Lampung, 2018). Penyelenggaraan pengelolaan hutan dimaksudkan untuk dilakukan oleh organisasi KPH dalam rangka mencapai pengelolaan hutan yang efektif dan lestari (Kartodihardjo *et al.*, 2011).

Pembangunan KPH merupakan upaya di Indonesia untuk memperbaiki tata kelola hutan (Hernowo *et al.*, 2014). Peran KPH adalah sebagai operator

pengelolaan hutan, melakukan teknis (penyusunan rencana pengelolaan hutan), manajerial (perencanaan, pemantauan, dan perumusan kebijakan kehutanan), dan kegiatan usaha (mendorong investasi di kawasan). Hal ini didukung oleh pernyataan FORCLIME (2014) bahwa secara fungsional, KPH harus dapat memperjelas tiga tugas tata kelola hutan, diantaranya:

1. Sebagai “pengatur” sumber daya hutan, Pemerintah/Pemerintah Daerah mengelola sumber daya hutan. Dalam rangka penyelenggaraan hutan, pemerintah menjalankan fungsi seperti pemberian izin dan penegakan peraturan publik, penetapan status kawasan dan fungsi hutan. Hal ini selaras dengan pernyataan Ruchyansyah (2018), yang menyatakan bahwa fungsi pemerintah yang berkaitan dengan penyelenggaraan hutan adalah pemberian izin, penegakan peraturan, dan penetapan status kawasan dan fungsi hutan.
2. Kesatuan pengelolaan hutan bertanggung jawab atas pengelolaan hutan, serta tata kelola hutan, pemanfaatan, rehabilitasi, dan pengawasan di lapangan.
3. Perencanaan hutan yang dilakukan di tingkat yang lebih tinggi, seperti di tingkat kabupaten, provinsi, regional/pulau, atau nasional

Kehadiran KPH juga diperlukan untuk pengelolaan sumber daya bersama seperti hutan negara yang efektif. Salah satu kebijakan KPH yang telah efektif terjadi pada KPH di Kabupaten Banker, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ruhimat (2010) menyatakan bahwa keefektifan tersebut terlihat pada kesesuaian kebijakan dalam mengatasi permasalahan kehutanan. Contoh lain keberhasilan pengelolaan KPH juga terjadi di KPH Yogyakarta (Isdhiartanto, 2014). Partisipasi masyarakat, komunikasi, sumber daya, disposisi, struktur birokrasi, kepemimpinan lokal, kebijakan daerah, dan sejarah pengelolaan hutan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pengelolaan hutan (Ruchyansyah, 2018).

C. Pola Tanam

Pola tanam merupakan salah satu variabel penentu keberhasilan pengelolaan lahan. Pola tanam merupakan praktek penggunaan lahan yang mengatur tata letak dan urutan tanaman untuk periode waktu tertentu (Saninov *et al.*, 2012). Pola tanam sebagai salah satu faktor penentu keberhasilan yang berkaitan dengan

kesuburan tanah (Setiawan, 2009). Oleh sebab itu pemilihan pola tanam harus dilakukan dengan tepat agar meningkatkan hasil panen sehingga dapat memenuhi kebutuhan hidup masyarakat (Setiawan, 2017). Selain itu pola tanam dapat menentukan jumlah karbon tersimpan, hal ini berkaitan dengan sifat alami tanaman yang mampu menyimpan karbon melalui proses fotosintesis (Hutomo dan Susetyo 2019; Mansur, 2012).

Pola tanam dibagi menjadi dua yaitu pola tanam monokultur dan pola tanam campuran seperti pola tanam agroforestri. Pola tanam monokultur adalah teknik pengelolaan lahan dengan menggunakan satu jenis tanaman pada satu areal yang sama (Rizki *et al.*, 2016). Pola tanam agroforestri adalah teknik penggunaan lahan dengan cara menggabungkan jenis tanaman kehutanan atau jenis tanaman yang menghasilkan (komersial) dengan tanaman pertanian pada satu lahan yang sama (Salampessy *et al.* 2017). Secara umum HHBK pada pola tanam agroforestri dihasilkan dari jenis tanaman perkebunan, tanaman pertanian, tanaman buah, dan jenis tanaman obat-obatan (Diniyati dan Achmad, 2015). Oleh sebab itu pola tanam agroforestri berkaitan dengan ketahanan pangan masyarakat dan tingkat pendapatan keluarga terutama masyarakat yang berada di pulau-pulau kecil (Kholifah *et al.*, 2017; Alfatikha *et al.*, 2020).

Pola tanam agroforestri memberikan berbagai manfaat ekonomi sekaligus manfaat ekologi sehingga berperan dalam stabilitas ekologi dan pendapatan masyarakat (Hadi *et al.*, 2016). Salah satu manfaat ekonomi dari pola agroforestri adalah meningkatkan pendapatan petani (Olivi *et al.*, 2015). Pola tanam agroforestri berperan dalam meningkatkan nilai ekonomi petani karena terdapat berbagai jenis tanaman yang menghasilkan sepanjang tahun sehingga sekaligus berperan dalam meningkatkan produksi pangan (Hani dan Encep, 2016; Mayrowani dan Ashari, 2016).

Secara ekologi, pola tanam agroforestri berperan dalam mengendalikan banjir. Hal ini berkaitan dengan siklus hidrologi. Air hujan tidak akan jatuh langsung ke permukaan tanah melainkan melalui strata tajuk terlebih dahulu sehingga tidak akan terjadi aliran permukaan tanah sekaligus berperan dalam mencegah terjadinya erosi (Mulyana *et al.*, 2017; Winarni *et al.*, 2016). Pola tanam agroforestri berperan dalam pengendali iklim karena adanya jenis vegetasi

yang memiliki nilai karbon tersimpan yang tinggi seperti pohon atau tanaman kehutanan (Adinugroho *et al.*, 2013). Agroforestri juga dapat membantu meningkatkan keanekaragaman hayati yang berperan dalam kegiatan konservasi dan meminimalisir serangan hama dan penyakit tanaman akibat dari interaksi antar flora-fauna (Adinugroho *et al.*, 2013; Febryano *et al.*, 2018).

Tiga tipe agroforestri yaitu *agrisilvikultur*, *silvopastura*, dan *agrosilvopastura* (Supriadi dan Pranowo, 2016; Wulandari *et al.*, 2020).

1. *Agrisilvikultur*

Agrisilvikultur adalah jenis penggunaan lahan yang menggabungkan tanaman berkayu dengan tanaman pertanian di sebidang lahan yang sama.

2. *Silvopastura*

Silvopastura adalah jenis penggunaan lahan yang menggabungkan tanaman berkayu dan produksi ternak dalam sebidang lahan yang sama

3. *Agrosilvopastura*

Agrosilvopastura adalah jenis penggunaan lahan yang menggabungkan vegetasi berkayu, tanaman pertanian, dan ternak pada lahan yang sama.

Agroforestri secara khusus terbagi menjadi dua jenis yaitu agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Agroforestri sederhana adalah teknik pengelolaan hutan dengan menggunakan sejumlah kecil unsur pepohonan dengan salah satu unsur tanaman pertanian yang memiliki manfaat ekonomi dan ekologi (Sukmawati *et al.*, 2014). Agroforestri kompleks adalah teknik pengelolaan lahan menggunakan berbagai jenis tanaman kehutanan (pepohonan) dipadukan dengan sistem pertanian menetap pada satu lahan yang ekosistemnya menyerupai hutan (Tjatjo *et al.*, 2015). Sistem agroforestri sederhana maupun agroforestri kompleks memiliki peran penting bagi tatanan kehidupan karena sekaligus dapat melindungi serta memanfaatkan sumber air dan tanah sekaligus memelihara keanekaragaman hayati (Triwanto *et al.*, 2013). Dengan melakukan pengembangan agroforestri, seperti agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks maka mampu mengembalikan kondisi lingkungan yang rusak (Sumarlan *et al.*, 2012).

Sistem agroforestri berperan dalam perubahan iklim, hal ini berkaitan dengan komposisi jenis tanaman pada pola tanam agroforestri. Komposisi jenis tanaman pada pola tanam agroforestri yang menyertakan jenis tanaman kehutanan

dapat berperan dalam bentuk pengurangan emisi karbondioksida (CO₂) (Supriadi dan Pranowo, 2015). Secara umum kemampuan sistem agroforestri dalam menyimpan karbon berada pada kategori baik dengan nilai rata-rata karbon tersimpan sebesar 178,24 ton/ ha (Aprianto *et al.*, 2016). Setiap jenis tanaman memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menyimpan karbon, sehingga perlu dilakukan pemilihan jenis tanaman yang tepat (Bhaskara, 2017).

Ciri-ciri penting agroforestri menurut Aprianto (2015) adalah:

1. Agroforestri biasanya melibatkan dua atau lebih jenis tanaman dan/atau hewan, paling tidak salah satunya adalah tanaman berkayu (pohon).
2. Sistem agroforestri selalu dikelola untuk jangka waktu yang panjang.
3. Tumbuhan berkayu dan tidak berkayu berinteraksi dalam berbagai cara (baik secara ekologis maupun ekonomis).
4. Agroforestri selalu menghasilkan dua jenis produk atau lebih, seperti pakan ternak, kayu bakar, buah-buahan, dan obat-obatan pada lahan yang dikelola untuk sistem agroforestri. Lahan tersebut dapat digunakan sebagai fungsi pelayanan jasa (*service function*) masyarakat karena agroforestri memberikan setidaknya satu fungsi layanan, seperti perlindungan angin, naungan, pupuk tanah.
5. Memiliki sejumlah jasa lingkungan, termasuk konservasi tanah terhadap kesuburan dan erosi/longsor, penahan angin kencang yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman lain, dan berfungsi sebagai tempat istirahat keluarga untuk tenaga kerja industri rumah tangga.
6. Usaha tata guna lahan agroforestri secara fisiologis dan ekonomis lebih kompleks dibandingkan usaha tata guna lahan dengan sistem monokultur.
7. Seseorang atau kelompok melakukan upaya pemanfaatan lahan secara terencana maupun tidak terencana untuk menjadi tolak ukur efektivitas sistem agroforestri.
8. Dibandingkan dengan sistem pengelolaan lahan lainnya, upaya pemanfaatan lahan dengan sistem agroforestri lebih banyak melibatkan nilai-nilai sosial budaya yang saling mempengaruhi.
9. Memiliki lapisan tajuk yang beragam, terutama pada komunitas vegetasi yang membentuk lingkungan setempat.

Sistem agroforestri diperkirakan memiliki potensi besar untuk menyerap karbon di atmosfer sebagai akibat dari perubahan iklim. Agroforestri menurut Aprianto (2015) merupakan strategi pengelolaan lahan yang produktif dan ramah lingkungan. Menurut Malau *et al.* (2012), karbon dari CO₂ diambil oleh tanaman dan disimpan dalam bentuk biomassa dalam sistem wanatani, yang membantu mengurangi pertumbuhan CO₂ di atmosfer dan GRK lainnya dengan meningkatkan karbon di dalam tanah dan mengurangi permintaan penebangan hutan.

Meskipun agroforestri memainkan peran yang lebih kecil dalam melakukan penyimpanan karbon di lahan dibandingkan hutan alam, namun tetap memiliki peran penting dalam meningkatkan nilai karbon tersimpan di lahan terdegradasi (Aprianto, 2015). Tanaman di hutan alam adalah pohon dengan biomassa besar, sehingga memiliki nilai karbon tersimpan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan agroforestri.. Jumlah biomassa yang dihasilkan ditentukan oleh hasil fotosintesis (Lukito, 2013).

D. Vegetasi

Vegetasi adalah kumpulan dari berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh pada tempat yang sama pada waktu yang sama, dengan individu-individu yang tersusun dalam suatu interaksi yang erat, baik antara tumbuhan maupun hewan yang hidup di dalam tumbuhan dan sekitarnya (Lestari, 2017). Tiurmasari (2016) mendefinisikan vegetasi sebagai sekelompok tumbuhan yang beraneka ragam, seperti herba, pohon, dan perdu, yang ada di satu tempat dan berinteraksi satu sama lain serta lingkungannya untuk membentuk kenampakan luar.

Vegetasi memiliki 3 bagian ciri fisiognomi (Nashrulloh, 2019), yaitu:

1. Vegetasi secara vertikal

Diagram profil vegetasi vertikal menggambarkan lapisan berdasarkan laju pertumbuhan pohon (bibit, tiang, penyapihan, pohon dewasa) dan tanaman yang membentuk vegetasi.. Tingkat pertumbuhan pohon terbagi menjadi:

- a. Semai (*seedling*) permudaan mulai kecambah sampai setinggi 1,5 m (dibagi dalam kelas-kelas tinggi 0-30 cm dan 30-150 cm)
- b. Sapihan/pancang (*sapling*) Regenerasi setinggi 1,5 m dan sampai

dengan pohon muda dengan diameter kurang dari 10 cm (dibagi dalam kelas) tinggi 1,5 – 3 meter untuk pohon muda dengan diameter kurang dari 5 meter, dan pohon muda dengan diameter 5-10 meter

- c. Tiang merupakan pohon muda dengan diameter 10-35 cm
 - d. Pohon dewasa dengan diameter batang minimal 35 cm.
2. Sebaran horizontal jenis-jenis penyusun yang menggambarkan letak dari suatu individu terhadap individu lain.
 3. Kelimpahan (*abundance*) setiap jenis dalam suatu komunitas. Tutupan vegetasi mengambil berbagai bentuk dan menunjukkan keragaman yang luas, dari satu lokasi ke lokasi berikutnya. Vegetasi adalah asosiasi nyata dari semua jenis tumbuhan yang hidup di suatu daerah tertentu. Menurut Indriyanto (2006), Kelimpahan relatif suatu spesies ditentukan oleh jumlah individu setiap spesies organisme dalam komunitas, yang mempengaruhi fungsi komunitas, distribusi individu di antara spesies dalam komunitas, keseimbangan sistem, dan stabilitas komunitas hutan.

E. Analisis Vegetasi

Analisis vegetasi memiliki tiga parameter kuantitatif yaitu densitas (kerapatan), frekuensi, dominansi (Maridi *et al.*, 2015; Mota *et al.*, 2017; Hadiyanto *et al.*, 2021).

1. Densitas (Kerapatan). kerapatan didefinisikan sebagai jumlah individu suatu jenis tumbuhan pada suatu areal tertentu (misalnya 100 individu/ha). Kerapatan suatu jenis tumbuhan dinyatakan dalam persentase adalah banyaknya petak contoh dimana spesies ditemukan dari sejumlah petak contoh.
2. Frekuensi. Frekuensi adalah istilah yang menggambarkan bagaimana suatu populasi tersebar di suatu wilayah tertentu. Ada tidaknya suatu spesies di daerah sampel (luas), yang seharusnya tersebar secara acak di seluruh wilayah penelitian, dapat digunakan untuk menentukan frekuensi. Kepadatan suatu spesies diberikan sebagai persentase dari total area sampel (area) di mana spesies itu ada.

3. Dominansi. Luas tutupan suatu jenis tumbuhan juga dapat digambarkan sebagai dominansi. Basal area adalah daerah yang dikendalikan tanaman di dekat permukaan tanah. Luas basal pohon ditentukan dengan mengukur diameter batang setinggi dada, yang menghasilkan pengukuran luas basal, dan dominansi relatif dihitung dengan membagi dominansi satu spesies dengan dominansi semua spesies, yang menghasilkan persentase.

Pengertian analisis vegetasi menurut Tiurmasari *et al.* (2016) adalah metode untuk memeriksa komposisi dan struktur berbagai jenis vegetasi. Penekanan penelitian yang mengarah pada analisis vegetasi adalah pada komposisi spesies. Kriteria tertentu, seperti kerapatan, frekuensi, dominansi, dan nilai penting, dapat digunakan untuk mempelajari organisasi masyarakat hutan (Nadya, 2018). Tujuan pendugaan komunitas vegetasi secara kuantitatif dibagi menjadi tiga kelompok:

1. Pendugaan komposisi vegetasi pada suatu wilayah dengan batas-batas spesies dan perbandingan dengan wilayah lain atau pengamatan yang dilakukan pada waktu yang berbeda di wilayah yang sama.
2. Menghitung jumlah spesies di suatu daerah tertentu.
3. Hubungan antara varian vegetasi dan faktor lingkungan tertentu atau kombinasi dari faktor lingkungan.

Pengumpulan dan penyusunan data dan informasi sumber daya hutan untuk tujuan perencanaan pengelolaan sumber daya yang lestari dan beragam untuk kepentingan masyarakat disebut inventarisasi hutan (Saputri, 2017; Lestari, 2017). Inventarisasi juga bertujuan untuk memantau perubahan yang terjadi pada hutan dan melihat sumberdaya hutan yang ada (Mardiatmoko *et al.*, 2014). Metode operasi inventarisasi hutan telah banyak digunakan, baik dari segi metodologi pengumpulan data, penggunaan unit sampel, maupun pengelolaan data. Metodologi ini digunakan untuk menilai potensi tegakan yang ada. Metodologi ini digunakan untuk mengevaluasi potensi tegakan, karena tidak memungkinkan jika melakukan sensus tegakan hutan yang sangat luas.

Keragaman nilai INP mencerminkan dampak lingkungan tempat tumbuh tanaman, seperti kelembapan, suhu, dan tingkat toleransi tanaman. Tingkat toleransi seperti perebutan nutrisi, sinar matahari, dan ruang tumbuh dengan

spesies lain, terhadap pertumbuhan diameter batang pohon. hal ini dapat diartikan bahwa nilai INP dipengaruhi oleh kemampuan beberapa organisme untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan dan bereproduksi di dalamnya (Aditama dan Kurniawan, 2013; Izza dan Kurniawan, 2014). Nilai INP juga dipengaruhi oleh diameter batang dan umur pohon (Vebri *et al.*, 2017). Nilai INP memiliki hubungan positif dengan biomassa, yang berarti bahwa kenaikan INP sebanding dengan peningkatan biomassa (Wahyu, 2014). Diameter pohon yang merupakan variabel pada perhitungan INP juga digunakan untuk menentukan biomassa pohon, sehingga secara tidak langsung jumlah biomassa memiliki hubungan dengan dominansi jenis pohon.

F. Biomassa

Kemampuan vegetasi dalam menyimpan karbon dapat dilihat dengan melakukan perhitungan biomassa bahan organik. Menurut Mandiri *et al.* (2016) dan Tangio (2013), biomassa adalah sumber daya organik terbarukan yang diperoleh dari tumbuhan dan hewan yang diukur dalam ton per satuan luas.. Biomassa dapat dijadikan sebagai sumber energi terbarukan (Tirono dan Sabit, 2011). Hal ini dapat menjadi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, karena biomassa merupakan energi terbesar ketiga setelah minyak dan batubara (Tirono dan Sabit, 2011). Salah satu sumber biomassa berasal dari tegakan hutan seperti pohon.

Persamaan alometrik digunakan untuk menghitung biomassa pada pohon, yang dilakukan dengan mengukur diameter pohon (Hadiyanto *et al.*, 2021). Semakin besar diameter pohon maka semakin besar nilai karbon tersimpan pohon tersebut (Suwardi *et al.*, 2013). Perhitungan biomassa dapat dilakukan menggunakan beberapa cara yaitu menggunakan sampel dengan pemanenan, sampel tanpa pemanenan, pendugaan melalui pengindraan jauh, dan pembuatan model (Hairiah *et al.*, 2011).

1. *Sampling* dengan pemanenan (*destructive sampling*) secara *in situ*.

Memanen semua bagian tanaman, termasuk akar, mengeringkannya, dan menimbang biomassa merupakan bagian langkah dalam proses ini.

Persamaan alometrik digunakan dalam pengukuran untuk menghitung

biomassa hutan dapat diulang beberapa kali atau diperluas ke area yang lebih luas.. Metode ini akurat untuk menentukan biomassa di wilayah terbatas, tetapi memerlukan banyak biaya dan waktu.

2. *Sampling* tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara *in situ*.

Ini adalah metode pengambilan sampel yang melibatkan pengukuran tanpa panen. Metode ini melibatkan pengukuran tinggi atau diameter pohon dan menghitung jumlah kandungan biomassa menggunakan persamaan allometrik.

3. Pendugaan melalui pengindraan jauh.

Teknologi pengindraan jauh tidak dianjurkan secara umum, terutama untuk aplikasi skala kecil. Hambatan terbesar dalam metode ini adalah biaya yang cukup mahal, dan memerlukan tingkat kompetensi teknis tertentu. Di daerah aliran sungai, pedesaan, atau agroforestri, yang merupakan mosaik dari berbagai penggunaan lahan dengan plot yang relatif kecil, strategi ini juga kurang efektif. Umumnya, hasil pengindraan jauh resolusi sedang cukup bermanfaat untuk mengklasifikasikan area proyek ke dalam tipe vegetasi yang umumnya seragam. Proses survei dan pengumpulan data lapangan berpedoman pada hasil kategorisasi kelas ini. Prediksi biomassa yang baik dapat di peroleh dengan data pengindraan jauh beresolusi tinggi yang akan relatif mahal untuk digunakan.

4. Pembuatan model.

Model tersebut digunakan untuk mengestimasi biomassa dengan menggunakan pengamat *in situ* atau pengindraan jauh dengan frekuensi dan intensitas yang terbatas. Dalam kebanyakan kasus, model empiris ini didasarkan pada jaringan plot sampel yang diukur berulang yang sebelumnya telah digabungkan dengan perkiraan biomassa, atau pada persamaan allometrik yang menerjemahkan volume menjadi biomassa.

Menurut Sutaryo (2009), terdapat dua pendekatan untuk menentukan biomassa di atas permukaan tanah atau biomassa dari pohon/hutan, yaitu:

1. *Biomassa Expansion Factor* (BEF)

Metode ini melibatkan mengalikan nominal volume terukur dengan jumlah nominal lain yang mencakup seluruh pohon untuk memperkirakan volume atau biomassa bagian organ pohon.

2. Persamaan allometrik

Hubungan antara ukuran pohon (diameter dan tinggi) dan berat kering keseluruhan ditentukan dengan menggunakan metode ini. Alometrik adalah studi tentang hubungan antara satu bagian dari pertumbuhan dan ukuran organisme dan pertumbuhan dan ukuran total organisme.

G. Karbon Tersimpan dan FOLU Net Sink

Nilai karbon tersimpan terbesar terjadi pada hutan. Hutan memiliki nilai karbon tersimpan 10 kali lebih besar dari jenis vegetasi lain seperti tanaman semusim (Sugirahayu dan Rusdiana, 2011). Kemampuan pohon dalam menyimpan karbon lebih besar dari pada tanaman pertanian (Adinugroho *et al.*, 2013). Hal ini terjadi akibat dari adanya proses fotosintesis tanaman sehingga berperan penting dalam mengurangi efek GRK. Jumlah dan jenis tanaman penyusun hutan berperan dalam besaran karbon tersimpan tanaman yang ditentukan oleh pola tanam. Terdapat empat penghasil karbon yang terdiri dari biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik, dan karbon tanah dan mineral.

Biomassa atas permukaan adalah bagian vegetasi yang hidup atas permukaan, biomassa permukaan bawah yaitu biomassa seluruh akar, bahan organik mati dari kayu dan serasah (Sutaryo, 2009). Karbon adalah unsur kimia dengan nomor atom 6 dan huruf "C" sebagai simbolnya. Siklus karbon adalah pergeseran karbon (dalam berbagai bentuk) di atmosfer, lautan, biosfer terestrial, dan endapan geologis. Sumber karbon, juga dikenal sebagai *carbon pool* adalah lokasi atau komponen ekosistem tempat karbon disimpan. *Carbon pool* dibagi menjadi tiga jenis, menurut IPCC (2006): biomassa hidup, bahan organik mati, dan karbon tanah. Biomassa Di Atas Permukaan (BAP) dan Biomassa Bawah Permukaan (BBP) merupakan sumber karbon hidup, sedangkan bahan organik mati dibagi menjadi kayu mati dan serasah (Tang *et al.*, 2012).

1. Biomassa Atas Permukaan (BAP).

Bahan hidup yang mengandung komponen sumber karbon disebut biomassa di atas permukaan tanah. Sumber karbon termasuk batang pohon, tunggul, cabang, kulit kayu, biji, dan daun, serta lapisan tanaman di bawah lantai.

2. Biomassa Bawah Permukaan (BBP).

Biomassa bawah permukaan mengacu pada semua biomassa yang berasal dari akar tanaman hidup. Arti akar ini terbatas pada kisaran diameter tertentu.

Karena akar tanaman dengan diameter lebih besar dari minimum sulit dipisahkan dari bahan organik tanah dan serasah, hal ini dilakukan.

3. Bahan Organik Mati.

Istilah bahan organik mati mengacu pada kayu mati dan serasah. Serasah didefinisikan sebagai bahan organik mati di permukaan tanah dengan diameter lebih kecil dari diameter yang ditetapkan dan derajat dekomposisi yang bervariasi. Kayu mati meliputi semua sampah organik mati yang tidak berserakan, baik yang berdiri maupun yang jatuh/jatuh di tanah, akar mati, dan tanggul dengan diameter lebih besar dari ukuran yang ditentukan.

4. Karbon Organik Tanah.

Karbon dalam tanah mineral dan tanah organik, termasuk gambut, merupakan komponen yang termasuk karbon organik tanah.

Karbon tersimpan dalam ekosistem terestrial terdapat dalam tiga bentuk utama, menurut Ambarwati (2019), yaitu:

1. Biomassa.

Massa komponen hidup vegetasi dalam suatu lanskap, seperti tajuk pohon, tumbuhan bawah, gulma, dan tanaman tahunan, disebut sebagai biomassa. Perhitungan biomassa (tanah dan akar) biasanya mencakup biomassa di atas dan di bawah permukaan (pohon, nekromassa, dan sampah).

2. Nekromassa (pohon mati).

Nekromassa adalah kumpulan bagian pohon mati yang masih berdiri atau telah tumbang/berbaring di tanah, tunggul atau ranting, dan daun tumbang yang tidak tersentuh (serasah). Karbon masih tersimpan dalam bentuk biomassa dan nekromassa.

3. Bahan Organik Tanah.

Bahan organik tanah adalah sisa-sisa makhluk hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia) yang telah mengalami pelapukan sebagian atau seluruhnya dan menjadi bagian dari tanah. Rata-rata ukuran partikel bahan organik tanah adalah 2 mm. Menurut Aprianto (2015), ada tiga sumber utama karbon di dalam tanah: tanaman kehutanan (pohon), tanaman semusim yang masuk sebagai serasah dan limbah tanaman, dan akar tanaman (akar mati, ujung akar, dan eksudasi akar).

Jumlah karbon yang tersimpan di hutan ditentukan oleh umur dan produktivitas pohon. Sejalan dengan hasil penelitian Yunita (2016), yang menyatakan bahwa semakin meningkat umur pohon maka akan semakin tinggi stok karbon yang dimiliki. Hutan adalah fasilitas penyimpanan karbon terbesar di darat. Karbon dioksida (CO₂) diserap dari atmosfer oleh hutan dan disimpan dalam bahan organik tanah dan pepohonan. Hutan alam memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe hutan lainnya. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ratnaniningsih *et al.* (2014), yang menyatakan potensi karbon yang dimiliki oleh hutan adalah 76,651 ton/ha, sedangkan semak sebesar 0.973 ton/ha dan hutan tanaman sebesar 33,706 ton/ha – 70, 930 ton/ha. Data tersebut membuktikan bahwa hutan alam memiliki kapasitas karbon terbesar dibandingkan dengan jenis hutan lainnya.

Jumlah karbon tersimpan bervariasi berdasarkan keragaman dan kepadatan tanaman yang ada, jenis tanah, dan cara pengelolaan lahan yang berbeda di tiap lokasi (Nuranisa *et al.*, 2020). Biomassa atau stok karbon di atas tanah (biomassa tanaman) ditentukan oleh jumlah karbon tersimpan bahan organik tanah, penyimpanan karbon di suatu lahan meningkat ketika kondisi kesuburan tanah baik (Hairiah *et al.* al, 2011). Hutan alam, hutan tanaman, hutan payau, hutan rawa, dan hutan rakyat semuanya memiliki tingkat penyerapan dan penyimpanan karbon yang berbeda tergantung pada jenis pohon, jenis tanah, dan topografi. Di Indonesia, data karbon tersimpan dari berbagai jenis hutan, jenis pohon, jenis tanah, dan medan sangat penting. Namun hanya 11 jenis pohon di Indonesia yang diketahui simpanan karbonnya, dari total 104 jenis pohon. Saat ini, hanya ada

sedikit sumber data komprehensif tentang karbon tersimpan di ekosistem hutan yang berbeda dan penggunaan lahan lainnya (Masripatin *et al.*, 2010). Oleh karena itu perlu adanya penelitian lanjutan terkait dengan simpanan karbon dari pohon yang ada di Indonesia.

Semakin tinggi nilai karbon tersimpan tanaman maka akan semakin sedikit emisi karbon yang dilepaskan. Besarnya nilai karbon tersimpan merupakan nilai yang menunjukkan besaran kemampuan tanaman dalam menyerap karbon dalam bentuk biomassa (Amin *et al.*, 2014). Hal ini berkaitan dengan isu yang sedang berkembang saat ini terkait dengan program FOLU *net sink* 2030 yang tercantum pada Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.SK.168/MENLHK/PKTL/PLA.1/2/2022 (Sujatmoko, 2022). Dalam kebijakan tersebut dinyatakan bahwa FOLU merupakan singkatan dari *Forest Other Land Uses* yang berarti bahwa pemanfaatan hutan dan penggunaan lahan, sedangkan *net sink* merupakan penyerapan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan karbon yang dilepaskan. Secara keseluruhan FOLU *net sink* merupakan kemampuan sektor lahan dan hutan dalam menyerap karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbon yang dilepaskan. Tingkat efektivitas untuk pencapaian target FOLU Net Sink 2030 akan berkaitan dengan kegiatan dalam upaya mitigasi perubahan iklim seperti emisi GRK pada sektor kehutanan (Ginoga *et al.*, 2022). Dalam rangka pencapaian program net serapan karbon mulai tahun 2030 maka data yang terkait dengan simpanan karbon akan bermanfaat dalam menaksir kemampuan hutan dalam menyerap karbon (Pamungkas, 2022).

H. Sejarah Perdagangan Karbon

Istilah perdagangan karbon pertama kali muncul karena adanya fenomena pemanasan global yang terjadi akibat dari adanya proses peningkatan suhu rata-rata daratan bumi, laut, dan atmosfer. Hal ini terjadi karena konsentrasi GRK yang naik, diantaranya adalah CO₂ (Prataman, 2019). Kenaikan suhu bumi merupakan salah satu permasalahan lingkungan, sehingga pada tahun 1992, KTT bumi pertama dilaksanakan di Rio De Janeiro, Brazil sebagai bentuk upaya penyelesaian persoalan lingkungan dunia (Wijaya *et al.*, 2017). Upaya pencegahan perubahan iklim agar tidak semakin buruk dilakukan oleh beberapa

negara dengan membuat kesepakatan untuk menurunkan jumlah emisi GRK, yang diwujudkan dalam *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) pada tahun 1992. Tujuan dibentuknya UNFCCC adalah menstabilkan konsentrasi GRK pada tingkat yang aman (Pratiwi dan Fachri, 2017). Dalam rangka mencapai tujuan keberhasilan program yang dibuat, UNFCCC membagi negara-negara peserta dalam dua kelompok yaitu kelompok *Annex I* untuk negara-negara yang terlebih dahulu melepaskan GRK sejak revolusi industri pada tahun 1850-an dan kelompok *non-Annex I*.

Conferences of the Parties (COP) dilakukan sejak konvensi UNFCCC dilakukan, dengan tujuan untuk mempertemukan pihak-pihak yang telah setuju untuk berkomitmen dan menindaklanjuti UNFCCC (Pratiwi dan Fachri, 2017). Hasil dari kegiatan COP pertama yang dilaksanakan pada tahun 1995 di Berlin, Jerman berupa Mandat Berlin/ *Berlin Mandate*. Selanjutnya dilakukan COP kedua yang diadakan di Jenewa, Swiss menghasilkan *Geneva Ministerial Declaration* (pihak sepakat untuk menghubungkan *Ad Hoc Group on Article 13* dan *the Ad Hoc Group on the Berlin Mandate*). Tanggal 1-10 Desember 1997 dilakukan COP ketiga yang merupakan pondasi awal terbentuknya Protokol Kyoto. Protokol UNFCCC, yang mengikat negara-negara industri dan negara-negara dalam transisi ke ekonomi pasar dengan tujuan memenuhi tujuan pengurangan emisi *Annex I*, disepakati pada COP ketiga. Dalam periode komitmen pertama tahun 2008-2012, *Annex I* berjanji untuk mengurangi emisi GRK sebesar 5% di bawah tingkat tahun 1990.

Kegiatan COP terus berlangsung setiap tahun, hingga mencapai COP 13 yang diadakan di Bali, Indonesia dengan bahasan usulan-usulan yang berkaitan dengan perubahan iklim setelah tahun 2012, namun pembahasan pada COP tersebut beralih ke bahasan tanggung jawab negara *Annex I* untuk menurunkan GRK sebesar 5% karena pada implementasinya dan hasilnya tidak sesuai dan tidak memiliki arah yang jelas sehingga mengakibatkan negara maju enggan untuk menurunkan emisi GRK. Perbedaan pendapat pada konferensi ini mengakibatkan terjadinya pembagian negara menjadi 3 blok yaitu Uni Eropa, *Umbrella Group*, dan *Environmental Integrity Group*. Hasil yang diperoleh dari COP ke 13 adalah *Bali Action Plan* yang menyepakati pembentukan *The Ad Hoc*

Working Group on Long Term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA). Tujuan dibentuknya AWG-LCA adalah untuk mengefektifkan bingkai kerja sama jangka panjang.

Perjanjian internasional lain yang juga membahas tentang perubahan iklim yaitu *Paris Agreement* yang diadakan di Le Bourget, Paris pada COP ke 21 yang dihadiri oleh 196 negara. Dalam perjanjian *Paris Agreement* terdapat kepastian atau jaminan dari negara-negara maju yang akan tetap mau berkomitmen menurunkan emisi GRK hingga tahun 2030. Target dari perjanjian ini adalah pengurangan emisi GRK secara global sebagai upaya untuk membatasi kenaikan suhu Global sampai di bawah 2°C level pre-industrial (Ali, 2018). Selain itu juga terdapat kejelasan komitmen dari negara-negara industri untuk mengurangi polusi iklim dan terus menjalankan dan mempertahankan komitmen tersebut hingga tahun-tahun selanjutnya (Humaira, 2021).

I. Siklus Karbon

Siklus karbon menggambarkan bagaimana karbon di lingkungan berubah dari makhluk hidup menjadi zat anorganik dan kemudian ke atmosfer. Udara, bumi, tumbuhan, hewan, dan bahan bakar fosil adalah semua siklus karbon yang merangkum kehidupan seperti yang kita kenal. (Sridianti, 2014). Dapat disimpulkan bahwa siklus karbon adalah proses dua langkah yang mencakup respirasi dan fotosintesis. Fotosintesis mengubah CO₂ dari udara dan air menjadi karbohidrat dan oksigen dalam siklus karbon. Sebanyak 45-50% karbon berasal dari berat kering biomassa (Nedhisa dan Tjahjaningrum, 2019).

Pertukaran antara biosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer dengan karbon merupakan salah satu siklus biogeokimia dalam siklus karbon. Karbon terdapat pada empat lokasi yaitu biosfer (pada makhluk hidup), geosfer (di bumi), hidrosfer (di air), dan atmosfer (di udara) (Sobirin, 2010). Atmosfer, biosfer terestrial (biasanya bahan organik tidak hidup seperti karbon tanah), laut (termasuk karbon anorganik terlarut dari biota laut hidup dan tidak hidup), dan sedimen adalah empat sumber karbon utama yang dihubungkan melalui jalur pertukaran dalam siklus biogeokimia (termasuk bahan bakar fosil). Secara alami, sejumlah besar karbon dari atmosfer tersimpan di permukaan bumi (darat dan air).

J. Keberadaan Hutan dan Perubahan Iklim Global

Perubahan iklim global, menurut Lestari (2017), semakin meningkat saat ini. Degradasi hutan merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Purwanto (2012) menyatakan bahwa, selain menyediakan kayu perkakas dan kayu bakar, hutan rakyat, seperti halnya hutan lainnya, berfungsi sebagai penyerap karbon, memberikan kontribusi signifikan terhadap siklus karbon global. Hutan memainkan peran penting dalam mengurangi efek pemanasan global. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Natalia (2014), pemanasan global adalah perubahan iklim yang disebabkan oleh tingginya konsentrasi emisi GRK di atmosfer dalam bentuk CO₂, CH₄, dan bentuk lainnya.

Menurut Thompson (2008), peran hutan dalam mencegah dan mengurangi emisi karbon atau mitigasi perubahan iklim dapat dilihat dalam berbagai cara yaitu kebakaran hutan dan emisi GRK berkurang, melestarikan tutupan hutan dan kemampuannya dalam mitigasi perubahan iklim, mengoordinasikan tindakan pengelolaan hutan untuk menjebak atau menyerap lebih banyak CO di atmosfer, penyerapan dan penyimpanan karbon di sumber karbon hutan, serta penggunaan kayu jangka panjang, mengembangkan pasar perdagangan karbon dan memberikan insentif keuangan untuk operasi kehutanan yang meminimalkan emisi polusi industri dan lainnya.

Pemanasan global bukan lagi masalah masa depan; sekarang menjadi masalah yang sedang kita hadapi (Efendi *et al.*, 2012). Berdasarkan temuan *International Disaster Database* 2008, terdapat 345 bencana alam yang memenuhi syarat sebagai bencana global (Perdinan *et al.*, 2008). Kesimpulan ini mendukung temuan studi yang diterbitkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 2006, yang menyatakan bahwa pemanasan global akan meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrem. Perubahan iklim dapat di prediksi dengan cara mitigasi dan adaptasi. Mitigasi mengacu pada upaya yang harus dilakukan untuk mencegah bencana, sedangkan adaptasi mengacu pada kegiatan yang harus dilakukan untuk hidup dan eksis, serta mengembangkan ketahanan, fleksibilitas, dan mengarah pada migrasi sebagai akibat dari perubahan keadaan iklim (Butarbutar, 2011).

Berbagai kesulitan global yang ada, menurut Pratiwi dan Safei (2018), merupakan permasalahan dunia yang membutuhkan jawaban agar dapat ditangani secara berkelanjutan bagi kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Gas berbasis karbon yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, kebakaran hutan, konversi hutan, dan kegiatan lain yang mengakibatkan berkurangnya tutupan tanaman (deforestasi dan degradasi), menurunkan kemampuan tanaman dalam menyimpan karbon.

Kerusakan hutan membahayakan kelangsungan hidup spesies dalam jangka panjang dan dapat mengakibatkan kepunahan spesies langka dan dilindungi (Erly, 2019). Hutan membantu menyerap CO₂ melalui fotosintesis dan menyimpannya dalam biomassa tanaman sebagai bahan organik (Rusdiana dan Lubis, 2012). Ketika kebakaran hutan, pembalakan liar, dan konversi hutan terjadi, karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan dilepaskan ke atmosfer, membatasi kemampuan planet untuk menyerap CO₂, dan mengganggu keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer..

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), ada tiga faktor yang menentukan besaran karbon tersimpan pada ekosistem darat: (a). Vegetasi: susunan spesies, struktur, dan umur tumbuhan; (b). Iklim, tanah, dan gangguan alam (kebakaran hutan); (c). Reaksi ekosistem darat terhadap peningkatan konsentrasi CO₂. Karena ketiga variabel ini berinteraksi, hasil akan ditentukan oleh kekuatan masing-masing faktor. Berkurangnya ukuran dan kualitas hutan tidak hanya mempengaruhi jumlah karbon yang tersimpan, tetapi juga menyebabkan emisi karbon ke atmosfer dan mengurangi kemampuan hutan untuk menyimpan karbon. Akibatnya, hutan memainkan peran penting dalam mitigasi perubahan iklim dengan menyerap CO₂ ke dalam pertumbuhan pohon (Manuri *et al.*, 2011).

K. Preferensi Petani dan pengambilan keputusan dalam memilih jenis tanaman dan pola tanam

Preferensi, yang sering disebut rasa, adalah istilah yang digunakan dalam ilmu-ilmu sosial, khususnya ekonomi. Hal ini menunjukkan pilihan yang benar atau hipotetis antara pilihan, serta kemungkinan peringkat pilihan tersebut berdasarkan kenikmatan, kepuasan, pemenuhan, dan kegunaan, atau

sebagai sumber motivasi (Irwandi, 2013). Preferensi individu memungkinkan pemilihan tujuan dalam ilmu kognitif. Preferensi atau prioritas seseorang terhadap barang, atau jasa yang dikonsumsi atau digunakan. Preferensi petani dibentuk oleh persepsi mereka tentang skema penanaman. Harapan petani tentang program penanaman yang disukai disebut sebagai preferensi petani. Harapan, dalam konteks kepuasan pelanggan, adalah perkiraan atau asumsi pelanggan tentang apa yang mereka terima.

Pemilihan tanaman yang disukai oleh petani dapat menjadi salah satu faktor keberhasilan penanaman, sehingga hal tersebut sangat penting untuk dipertimbangkan. Hal ini penting karena kesalahan ekologi dalam pemilihan spesies dapat mengakibatkan kegagalan spesies terpilih untuk berkembang di lapangan dan ketidaksesuaian hasil produksi yang diperoleh serta dapat mengakibatkan pertambahan lahan yang terdegradasi (Komalasari, 2018). Selanjutnya, kesesuaian antara persyaratan biologis spesies tanaman dan sifat daerah tempat tumbuhnya, seperti ketinggian, iklim (suhu, curah hujan, toleransi spesies pohon terhadap sinar matahari), dan sifat fisik tanah, merupakan faktor kunci dalam pemilihan spesies (Rajagukguk, 2018).

Menurut Fauzia (2013), inisiatif pemerintah yang ada telah banyak memberikan bantuan kepada petani hutan, khususnya dalam bentuk bibit pohon kayu, namun jenis pohon yang ditanam tidak selalu sejalan dengan ambisi masyarakat dan masyarakat lokal. Ketidaksesuaian tersebut menyebabkan kurang efektif dalam pengelolaannya. Karena orang yang berbeda memiliki persepsi yang berbeda tentang jenis tanaman apa yang harus ditanam dalam pengelolaan hutan, penting untuk memahami faktor apa yang dipikirkan petani ketika memutuskan tanaman apa yang akan ditanam..

Pengetahuan lebih mendalam tentang proses pengambilan keputusan yang digunakan oleh banyak aktor terlibat untuk membangun hutan lestari, penting untuk menanam dan menyediakan bibit pohon untuk menentukan apakah dan bagaimana tujuan ini tercapai (Conway dan Vecht, 2015). Terlepas dari kenyataan bahwa pohon terlibat dalam desain arsitek tanaman dan implementasi rencana penanaman, tingkat pengetahuan dan kriteria pengambilan keputusan yang digunakan oleh ahli hortikultura untuk memilih jenis pohon telah diabaikan

dalam literatur kehutanan dan ekologi.

Motivasi utama masyarakat hutan memilih jenis dan pola tanam adalah masalah ekonomi dan kesejahteraan. Sejalan dengan hasil penelitian Suharjito (2011), yang menyatakan bahwa petani di Desa Rambahan dan Desa Ranggung memilih menilai nilai ekonomi/harga, kemudahan pemasaran, intensitas panen, penguasaan pengetahuan, dan ketersediaan modal dalam memilih jenis pohon yang akan dibudidayakan. Febryano (2008) menjelaskan beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan spesies tanaman di lahan hutan berdasarkan keputusan petani, antara lain pendapatan uang, produktivitas, kecepatan produksi, kemudahan pemeliharaan dan panen, kemudahan pengolahan pascapanen, kemampuan untuk ditanami tanaman lain, dan keamanan tanaman (khusus penanaman di lahan hutan negara).

Salah satu teori yang membahas tentang pemilihan jenis tanaman berdasarkan keputusan petani adalah teori Gladwin yang dikemukakan pada tahun 1980. Gladwin (1980) memberikan paradigma "*real-life decision*" di mana semua tahapan dan prosedur terkait langsung dengan pemahaman petani itu sendiri. Teori ini menjelaskan perbedaan antara Tahap 1, yang membatasi pilihan pembuat keputusan pada kelompok kecil yang mungkin dievaluasi secara serius, dan Tahap 2, yang memperluas jangkauan pilihan yang tersedia bagi pengambil keputusan. Tingkat akhir pengambilan keputusan dijelaskan dalam Tahap 2 teori ini. Kriteria seleksi Tahap 1 digunakan dalam "pengeliminasian aspek-aspek", pilihan teratas harus melewati semua kendala dari keadaan pilihan yang disajikan untuk dipilih.

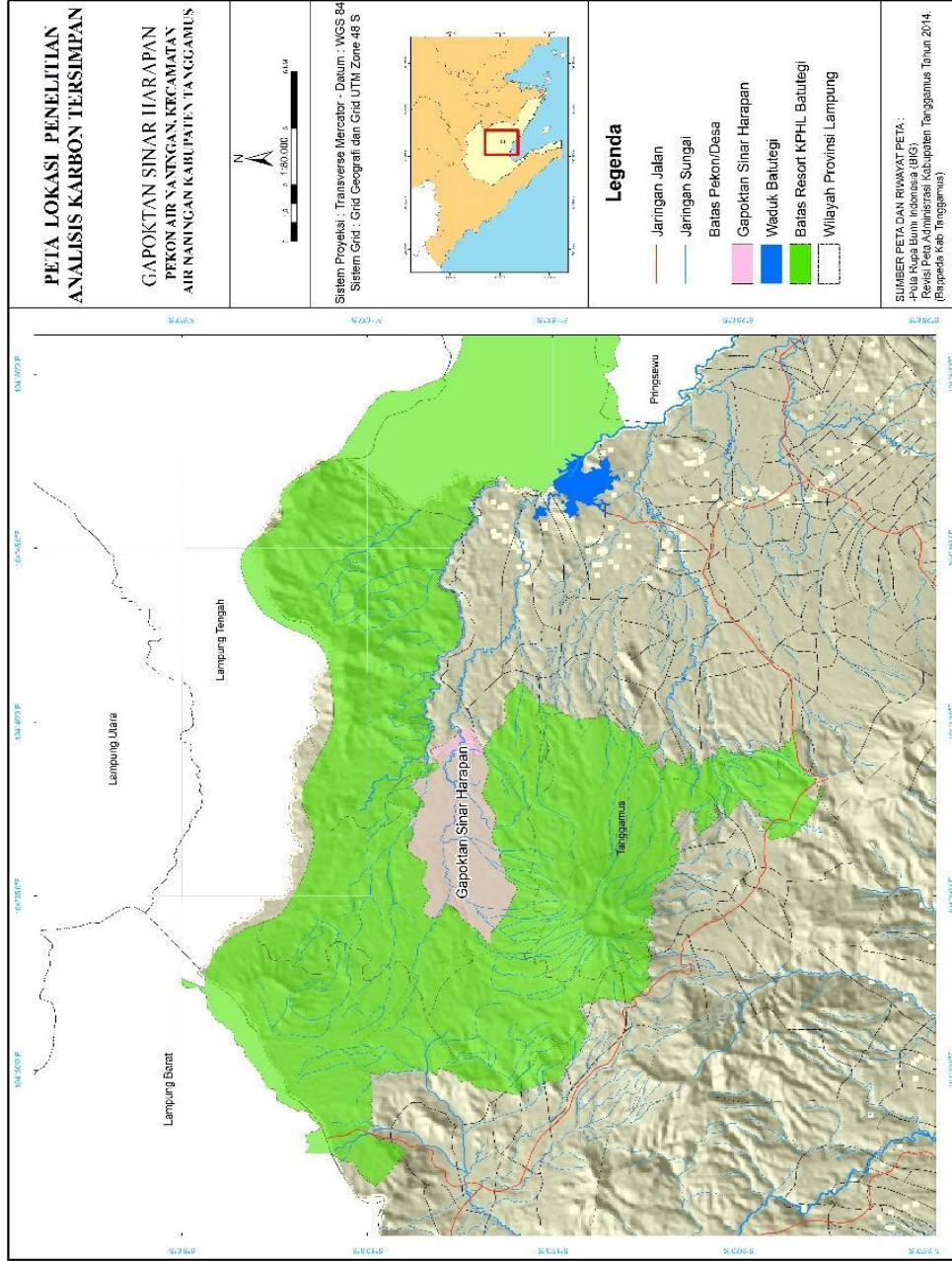
III. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung antara bulan Desember 2020 hingga Februari 2021 di Gapoktan Sinar Harapan, KPH Batutegei, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Pemilihan lokasi penelitian di Gapoktan Sinar Harapan karena daerah tersebut mewakili kriteria yang akan diteliti yaitu pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.

2. Alat dan Objek Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran/ roll meter, pita meter, GPS, *christen hypsometer*, kantong plastik, gunting, oven, timbangan dengan satuan gram, kamera, alat tulis dan *tally sheet*, lembar kuesioner, *recorder*, ayakan. Obyek penelitian ini adalah vegetasi (pohon, tiang, pancang, semai) serta serasah dan pohon mati pada petak contoh, baik yang berdiri maupun yang bertelur. Selain itu penelitian ini juga menggunakan petani penggarap lahan yang menerapkan pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks sebagai objek dalam penelitian.



Gambar 2 . Peta lokasi penelitian.

3. Penentuan Sampel

1. Penentuan Plot Ukur

Agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks akan menjadi pola tanam yang digunakan dalam plot sampling. Pemilihan plot ukur sederhana dan kompleks dilakukan pada saat di lapangan dengan melihat komposisi tanaman yang ada di lahan secara langsung. Lahan yang memiliki banyak jenis pohon baik yang ditanam secara sengaja atau secara alami sehingga menyerupai hutan akan dipilih sebagai titik pengambilan sampel plot ukur pola tanam agroforestri kompleks, sedangkan lahan dengan satu unsur pertanian yang memiliki manfaat ekonomi dan ekologi serta sejumlah kecil unsur pohon akan masuk ke dalam plot ukur agroforestri sederhana (Sukmawati *et al.*, 2014; Tjatjo *et al.*, 2015). Hal ini dilakukan agar data yang diperoleh sesuai dengan sasaran penelitian, sehingga tingkat keakuratan data lebih baik.

a. Plot ukur biomassa/ karbon tersimpan

Plot ukur yang akan digunakan dalam penentuan karbon tersimpan adalah plot ukur berbentuk persegi panjang dengan ukuran 100 m x 20 m, 40 m x 5 m, dan 0,5 m x 0,5 m sesuai dengan ukuran baku pengukuran karbon hutan (Hairiah *et al.*, 2011). Cakupan yang akan diperoleh dengan menggunakan petak ukur tersebut adalah:

- 1) Petak ukur 100 m x 20 m digunakan untuk pengamatan pohon fase dewasa dengan ukuran diameter >30 cm atau dengan besar lingkaran pohon >95 cm.
- 2) Petak ukur 40 m x 5 m digunakan untuk pengamatan pohon dengan ukuran diameter 5 cm - 30 cm atau dengan besar lingkaran pohon 15 cm – 95 cm.
- 3) Petak ukur 0,5 m x 0,5 m digunakan untuk pengamatan serasah dan tumbuhan bawah. Setiap plot utama (100 m x 20 m) akan diletakkan 6 sub plot dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m.

Jumlah petak ukur pada lokasi pengamatan ditentukan dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$n = \frac{IS \times A}{Cl}$$

Keterangan:

n = Jumlah petak ukur

A = Luas Gapoktan Sinar Harapan = 4.834 ha = 483.400 m²

IS = Intensitas *sampling* yang digunakan = 4,5% = 0,045

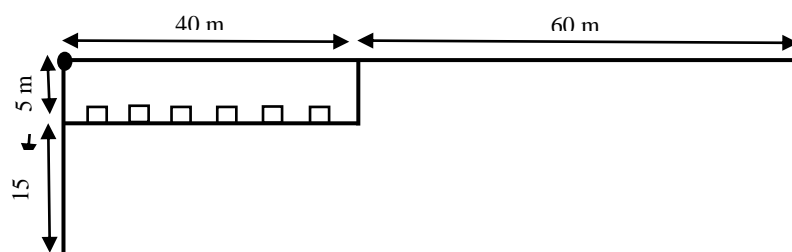
C1 = Luas klaster plot = 100 m x 20 m = 2000 m²

$$n = \frac{IS \times A}{C1}$$

$$n = \frac{0,045 \times 483.400}{2000}$$

$$n = \frac{21.753}{2.000} = 10,88 = 12 \text{ plot}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus penentuan jumlah plot dengan menggunakan intensitas *sampling* (IS) sebesar 4,5% maka didapatkan 10,88 plot ukur atau 11 plot ukur. Dalam penelitian ini angka tersebut dibulatkan menjadi 12 untuk mendapatkan pembagian jumlah plot yang seimbang pada tiap pola tanam. Di wilayah pengelolaan Gapoktan Sinar Harapan, petak pengukuran dibagi menjadi enam untuk pola tanam agroforestri sederhana dan enam untuk pola tanam agroforestri kompleks. Penggunaan IS 4,5% mengacu pada ketentuan Inventarisasi Hutan Nasional (IHN), IS yang banyak digunakan adalah 1% namun semakin tinggi IS yang digunakan maka akan semakin baik tingkat ketelitian dari hasil penelitian (Departemen Kwhutanan, 2013; Arianasari *et al.*, 2021). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* digunakan dengan melihat kondisi lapangan secara sengaja (Aprianto, 2015), namun tetap melihat keterwakilan kriteria yang dibutuhkan yaitu lahan dengan penggunaan pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Bentuk plot ukur biomassa karbon disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Petak ukur biomassa karbon.

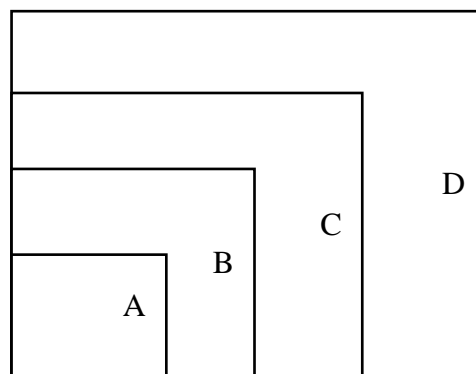
Keterangan:

● Patok utama / titik ikat plot

□ Petak ukur 0,5 m x 0,5 m

b. Plot ukur Indeks Nilai Penting

Plot ukur yang digunakan dalam penentuan INP adalah berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 20 m x 20 m, 10 m x 10 m, 5 m x 5 m, dan 2 m x 2 m. Data INP diambil untuk mengetahui susunan komposisi dan jenis tanaman yang mendominasi pada lahan agroforestri sederhana dan kompleks. Plot ukur INP diletakan dalam plot ukur utama pengambilan data biomassa karbon yang berukuran 100 m x 20 m. Plot ukur pengambilan data INP disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Petak ukur indeks nilai penting yang diletakan dalam plot ukur biomassa karbon.

Keterangan:

A = petak berukuran 2 m X 2 m, yang digunakan untuk pengambilan sampel tumbuhan bawah dengan tinggi <1,5 m.

B = petak berukuran 5 m X 5m, yang digunakan untuk pengambilan sampel tingkat pancang dengan tinggi >1,5 m.

B = petak berukuran 10 m X 10 m, yang digunakan untuk pengambilan sampel tingkat tiang dengan diameter 10-20 cm.

D = petak berukuran 20 m X 20 m, yang digunakan untuk pengambilan sampel tingkat pohon dengan diameter >20 cm.

2. Penentuan Sampel Responden

Metode *Snowball* digunakan untuk mengumpulkan data dari responden. Penggunaan metode *sampling snowball* dilakukan karena belum adanya kejelasan jumlah petani yang menggunakan pola tanam agroforestri kompleks dan sederhana di Gapoktan Sinar Harapan. Teknik *sampling snowball* merupakan metode pengambilan sampel yang dilakukan melalui proses bergulir dari satu responden yang berkaitan erat dalam kriteria penelitian ke responden lainnya (Nurdiani, 2014). Penentuan responden dimulai dari ketua Gapoktan Sinar Harapan, hal ini ketua Gapoktan berperan sebagai responden primer. Responden primer kemudian akan merekomendasikan lebih dari satu responden selanjutnya atau yang disebut dengan responden sekunder, pemilihan responden sekunder adalah yang disarankan oleh responden primer (Berlin *et al.*, 2017). Jumlah responden yang diwawancarai adalah sebanyak 45 orang. Penentuan responden dilakukan secara bertahap hingga data berada pada titik jenuh dan informasi mengenai preferensi petani dalam pemilihan pola tanam diperoleh.

4. Jenis Data

1. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data biomassa berupa biomassa hidup dan biomassa nekromassa.
 - Biomassa hidup terdiri dari jenis pohon, tinggi pohon, diameter, berat basah dan tumbuhan bawah yang akan digunakan untuk menghitung karbon tersimpan.
 - Data nekromassa berupa jenis pohon, diameter dan tinggi pohon serta berat basah dan berat kering tumbuhan bawah dan serasah.
- b. Data vegetasi tingkat pohon, tiang, pancang, dan semai berupa jumlah individu setiap jenis yang ditemukan di dalam petak ukur, diameter pohon, tiang, pancang.
- c. Data Preferensi yang terdiri dari variabel persepsi masyarakat yang berkaitan dengan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi. Variabel sosial yang diamati terdiri dari pengetahuan, waktu dan tenaga kerja, ketersediaan informasi teknis. Variabel ekonomi yang berkaitan adalah orientasi produksi, modal

dalam bertani dan modal selama menunggu tahunan menghasilkan, tingkat produktivitas, tingkat produktivitas, kestabilan harga, dan akses pasar. Variabel terakhir yang diamati adalah variabel ekologi yang terdiri dari kesesuaian lahan, ketersediaan air, luas lahan, dan status lahan.

Data primer yang akan digunakan dalam penentuan besaran karbon tersimpan didapat dengan cara membuat petak ukur pada lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan metode pemanenan (*destruktif*) dan tanpa pemanenan (*non-destruktif*). Metode *destruktif* digunakan untuk tumbuhan bawah dan serasah, sedangkan *non-destruktif* untuk tanaman pada tingkat pohon, tiang, pancang, semai. Pemilihan metode *non-destruktif* dilakukan karena mengacu pada lokasi penelitian yaitu hutan lindung yang tidak membolehkan adanya penebangan pohon atau perusakan pohon didalamnya (Jaymansyah dan Alidar, 2018). Sedangkan metode dalam pengumpulan data untuk preferensi adalah dengan menggunakan teknik wawancara secara langsung kepada petani penggarap lahan yang menerapkan pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks dan observasi langsung kelapangan.

2. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah hasil-hasil penelitian terdahulu mengenai karbon tersimpan dan pengelolaan lahan pada pola tanam agroforestri, serta data pendukung lainnya seperti peta wilayah, peta topografi, gambaran umum lokasi penelitian.

5. Analisis Data

1. Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks nilai penting didapatkan dengan melakukan perhitungan Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), dan Dominansi Relatif (DR) untuk jenis tanaman dengan fase pohon, tiang, dan pancang (Ristiara *et al.*, 2017). Perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) bertujuan untuk mengakurasi pengkategorian jenis pola tanam, yaitu pola tanam agroforestri sederhana dan pola tanam agroforestri dengan melihat dominasi spesies tanaman yang ada (Mardiyanto, 2013). INP pada tingkat semai didapatkan dengan melakukan perhitungan KR, FR, dan DR.

$$K = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

$$KR = \frac{\text{kerapatan suatu jenis}}{\text{kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$F = \frac{\text{Jumlah petak ditemukannya suatu jenis ke-}i}{\text{jumlah seluruh petak contoh}}$$

$$FR = \frac{\text{frekuensi suatu jenis}}{\text{frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$D = \frac{\text{luas basal area suatu spesies}}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

$$DR = \frac{\text{dominansi suatu jenis}}{\text{dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$INP = KR + FR + DR$$

2. Biomassa

a. Biomassa pohon

Pengukuran biomassa pohon dilakukan pada plot ukur yang telah ditentukan. Plot ukur 100 m x 20 m untuk pohon dengan diameter >30 cm, sedangkan pohon dengan diameter 5 cm – 30 cm akan didapat dari plot ukur 40 cm x 20 cm. Rumus persamaan *allometrik* digunakan untuk menghitung perkiraan biomassa pohon. Pendugaan biomassa jenis pohon yang tidak tercantum pada tabel akan dilakukan dengan perhitungan rumus pohon-pohon bercabang dan pohon tidak bercabang. Persamaan *Allometrik* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan allometrik dalam perhitungan biomassa pohon

No	Jenis Tegakan	Persamaan Allometrik	Sumber
1	Mahoni	$BK = 0,902 (D^2H)^{0,08}$	Nugroho (2014)
2	Sonokeling	$BK = 0,745 (D^2H)^{0,64}$	Nugroho (2014)
3	Jati	$BK = 0,015 (D^2H)^{1,08}$	Nugroho (2014)
4	Sengon	$BK = 0,020 (D^2H)^{0,93}$	Nugroho (2014)
5	Akasia	$BK = 0,077 (D^2H)^{0,90}$	Nugroho (2014)
6	Pohon-pohon bercabang	$BK = 0,11\rho (D)^{2,62}$	Hairiah dan Rahayu (2007)
7	Pohon tidak bercabang	$BK = \pi \rho D^2 H / 40$	Hairiah dan Rahayu (2007)
8	Kopi	$BK = 0,281 (D)^{2,06}$	Hairiah dan Rahayu (2007)
9	Pisang	$BK = 0,030 (D)^{2,13}$	Hairiah dan Rahayu (2007)
10	Palm	$BK = B A^*H^* \rho$	Hairiah dan Rahayu (2007)
11	Bambu	$BK = 0,131 (D)^{2,28}$	Hairiah dan Rahayu (2007)

Keterangan:

BK = Berat kering (kg/ pohon)

H = Tinggi total tanaman (cm)

D = Diameter setinggi dada (DBH) (cm)

BA = Basal area (cm²)

P = Berat jenis kayu (0,7 gr)

Total biomassa pohon dan biomassa per satuan luas (ton/ ha) akan didapat dengan menggunakan rumus:

Total biomassa pohon (kg) = BK₁ + BK₂ + + BK_n

Biomassa per satuan luas (ton/ha) = $\frac{\text{Total Biomassa (kg)}}{\text{Luas Area (m}^2\text{)}}$

Jenis pohon yang belum diketahui persamaan allometriknya, maka akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus *Biomass Expansion Factor* (BEF):

Bap = v x BJ x BEF x f

Keterangan :

Bap = biomassa atas permukaan (pohon) (kg)

V = volume kayu bebas cabang (m³)

BJ = berat jenis kayu (kg/m³)

BEF = biomassa *expansion factor* (1,67 default)

F = faktor angka bentuk pohon (0,7 default)

Volume (cm³) = π r² t

BJ (g cm⁻³) = $\frac{BK}{V}$

b. Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah

Pengukuran berat basah dan berat kering akan digunakan untuk menentukan biomassa dan serasah tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah dan serasah yang digunakan merupakan tumbuhan bawah dan serasah dari plot pengukuran 0,5 m × 0,5 m dengan berat 100 g hingga 300 g, atau serasah dan tumbuhan bawah dikumpulkan seluruhnya dari plot pengukuran dengan berat kurang dari 100 g. Kemudian akan dipanggang selama 48 jam pada suhu 80 derajat Celcius (Natalia

et al., 2014). Pendugaan biomassa tumbuhan bawah dan serasah akan dilakukan menggunakan rumus *Biomass Expansion Factor* (BEF) (Brown, 1997):

$$\text{Total BK (kg)} = \frac{\text{BK sub-contoh (g)}}{\text{BB sub-conoth (g)}} \times \text{Total BB (g)}$$

Keterangan :

BK = Berat Kering (g)

BB = Berat Basah (g)

c. Biomassa pohon mati

Pohon mati adalah seluruh pohon yang jaringan-jaringan sel pada kulit dan batangnya telah mati, namun pohon tetap berdiri tegak atau sudah rebah (Manuri *et al.*, 2011; Ningsih, 2019). Biomassa pohon mati akan dilakukan dengan metode *non-destruktif*. Pengukuran biomassa pohon mati yang memiliki cabang dilakukan dengan menggunakan rumus allometrik seperti pohon hidup, sedangkan untuk pohon yang tidak bercabang akan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{BK} = \pi \rho H D^2/40$$

Keterangan:

π = jari-jari diameter nekromasa (3,14)

P = berat jenis kayu mati (0,4 g/cm³)

H = panjang / tinggi nekromassa

D = diameter nekromassa (cm)

$$\text{Total biomassa pohon (kg)} = \text{BK}_1 + \text{BK}_2 + \dots + \text{BK}_n$$

$$\text{Biomassa per satuan luas (ton/ha)} = \frac{\text{Total Biomassa (kg)}}{\text{Luas Area (m}^2\text{)}}$$

3. Karbon tersimpan dan karbon total dalam plot

Nilai biomassa dari persamaan alometrik dapat digunakan untuk mengestimasi simpanan karbon pada vegetasi hutan. Berdasarkan persamaan IPCC tahun 2006, biomassa yang tersimpan pada vegetasi hutan dalam bentuk karbon sebesar 47% sehingga rumus perhitungan karbon adalah:

$$C = \text{Biomassa total} \times 0,47$$

Jumlah karbon pada tiap plot pengamatan akan dihitung setelah jumlah karbon pada tiap fase tanaman diketahui dengan menggunakan rumus:

$C \text{ plot} = C \text{ pohon} + C \text{ nekromassa} + C \text{ serasah} + C \text{ tumbuhan bawah}$

$C \text{ total} = \left(\frac{\sum C \text{ plot}}{n \text{ plot}} \right) \times \text{luas areal}$

Keterangan :

$C \text{ total}$ = total cadangan karbon(ton)

$n \text{ plot}$ = total plot

$C \text{ plot}$ = total kandungan karbon per hektar (ton/ha)

Luas areal = luas total lahan (ha)

Data INP dan data karbon tersimpan yang telah didapatkan selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan metode analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Karbon tersimpan dengan angka 138 ton/ha masuk ke dalam kategori baik menurut ketentuan IPCC (2007).

4. Preferensi Masyarakat dalam Pemilihan Jenis Tanaman dan Pola Tanam

Preferensi pemilihan jenis tanaman dan pola tanaman pada lahan hutan yang dikelola oleh petani adalah menggunakan salah satu teori pengambilan keputusan yang dikemukakan oleh Gladwin (1980). Teori Gladwin menyatakan bahwa terdapat dua tahapan dalam pengambilan keputusan sehari-hari. Sehingga dapat menjelaskan alasan-alasan petani dalam memilih jenis tanaman dan pola tanam yang berbeda yaitu pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Teori Gladwin dilakukan menggunakan dua tahapan untuk pengambilan keputusan oleh petani. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan teori Gladwin (1980), yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Febryano (2008) terkait dengan pengambilan keputusan pemilihan jenis tanaman dan pola tanam di lahan hutan negara dan lahan milik. Selain itu, penelitian serupa juga dilakukan oleh Rajagukguk (2018) yang membahas tentang pengelolaan agroforestri di Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung terkait jenis tanaman dan pola tanam.

Tahap pertama, petani harus mengeliminasi semua alternatif yang tidak diinginkan berdasarkan aspek-aspek yang dipertimbangkan. Setelah ditemukan

sub intisari dari proses eliminasi maka selanjutnya adalah proses pengambilan keputusan pada tahap kedua. Pada tahap kedua, mengharuskan petani untuk memilih alternatif-alternatif yang tersisa dengan pertimbangan aspek-aspek dari setiap alternatif. Dalam tahap kedua dilakukan eliminasi beberapa aspek pada alternatif-alternatif yang memiliki nilai yang sama dengan tujuan untuk menyederhanakan proses pengambilan keputusan. Secara terperinci, dua tahapan dalam teori Gladwin (1980) uraian analisis sebagai berikut:

1. Tahap 1

Ketika sebagian besar alternatif jenis tanaman dan pola tanam dihadapkan pada petani, maka petani akan mengambil keputusan untuk memperkecil kumpulan alternatif tersebut menjadi alternatif yang memenuhi beberapa syarat minimal yang telah ditentukan, seperti: orientasi produksi, pengetahuan, tenaga kerja, kondisi biofisik, dll. Setelah sub alternatif ditemukan maka pengambilan keputusan lanjut pada tahap ke 2.

2. Tahap 2

Tahap ke 2 memiliki 6 langkah untuk menentukan keputusan, yakni:

a. Langkah 1

Aspek-aspek yang merupakan bagian dari suatu alternatif jenis tanaman dan pola tanam di data atau dipertimbangkan. Untuk menghasilkan keputusan maka dilakukan dengan membandingkan 2 alternatif.

b. Langkah 2

Dalam menyederhanakan pengambilan keputusan selanjutnya, maka perlu dilakukan proses eliminasi beberapa jenis tanaman dan pola tanam atau tidak dipertimbangkan oleh petani menggunakan strategi sebagai berikut:

- Jika suatu aspek sedikit atau tidak memiliki manfaat bagi petani, maka aspek tersebut di eliminasi (atau tidak selalu dipertimbangkan pada Langkah 1).
- Jika semua alternatif memiliki nilai yang serupa atau sebanding pada suatu aspek, maka dilakukan eliminasi pada aspek tersebut

- Jika dua aspek serupa atau kepentingannya sebanding dan urutan alternatif-alternatif pada satu aspek berlawanan dengan urutan alternatif-alternatif pada aspek lainnya, maka kedua aspek di eliminasi.
- Jika suatu aspek berpengaruh terhadap proses keputusan hanya melalui aspek lainnya dan tidak memiliki pengaruh yang terpisah, maka dua aspek tersebut dianggap sebagai satu aspek

c. Langkah 3a

Petani memilih satu aspek diantara alternatif-alternatif yang telah diurutkan dari sub kumpulan aspek yang tidak tereliminasi dengan menggunakan dua cara yaitu:

- Aspek dengan manfaat terbesar
- Aspek dengan menggunakan suatu pemilihan

d. Langkah 3b

- Apabila alternatif-alternatif tersebut berdiri sendiri, maka petani mengurutkan alternatif-alternatif dengan aspek terurut
- Jika alternatif tidak berdiri sendiri, maka petani mengurutkan sebagian alternatif terhadap aspek terurut

e. Langkah 4: pembatasan (*constraint*)

Setiap aspek yang tersisa, dilakukan penentuan kondisi umum atau syarat yang harus sesuai dengan alternatif pemilihan jenis tanaman dan pola tanam yang dipilih oleh petani.

f. Langkah 5

Petani memilih alternatif-alternatif jenis tanaman dan pola tanam untuk diloloskan.

Data yang telah didapatkan melalui metode wawancara terstruktur dengan petani serta berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, diolah dan dianalisis dengan menggunakan metode Gladwin (1980). Hasil analisis tersebut kemudian akan dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode analisis deskriptif dengan pendekatan kualitatif sehingga diperoleh hasil berupa preferensi petani dalam pemilihan jenis tanaman dan pola tanam yang diterapkan dan kaitannya dengan nilai karbon tersimpan pada masing-masing pola tanam.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Nilai INP tertinggi pada setiap fase tanaman ada pada pola tanam agroforestri kompleks. Nilai INP tertinggi Fase pohon dimiliki oleh jenis tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla*) yaitu 71,33, fase tiang dan pancang dimiliki oleh jenis tanaman kopi robusta (*Coffea robusta*) dengan nilai INP sebesar 69,22 dan 213,98, dan nilai INP tertinggi pada fase semai dimiliki oleh jenis tanaman kawatan (*Cynodondactylon*) yaitu 48,74. Pola tanam agroforestri kompleks memiliki nilai INP lebih tinggi karena jumlah jenis tanaman yang mendominasi lebih tinggi, dan tingkat kerapatan serta frekuensi lebih tinggi dibandingkan pola tanam agroforestri sederhana. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan preferensi petani dalam mengelola lahan, serta adanya perbedaan tempat tumbuh tanaman. Nilai INP berkaitan dengan dengan stok biomassa dan karbon tersimpan tanaman karena berhubungan dengan kerapatan tanaman.

Biomassa pada pola tanam agroforestri kompleks adalah 1628,96 ton/ha, sedangkan biomassa pada pola tanam agroforestri sederhana sebesar 757,89 ton/ha. Perbedaan nilai biomassa yang signifikan antara kedua pola tanam tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan jumlah dan jenis pohon, umur tegakan, kerapatan tajuk tanaman, dan intensitas cahaya matahari. Semakin tinggi karbon tersimpan pada tanaman maka stok karbon tersimpan tanaman juga akan semakin tinggi.

Pola tanam agroforestri kompleks dan agroforestri sederhana memiliki stok karbon tersimpan yang masuk dalam kategori baik, berdasarkan pernyataan dari IPCC. Karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri kompleks dua kali lebih besar dibandingkan nilai karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri sederhana. Masing-masing stok karbon tersimpan pada kedua pola tanam tersebut

adalah 765,61 ton/ha dan 356,21 ton/ha. Berdasarkan kondisi tersebut maka dapat dikatakan bahwa agroforestri kompleks dapat berkontribusi lebih besar dibandingkan dengan pola tanam agroforestri sederhana dalam meminimalisir efek pemanasan global melalui proses penyimpanan karbon, namun pola tanam agroforestri sederhana tetap memiliki peran terhadap penyimpanan karbon.

Aspek-aspek yang dipertimbangkan oleh petani Gapoktan Sinar Harapan sebagai persyaratan minimal dalam mengeliminasi alternatif jenis tanaman adalah orientasi produksi, waktu dan tenaga kerja, kondisi biofisik, pengetahuan, dan kemampuan investasi tanaman. Alasan petani dalam memilih jenis tanaman baik pada pola tanam agroforestri sederhana dan pola tanam agroforestri kompleks adalah pendapatan *cash*, produktivitas, kecepatan produksi, dan kemudahan pemanenan. Jenis tanaman utama yang dipilih oleh petani adalah kopi robusta (*Coffea robusta*), dengan kombinasi jenis tanaman kopi + jengkol, kemiri, petai pada pola tanam agroforestri sederhana, dan kopi + kemiri, alpokat, petai, jengkol, durian, pala pada pola tanam agroforestri kompleks. Petani yang memilih pola tanam agroforestri kompleks memiliki peran yang lebih besar dalam meminimalisir efek pemanasan global. Oleh sebab itu preferensi petani dalam penentuan jenis tanam yang akan di kelola merupakan hal yang penting dan berpengaruh terhadap nilai karbon tersimpan tanaman.

B. Saran

Perlu adanya kelembagaan yang berkaitan dengan pemilihan jenis tanaman dan pola tanam yang memiliki kemampuan menyimpan karbon dengan optimal dan efektif sebagai upaya mitigasi perubahan iklim di KPH Batutege. Kebijakan dalam pemilihan jenis tanaman harus mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi serta mempertimbangkan keputusan petani dalam memilih jenis tanaman yang disukai agar tercapai keberhasilan dalam penanaman. Selain itu, perlu adanya sosialisasi kepada petani terkait dengan dampak yang ditimbulkan dari fenomena pemanasan global dan kaitannya dengan hutan sehingga muncul kesadaran dan perhatian petani untuk terus mempertahankan kelestarian hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C., Indrawan, A., Supriyanto., Arifin, H.S. 2013. Kontribusi sistem agroforestri terhadap cadangan karbon di hulu DAS Kali Bekasi. *Jurnal Hutan Tropis*. 1(3): 242–249.
- Aditama, R.C., Kurniawan, N. 2013. Struktur komunitas serangga nokturnal areal pertanian padi organik pada musim penghujan di Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. *Jurnal Biotropika*. 1(4): 186-190.
- Agusalim, G., Marwah, S., Baco, L. 2020. Implementasi pembangunan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Unit X Tina Orima Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Perencanaan Wilayah PPS UHO*. 5(1): 1–12.
- Agustin, H.U., Rianto, W.H., Kusuma, H. 2018. Analisis pengaruh modal dan tenaga kerja terhadap efisiensi produksi genteng di Desa Sukorejo Kecamatan Gandusari Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Ilmu Ekonomi*. 2(2): 194-205.
- Agustiono, A., Sitorus, S.R.P., Kartodihardjo, H. 2014. Kajian perubahan penggunaan lahan untuk arahan penataan pola ruang kawasan Hutan Produksi Gedong Wani, Provinsi Lampung. *Jurnal Majalah Ilmiah Globe*. 16(1): 59–68.
- Alexandrov, G., Matsunaga, C. 2007. Routine checks of model consistency on terrestrial carbon sink components. *50-th Anniversary of the Global Carbon Dioxide Record - Symposium and Celebration*. 1-2.
- Alfatikha, M., Herwanti, S., Febryano, I.G., Yuwono, S.B. 2020. Identifikasi jenis tanaman agroforestri untuk mendukung ketahanan pangan rumah tangga di Desa Pulau Pahawang. *Journal of Forestry Research*. 3(2): 55-63.
- Ali, A., Dai, D., Akhtar, K., Teng, M., Yan, Z., Cardona, N.U., Mullerova, J., Zhou, Z. 2019. Response of understory vegetation, tree regeneration, and soil quality to manipulated stand density in a Pinus Massoniana Plantation. *Global Ecology and Conservation*. 20: 1-15.

- Ali, S.N. 2018. *Analisis Komitmen Indonesia Terkait Implementasi Paris Agreement pada COP (Conference of the Parties)*. Skripsi. Universitas Bosowa Makassar. Makassar. 56 halaman.
- Arianasari, V., Safe'i, R., Darmawan, A., Kaskoyo, H. 2021. Simpanan karbon sebagai salah satu indikator kesehatan hutan pada hutan rakyat (studi kasus di hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung). *Jurnal Belantar*. 4 (2): 164-175.
- Aulis, L.N., Nugroho, Y., Asyisyifa. 2020. Pengaruh kelas lereng terhadap kerapatan individu dan produksi biomassa tumbuhan bawah di KHDTK Mandiangin. *Jurnal Sylva Scientiae*. 3(1): 140-148.
- Amalia, Y., Amalia, V. 2017. Penerapan metode multi factor evaluation process untuk pemilihan tanaman pangan di Kabupaten Musi Rawas. *Jurnal Sisfo*. 7(1): 47-58.
- Ambarwati, A. 2019. *Pendugaan Cadangan Karbon di HKm Bina Wana Kecamatan Kebun Tebu Kabupaten Lampung Barat*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 70 halaman.
- Amin, N., Hasanuddin., Djufri. 2014. Portensi jenis tumbuhan di hutan kota Banda Aceh dalam mereduksi emisi CO₂. *Jurnal EduBio Tropika*. 2(2): 187-250.
- Aminah, L.N. 2018. *Analisis Kelembagaan Gapoktan di Kesatuan Pengelolaan Hutan IX Kota Agung Utara Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung*. Tesis. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 86 halaman.
- Aminah, L.N., Safe'i, R., Febryano, I.G. 2018. Institutional analysis of "Gapoktan" in the protected forest management unit area of North Kota Agung in Tanggamus Regency of Lampung Province. *Journal of Sylva Indonesia*. 1(1): 35-44.
- Anshori, M.F. 2014. *Analisis Keragaman Morfologi Koleksi Tanaman Kopi Arabika dan Robusta Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 halaman.
- Ansori, D.P. 2019. *Analisis Kesehatan Hutan Rakyat pada Beberapa Pola Tanam di Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 58 halaman.
- Aprianto, D. 2015. *Karbon Tersimpan pada Kawasan Sistem Agroforestry di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegi Kabupaten Tanggamus*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 72 halaman.

- Aprianto, D., Wulandari, C., Masruri, N.W. 2016. Karbon tersimpan pada kawasan sistem agroforestri di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegi Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 21-30.
- Asmani, N. 2012. Penyerapan emisi dan peningkatan pendapatan masyarakat sekitar kawasan hutan produksi yang terdegradasi melalui kegiatan agroforestri karet. *Prosiding Seminar Nasional PERHEPI*. 1-10.
- Azham, Z. 2015. Estimasi cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder, semak dan belukar di Kota Samarinda. *Jurnal AGRIFOR*. 16(2): 325-338.
- Bakri, A.W. 2021. *Karakteristik Sistem Agroforestri pada Program Hutan Kemasyarakatan Desa Betao Riase, Kecamatan Pitu Riawa, Kabupaten Sidenreng Raaolang*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar. 45 halaman.
- Bakri, S., Karomani., Ashaf, A.F. 2020. The role of extention participation on risk taking behavior of local elites and the coffe agroforestry farmer's income: a case study at Social Forest Community on Batutegi Forest Management Unit, Lampung Province. *Prosiding IOP Conference*. 1-8 halaman.
- Baliton, R.S., Wulandari, C., Landicho, L.D., Cabahug, R.E.D., Paelmo, R.F., Comia, R.A., Visco, R.G., Budiono, P. Herwanti, S., Rusita., Catillo, A.K.S. 2017. Ecological services of agroforestry landscapes in selected watershed areas in the Philippines and Indonesia. *Biotropia*. 24(1): 71-84.
- Bananiek, S., Abidin, Z. 2013. Faktor-faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi adopsi teknologi pengelolaan tanaman terpadu padi sawah di Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 16(2): 111-121.
- Berlin, S.W., Linda, R., Mukarlina. 2017. Pemanfaatan tumbuhan sebagai bahan pewarna alami oleh suku dayak bidayuh di Desa Kenaman Kecamatan Sekyam Kabupaten Sanggau. *Jurnal Protobiont*. 6(3): 303-309.
- Bhaskara, D.R. 2017. *Karbon Tersimpan pada Repong Damar Pekon Pahmungan Kecamatan Pesisir Tengah Kabupaten Pesisir Barat*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 73 halaman.
- Bhaskara, D.R. Qurniati, R., Duryat., Banuwa, I.S. 2018. Karbon tersimpan pada repong damar Pekon Pahmungan, Kecamatan Pesisir Tengah, Kabupaten Pesisir Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(2): 32-40.
- Bone, I., Salampessy, M.L., Febryano, I.G., Siahaya, M.E. 2018. Local knowledge community in the selection of shelter trees in dusung nutmeg: Case study on Hutumuri Village in Ambon City. *International Spices Conference*. 178-184.

- Boerhendhy, I., Amypalupy, K. 2010. Optimalisasi produktivitas karet melalui penggunaan bahan tanam, pemeliharaan, sistem eksploitasi, dan peremajaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*. 30 (1): 23-30.
- Bradford, J.B., Palik, B.J. 2009. A comparison of thinning methods in red pine: consequences for stand-level growth and tree diameter. *Canadian Journal of Forest Research*. 39(3): 489-496.
- Budiarso, A. 2019. *Kebijakan Pembiayaan Perubahan Iklim: Suatu Pengantar*. Buku. IPB Press. Bogor. 235 halaman.
- Budiman, M., Hardiansyah, G., Darwati, H. 2015. Estimasi biomassa karbon serasah dan tanah pada basal area tegakan meranti merah (*Shorea macrophylla*) di areal arboretum Universitas Tanjungpura Pontianak. *Jurnal Hutan Lestari*. 3(1): 98-107.
- Butarbutar, T. 2011. Agroforestri untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 9(1): 1-10.
- Camacho, L.D., Gevana, D.T., Carandang, T.P., Camacho, S.C. 2016. Indigenous knowledge and practices for the sustainable management of Ifugao forests in Cordillera, Philippines. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*. 1-9.
- Conway, M.T., Vecht, J.V. 2015. Growing a diverse urban forest: species selection decisions by practitioners planting and supplying trees. *Journal of Landscape and Urban Planning*. 138: 1-10.
- Danial., Ilham, W., Asyari, M. 2019. Pendugaan karbon tersimpan pada permukaan tanah di berbagai jalur hijau Kecamatan Banjarbaru Utara Kota Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae*. 2(4): 667-674.
- Dermawan, S.Y., Mega, I.M., Kusmiyarti, T.B. 2018. Evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) di Desa Pajahan Kecamatan Pupuan Kabupaten Tabanan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 7(2): 230-241.
- Destaranti, N., Sulistyani., Yani, E. 2017. Struktur dan vegetasi tumbuhan bawah pada tegakan pinus di RPH Kalirajut dan RPH Baturraden Banyumas. *Scripta Biologica*. 4(3): 155-160
- Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. 2018. *Presentasi Rencana Kerja Pembangunan Kehutanan Provinsi Lampung Tahun 2019 disampaikan dalam Rakorenbanghutda tanggal 22 Maret 2018*. Bandar Lampung.
- Diniyati, D., Achmad, B. 2015. Kontribusi pendapatan hasil hutan bukan kayu pada usaha hutan rakyat pola agroforestri di Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 9(1): 23-31.

- Dzulkipli., Matius, P., Boer, C. 2018. Keanekaragaman jenis pohon pada daerah karst Sangkulirang Mangkalihat Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*. 17(1): 47-54.
- Efendi, M., Sunoko., Henna, R., Sulistya., Widada. 2012. Kajian kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim berbasis daerah aliran sungai (studi kasus Sub DAS Garang Hulu). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1): 8-18.
- Efendy, L. 2021. Farmers' preference for innovation of salibu rice technology in Garut Regency, West Java – Indonesia. *International Journal of Innovative Science and Research Technologi*. 6-2: 644-649.
- Ekawati, S. 2013. Evaluation of the implementation of decentralization policy on production forest management. *Journal of Forestry Policy Analysis*. 10(3): 187-202.
- Elmore, A.J., Mustard, J.F., Manning, S.J., Lobell, D.B. 2000. Quantifying vegetation change in semiarid environments: precision and accuracy of spectral mixture analysis and the normalized difference vegetation index. *Remote Sensing of Environment*. 73(1): 87-102.
- Erly, H., Wulandari, C., Safe'i, R., Kaskoyo, H., Winarno, G,D. 2019. Keanekaragaman jenis dan simpanan karbon pohon di Resort Pemerihan, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2): 139-149.
- Fanuzia, A.F. 2013. *Kajian Pengambilan Keputusan Pemilihan Jenis Pohon dalam Pengelolaan Hutan Rakyat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 67 Halaman.
- Farmen, H., Panjaitan, P.B.P., Rusli, A.R. 2014. Pendugaan cadangan karbon diatas permukaan tanah di areal kampus Universitas Nusa Bangsa. *Jurnal Nusa Sylva*. 14 (1): 10-19.
- Fatimah, S., Sulistyowati, L., Suminartika, E., Djuwendah, E. 2017. Perspektif komunikasi penyesuaian petani terhadap perubahan iklim. *Prosiding Seminar Nasional dan Strategi Adaptasi Dampak Perubahan Iklim di Indonesi*. 63-69.
- Fathoni, K., Hasim, J.A.N., Fadholani, C., Hakkun, R.Y., Asmara, R. 2016. Visualisasi 3D Pembelajaran Penyebab Pemanasan Global Menggunakan Virtual Reality. *Jurnal Link*. 25(2): 16-20.
- Febryano, I.G. 2008. *Pengambilan Keputusan Pemilihan Jenis Tanaman dan Pola Tanam di Lahan Hutan Negara dan Lahan Milik*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 57 halaman.

- Febryano, I.G., Rusita., Yuwono, S.B. 2018. Keanekaragaman jensi pohon sebagai pendukung wisata Pendidikan berbasis Konservasi Gajah Sumatera. *Prosiding Seminar Nasional Biologi 2018*. 456-462.
- Feliciano, D., Ledo, A., Hillier, J., Nayak, D.R. 2018. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground benefit in different world regions. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 254: 117-129.
- Fermont, A., Benson, T. 2011. *Estimating Yield of Food Crops Grown by Smallholder Farmers*. International Food Policy Research Institute. 53 halaman.
- Fitria. A., Dwiyanto, G. 2021. Ekosistem mangrove dan mitigasi pemanasan global. *Jurnal Ekologi, Masyarakat, dan Sains*. 2(1): 29-34.
- Fithriyyah, D., Wulandari, E., Sendjaja, T.P. 2020. Knowledge level of farmers and the importance of coffee seedling attributes and accessibilities in Bandung Regency, West Java, Indonesia. *Pelita Perkebunan*. 36(3): 249-263.
- FORCLIME. 2014. *Pengarusutamaan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) dalam Kebijakan dan Pelaksanaan Perizinan Kehutanan*. Buku KPH Revisi ind. <http://www.forclime.org/documents/Books/Pengarusutamaan%20KPH.pdf>. 46 halaman.
- Ginoga, K., Djaenudin, D., Dharmawan, I.W.S. 2022. Peran standar instrument ketahanan bencana dan perubahan iklim di era Net Sink FOLU 2030 paska undang undang cipta kerja. *Standar: Better Standard Better Living*. 1(1): 5-12.
- Ginoga, A.G. 2022. Standar perencanaan pembangunan wilayah berbasis ekosistem hutan tropis mendukung pembangunan IKN. *Standar: Better Standard Better Living*. 1(2): 17-21.
- Hadi, E.E.W., Widyastuti, S.M., Wahyuono, S. 2016. Keanekaragaman dan pemanfaatan tumbuhan bawah pada sistem agroforestri di perbukitan Menoreh, Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 23(2): 206–215.
- Hadiyanto, H., Halim, M.A.R., Muhammad, F., Soeprbowati, T.R., Sularto, S. 2020. Potential for environmental services based on the estimation of reserved carbon in the Mangunharjo mangrove ecosystem. *Polish Journal of Environmental Studies*. 30(4): 3545-3552.
- Hafif, B., Prastowo, B., Prawiradiputra, B.R. 2014. Pengembangan perkebunan kopi berbasis inovasi di lahan kering masam. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 7(4): 199-206.

- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R.R., Rahayu, S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Buku. World Agroforestry Center-ICRAF. Bogor. 88 halaman.
- Hairiah, K., Rahayu, S. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre : ICRAF, SEA Regional Office. Universitas Brawijaya. Malang. 77 halaman.
- Hanafi, N., Afifah, I., Jariah. 2018. Cadangan karbon pada “kebun” di Kabupaten Katingan Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*. 5(2): 97-104.
- Hani, A., Encep, R. 2016. Pertumbuhan tanaman nyamplung sampai umur 4 (empat) tahun pada tiga pola tanam dan dosis pupuk di lahan pantai berpasir Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 5(2): 151–158.
- Hariato, S.P., Dewi, B.S. 2017. *Biodiversitas Fauna di Kawasan Budidaya Lahan Basah*. Buku. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 223 halaman.
- Hartoyo, A.P.P., Wijayanto, N., Karimatunnisa, T.A., Ikhfan, A.N. 2019. Keanekaragaman hayati vegetasi pada praktik agroforestri dan kaitannya terhadap fungsi ekosistem di Taman Nasional Meru Betiri, Jawa Timur. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(2): 145-157.
- Haryati, T., Mahyudin, I., Fithrian, A., Haris, A. 2014. Pendugaan potensi kebun karet rakyat sebagai cadangan karbon di Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmiah Bidang Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan*. 10(3): 150-156.
- Hatulesila, J.W., Wattimena, C.M.A., Siahaya, I. 2018. Study on measurement and determination of carbon pool in traditional agroforestry systems for handling climate change. *International Journal of Forestry and Horticulture (IJFH)*. 4(2): 14-24.
- Hernowo, B., Sulistya, E. 2014. *Operasionalisasi Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH): Langkah Awal Menuju Kemandirian*. Buku. PT. Kanisius. Jakarta. 368 halaman.
- Hidayat, M. 2017. Analisis vegetasi dan keanekaragaman tumbuhan di kawasan manifestasi geothermal IE SUUM Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik*. 5(2): 114-124.
- Humaira, A. 2021. *Peran Indonesia dalam Perdagangan Emisi Karbon (Carbon Trading) Dilihat dari Perspektif Hukum Internasional*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 105 halaman.

- Hutagaol, R.R. 2020. Potensi tumbuhan lokal di areal tembawang Desa Sukajaya Kabupaten Sintang. *Publikasi Informasi Pertanian*. 16(30): 61-76.
- Hutomo, B.A., Susetyo, C. 2019. Pola spasial produksi dan serapan emisi CO₂ primer pada sektor perumahan di Kecamatan Sukomanunggal. *Jurnal Teknik ITS*. 8(2): 108–115.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Buku. PT Bumi Aksara. Jakarta. 224 halaman.
- Insusanty, E., Ikhwan, M., Sadjati, E. 2017. Kontribusi agroforestri dalam mitigasi gas rumah kaca melalui penyerapan karbon. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(3): 181-187.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Buku. Cambridge University Press. Cambridge. 863 halaman.
- Irsadi, A., Martuti, N.K.T., Nugraha, S.B. 2017. Estimasi stok karbon mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 15(2): 119-127.
- Irwandi. 2013. *Preferensi dan Kepuasan Petani terhadap Pola Tanam Padi dengan Sistem Jurong (Legowo) di Gampong Ie Beudoh Kecamatan Seunagan Timur Kabupaten Nagan Raya*. Skripsi. Universitas Teuku Umar. Meulaboh. 47 halaman.
- Irwanto. 2007. Analisis vegetasi untuk pengelolaan kawasan hutan lindung Pulau Marsegu, Kabupaten Seram Bagian Barat Provinsi Maluku. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 8 (2): 20-25.
- Isdhiartanto, E. 2014. *Evaluasi Pengelolaan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Yogyakarta Kasus Bagian Daerah Hutan Playen Kabupaten Gunung Kidul*. Tesis. Magister Perencanaan Kota dan Daerah Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Izza, Q., Kurniawan, N. 2014. Eksplorasi jenis-jenis amfibi di kawasan OWA Cangar dan air terjun Watu Ondo, Gunung Welirang, TAHURA R.Soerjo. *Jurnal Biotropika*. 2(2): 103-108.
- Jelliani., Maifianti, K.S., Kriswanto. 2020. Analisis perilaku pasar Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit perkebunan rakyat di Kecamatan Darul Makmur Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Bisnis Tani*. 6(2): 83-97.
- Jaymansyah., Alidar, E. 2018. Pengrusakan hutan dalam undang-undang nomor 18 tahun 2013 tentang pencegahan dan pemberantasan perusakan hutan. *Jurnal Justisia*. 3(1): 1-29.

- Julijanti, J., Nugroho, B., Kartodihardjo, H., Nurrochmat, D.R. 2015. Proses operasionalisasi kebijakan kesatuan pengelolaan hutan: perspektif teori difusi inovasi. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 12(1): 67–88.
- Kamaruddin, Z.K., Rondonuwu, S.B., Maabuat, P.V. 2016. Keragaman lamun (*seagrass*) di pesisir Desa Lihunu Pulau Bangka Kecamatan Likupang Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unsrat Online*. 5(1): 20-24.
- Kholifah, U.N., Wulandari, C., Santoso, T., Kaskoyo, H. 2017. Kontribusi agroforestri terhadap pendapatan petani di Kelurahan Sumber Agung Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 39-47.
- Komalasari, E. 2018. *Kajian Pengetahuan Ekologi Lokal Petani Pengelola Agroforestri terhadap Kualitas Tanah di KHDTK-UB, Karangploso Kabupaten Malang*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang. 68 halaman.
- Lestari, R.N. 2017. *Analisis Karbon di Atas Tanah Sebagai Indikator Kesehatan Hutan Lindung Register 25*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 58 halaman.
- Lukito, M. 2013. Estimasi biomassa dan karbon tanaman jati berumur 5 tahun (kasus kawasan hutan tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembeyan Kabupaten Magetan). *Agri-Tek Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*. 14(1): 1-23.
- Maizaldi., Amin, B., Samiaji, J. 2019. Estimasi jumlah stok karbon yang tersimpan di lahan basah Desa Sungai Tohor Kecamatan Tebing Tinggi Timur Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia*. 6(2): 60-66.
- Malahayati, D.M., Cahyono, E.D. 2017. Faktor kesesuaian dengan kebutuhan petani dalam keputusan adopsi inovasi pola tanam jajar legowo (studi kasus petani padi di Kecamatan Widang, Kabupaten Tuban). *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 1 (1): 56-61.
- Malau, Y.D.P., Rahmawati., Riswan. 2012. Pendugaan cadangan karbon Above Ground Biomass (AGB) pada tegakan agroforestri di Kabupaten Langkat. *Jurnal Peronema Forestry Science*. 2(1): 106-110
- Mandari, D.Z., Gunawan, H., Isda, M.N. 2016. Penaksiran biomassa dan karbon tersimpan pada ekosistem hutan mangrove di Kawasan Bandar Bakau Dumai. *Jurnal Riau Biologia* 1(3): 17–23.
- Mansur, M. 2012. Potensi serapan karbon dioksida (CO₂) pada beberapa jenis tumbuhan lantai hutan dari suku araceae di Taman Nasional Gunung Halimun. *Jurnal Biologi Indonesia*. 8(2): 269–278.

- Manuri, S., Putra, C.A.S., Saputra, A.D. 2011. *Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan*. Buku. Merang REDD Pilot Project - German International Cooperation (MRPP-GIZ). Palembang. 91 halaman.
- Mardiatmoko, G., Pietersz, J.H., Boreel, A. 2014. *Ilmu Ukur Kayu dan Inventarisasi Hutan*. Buku. Badan Penerbit Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Ambon. 158 halaman.
- Mardiyanti, D.E., Wicaksono, K.P., Baskara, M. 2013. Dinamika keanekaragaman spesies tumbuhan pasca pertanaman padi. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 24-35.
- Maridi., Saputri, A., Agustina, P. 2015. Analisis struktur vegetasi di Kecamatan Ampel Kabupaten Boyolali. *BIOEDUKASI*. 8(10): 28-42.
- Maryanto, M.A., Nabiu, M., Widiono, S. 2012. Faktor-faktor yang mempengaruhi petani dalam alih komoditi kopi (*Coffea sp*) ke kakao (*Theobroma cacao l.*) di Desa Terap Kecamatan Jarai Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. *AGRISEP*. 11(2): 133-144.
- Masripatin, N., Ginoga, K., Wibowo, A., Dharmawan, W.S., Siregar, C.A., Lugina, M., Indartik, Wulandari, W., Subekti, B., Apriyanto, D., Subekti, B., Puspasari, D., Utomo, A.S. 2010. *Pedoman Pengukuran Karbon untuk Mendukung Penerapan REDD+ di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor. 40 halaman..
- Mayrowani, H., Ashari, N. 2016. Pengembangan agroforestry untuk mendukung ketahanan pangan dan pemberdayaan petani sekitar hutan. *Jurnal Forum penelitian Agro Ekonomi*. 29(2): 83-98.
- Mota, G.D.S., Luz, G.R.D., Mota, M.N., Coutinho, E.S., Veloso, M.D.D.M., Fernandes, G.W., Nunes, Y.R.F. 2017. Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in South-Eastern Brazil. *FLORA*. 238: 32-42.
- Mulyana, L., Febryano, I.G., Safe'i, R., Banuwa, I.S. 2017. Performa pengelolaan agroforestri di wilayah Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Rajabasa. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(2): 127-133.
- Muthulingam, U., Thangavel, S. 2012. Density, diversity and richness of woody plants in urban green spaces: a case study in Chennai Metropolitan City. *Urban Forestry & Urban Greening*. 11(4): 450-459.
- Mulyanie, E. 2016. Partisipasi masyarakat dalam pelestarian kawasan konservasi hutan di Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Geografi*. 4(1): 1-14.

- Nadeak, N., Qurniati, R., Hidayat, W. 2013. Analisis finansial pola tanam agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 65-74.
- Nady, N. 2018. *Keragaman Vegetasi pada Areal Lahan Tambang Emas di Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya*. Skripsi. Universitas Siliwangi. Tasikmalaya. 65 halaman.
- Nashrulloh, M.F. 2019. *Analisis Vegetasi Pohon di Cagar Alam Gunung Abang Kabupaten Pasuruan*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 154 halaman.
- Natalia, D., Yuwono, S.B., Qurniati, R. 2014. Potensi penyerapan karbon pada sistem agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 2 (1): 11-20.
- Nedhisa, P.I., Tjahjaningrum, T. 2019. Estimasi biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan persamaan Allometrik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 8(2): 61-65.
- Ningsih, R.R. 2019. *Cadangan Karbon Tersimpan pada Berbagai Bentuk Penggunaan Lahan di Sub-Sub DAS Khilau Sub DAS Bulok DAS Sekampung*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 43 halaman.
- Ningsih, R.R., Banuwa, I.S., Duryat., Yuwono, S.B. 2021. Karbon tersimpan di tata guna lahan sub-sub DAS Khilau DAS Sekampung. *Jurnal Hutan Tropis*. 9(1): 75-87.
- Nofrianto., Ratnaningsih, A.T., Ikhwan, M. 2018. Pendugaan potensi karbon tumbuhan bawah dan serasah di arboretum Universitas Lancang Kuning. *Jurnal Kehutanan*. 13(2): 144-155.
- Novasari, D. 2019. *Sistem Pengelolaan Hutan dan Perubahan Tutupan Lahan pada Lahan Hutan Kemasyarakatan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegi*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 51 halaman.
- Novasari, D., Qurniati, R., Duryat. 2020. Keragaman jenis tanaman pada sistem pengelolaan hutan kemasyarakatan. *Jurnal Belantara*. 3(1): 41-47.
- Novayanti, D., Banuwa, I.S., Safe'i, R., Wulandari, C. 2017. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi persepsi masyarakat dalam pembangunan hutan tanaman rakyat pada KPH Gedong Wani. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 9(2): 61-74.
- Noviyanti, R.E., Wulandari, C., Qurniati, R. 2016. Kompetensi sumber daya manusia pada Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi di Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 11-20.

- Nuranisa, S., Sudiana, E., Yani, E. 2020. Hubungan umur dengan stok karbon pohon duku (*Lansium parasiticum*) di Desa Kalikajar Kecamatan Kaligondang Kabupaten Purbalingga. *Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2(1): 146-151.
- Nurdiani, N. 2014. Teknik sampling snowball dalam penelitian lapangan. *ComTech*. 5(2): 1110-1118.
- Nuriati, I., Ginting, B.S., Maulita, Y. 2021. Sistem pendukung keputusan pemilihan jenis tanaman pangan berdasarkan kondisi tanah dengan metode Moora. *Prosiding Seminar Nasional Informatika*. 285-294.
- Octavia, D., Yeny, I., Ginoga, K.L. 2020. *Pengelolaan Hutan Secara Partisipatif Menuju KPH Hijau untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*. Buku. Grup Penerbit CV Budi Utama. Yogyakarta.
- Olivi, R., Qurniati, R., Firdasari. 2015. Kontribusi agroforestri terhadap pendapatan petani di Desa Sukoharjo 1 Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 1–12.
- Pambudi, P.A., Rahardjanto, A., Nurwidodo., Husamah. 2017. Analisis serapan karbondioksida (CO₂) tumbuhan di Blok Puyer Kawasan Ranu Pani Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) pada Tahun 2016. *Prosiding Seminar Nasional III*. 277-282.
- Pamoengkas, P., Zamzam, A.K. 2017. Komposisi functional species group pada sistem silvikultur tebang pilih tanam jalur di area IUPHHK-HA Pt. Sarpatim, Kalimantan Tengah. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 8(3): 160-169.
- Pamungkas, A.G. 2022. Standar perencanaan pembangunan wilayah berbasis ekosistem hutan tropis mendukung pembangunan IKN. *Standar: Better Standard Better Living*. 1(2): 17-21.
- Papilo, P., Kunaifi., Erliza, H., Nurmiati., Pari, R.F. 2016. Penilaian potensi biomassa sebagai alternatif energi kelistrikan. *Jurnal PASTI*. 9(2): 164-176.
- Partiwi, A. 2019. Pengenalan pemicu pemanasan global menggunakan teknologi augmented reality berbasis desktop. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*. 24 (100): 49–61.
- Perdinan., Boer, R., Kartikasari, K. 2008. Linking climate change adaptation options for rice production and sustainable development in Indonesia. *AGROMET*. 22(2): 94-108.
- Pramulya, R. 2021. *Desain Sistem Pertanian dan Agroindustri Kopi Arabika Gayo Berkelanjutan di Provinsi Aceh*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 227 halaman.

- Prasetyo, A.D., Indriyanto., Riniarti, M. 2019. Jenis-jenis tanaman di lahan garapan petani KPH Wana Makmur dalam Tahura Wan Abdul Rachman. *EnviroScienteeae*. 15(2): 154-165.
- Prasmatiwi, F.E., Lestari, D.A.H., Ismono, R.H., Nurmayasari, I., Evizal, R. 2020. Penentuan harga pokok produksi dan pendapatan usaha tani kopi di Kecamatan Bulok Kabupaten Tanggamus. *Journal of Tropical Upland Resources*. 2(1): 140-149.
- Prataman, R. 2019. Efek rumah kaca terhadap bumi. *Jurnal Buletin Utama Teknik*. 14(2): 120-126.
- Pratama, F.R., Arifin, Y.F., Fitriani, A. 2021. Studi komposisi, struktur, dan asosiasi tumbuhan sekitar pasak bumi (*Eurycoma longifolia*) di areal IUPHHK PT. Austral Byna Kalimantan Tengah. *Jurnal Sylva Scientiae*. 4(1): 72-83.
- Pratiwi, L., Safe'i, R. 2018. Penilaian vitalitas pohon jati dengan forest health monitoring di KPH Balapulang. *Jurnal Ecogreen*. 4(1): 9-15.
- Pratiwi, G.A., Fachri, Y. 2017. Kepentingan the Unites Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) memiliki World Bank sebagai pemegang dana the Green Climate Fund. *JOM Fisip*. 4(1): 1-14.
- Prihatmaji, Y.P., Fauzy, A., Rais, S., Firdaus, F. 2016. Analisis carbon footprint gedung perpustakaan pusat, rektorat, dan lab. FMIPA UI berbasis vegetasi eksisting sebagai pereduksi emisi gas rumah kaca. *Asian Journal of Innovation dan Entrepreneurship*. 1 (2): 148-155.
- Purwanto, R.H. 2012. Potensi biomassa dan simpanan karbon jenis-jenis tanaman berkayu di hutan rakyat Desa Nglanggeran, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *urnal Ilmu Kehutanan*. 4(1): 128-141.
- Putriani, D., Afliansyah, E.P., Karsina, M., Walid, A. 2020. Penurunan kandungan zat besi dalam air sumur galian dengan menggunakan Metode Aerasi. *Jurnal Terapan Informatika Nusantara*. 1(3): 133-136.
- Puspasari, E., Wulandari, C., Darmawan, A., Banuwa, I.S. 2017. Aspek sosial ekonomi pada sistem agroforestri di areal kerja Hutan Kemasyarakatan (HKm) Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 95-103.
- Puspita, N.T. 2019. *Modal Sosial Masyarakat Pengelola Hutan Kemasyarakatan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegi*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 61 halaman.

- Puspita, N.T., Qurniati, R., Febryano, I.G. 2020. Modal sosial masyarakat pengelola hutan kemasyarakatan di kesatuan pengelolaan hutan Batuteги. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 54-64.
- Putri, A.H.M., Wulandari, C. 2015. Potensi penyerapan karbon pada tegakan damar mata kucing (*Shorea javanica*) di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 13-20.
- Qistina, I., Sukandar, D., Trilaksono. 2016. Kajian kualitas briket biomassa dari sekam padi dan tempurung kelapa. *Jurnal Kimia Valensi*. 2(2): 136-142.
- Rani, F. 2012. Strategi pemerintah Indonesia dalam meningkatkan keamanan wilayah perbatasan menurut perspektif sosial pembangunan. *Jurnal Transnasional*. 4(1): 1-17.
- Ratnaningsih, A.T., Suwarno, E., Insusanty, E. 2014. Potensi karbon pada beberapa tipe vegetasi di Hutan Tanaman Industri. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(2): 43-55.
- Rajagukguk, C.P. 2018. *Pemilihan Jenis Tanaman dan Pola Tanam pada Pengelolaan Agroforestri di Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 49 halaman.
- Rajagukguk, C.P., Febryano, I.G., Herwanti, S. 2018. Perubahan komposisi jenis tanaman dan pola tanam pada pengelolaan agroforestri damar. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(3): 18-27.
- Rendra, T., Duryat., Bintoro, A. 2018. Analisis vegetasi di Blok Inti Hutan Lindung Register 21 kesatuan pengelolaan hutan XI Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 5(1): 57-66.
- Ristiara, L., Hilmanto, R., Duryat. 2017. Estimasi karbon tersimpan pada Hutan Rakyat di Pekon Kelungu Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(1): 128-138.
- Riswakhyuningsih, T. 2015. *Pengembangan Suplemen Bahan Ajar Pemanasan Global Berwawasan Konservasi*. Tesis. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 206 halaman.
- Rizki, G. M., Bintoro, A., Hilmanto, R. 2016. Perbandingan emisi karbon dengan karbon tersimpan di hutan rakyat Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 89-96.
- Rofiatul A, L. 2019. *Buruh Perempuan Kebun Kopi Kalibendo dalam Meningkatkan Kesejahteraan Keluarga*. Skripsi. Universitas Jember. Jember. 101 halaman.

- Rohana, S., Wulandari, C., Yuwono, S.B. 2016. Peningkatan kualitas dan kuantitas sumber daya manusia pada Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Batuteги dan Kota Agung Utara di Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 31-40.
- Rosadi, E., 2019. *Pengaruh Modal dan Tenaga Kerja Terhadap Pendapatan Bersih Perusahaan dalam Perspektif Ekonomi Islam (Studi pada Home Industri Krupuk Kemplang Skip Rahayu Kec. Bui Waras Teluk Betung Kota Bandar Lampung)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Bandar Lampung. 130 halaman.
- Roziaty, E., Pratiwi, Y. 2020. Keanekaragaman spesies dalam sistem agroforestri di Desa Surajaya Kecamatan Pemalang Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Bioeksperimen*. 6(2): 76-88.
- Ruchyansyah, Y. 2018. *Pengaruh pola Budidaya pada Hutan Kemasyarakatan di Areal Kelola KPH VIII Batuteги terhadap Kesuburan Tanah dan Pendapatan Petani*. Tesis. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 92 halaman.
- Ruchyansyah, Y., Wulandari, C., Riniarti, M. 2018. Pengaruh pola budidaya pada Hutan Kemasyarakatan di areal kelola KPH VIII Batuteги terhadap pendapatan petani dan kesuburan tanah. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 100–106.
- Ruhimat, I.S. 2010. Efektivitas implementasi kebijakan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) di Kabupaten Banjar. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 7(3): 169–178.
- Ruhimat, I.S. 2015. Model peningkatan kapasitas petani dalam pengelolaan hutan rakyat: studi di Desa Ranggung, Kalimantan Selatan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 4(1): 11-21.
- Rusdiana, O., Lubis, R.S. 2012. Pendugaan korelasi antara karakteristik tanah terhadap cadangan karbon (*carbon stock*) pada hutan sekunder. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 3(1): 14-21.
- Safe'i, R., Febryano, I.G., Aminah, L.N. 2018. Pengaruh keberadaan gapoktan terhadap pendapatan petani dan perubahan tutupan lahan di hutan kemasyarakatan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial dan Humaniora*. 20(2): 109-114.
- Safitri, E. Arif, E., Asmawi. 2021. Penggunaan media sosial dalam penyuluhan pertanian di Kecamatan Tiumbang Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Niara*. 13(2): 92-101.
- Sahupala, Z.F.Y., Mardiatmoko, G., Kastanya, A. 2018. Analisis lahan kritis pada KPHL Unit XIV Kota Ambon. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 2(2): 188–195.

- Sakiroh., Sobari, L., Herman, M. 2011. Pertumbuhan, produksi, dan cita rasa kopi pada berbagai tanaman penayang. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Kopi*. 157-166.
- Salampessy, M.L., Febryano, I.G., Zulfiani, D. 2017. Bound by debt: nutmeg trees and changing relations between farmers and agents in a Moluccan agroforestry system. *Journal Forest and Society*. 1(2): 137-143.
- Salampessy, M.L., Febryano, I.G., Bone, I. 2017. Pengetahuan ekologi masyarakat lokal dalam pemilihan pohon pelindung pada sistem agroforestri tradisional "dusung" pala di Ambon. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 14(2): 135-142.
- Saninov, A.A., Alamsyah, Z., Suryani, M. 2012. Optimasi pola tanam hortikultura di Desa Rantau Makmur Kecamatan Berbak Kabupaten Tanjung Jabung Timur. *Jurnal Sosio Ekonomika Bisnis*. 12(02): 1–8.
- Sanjaya, R., Wulandari, C., Herwanti, S. 2017. Evaluasi pengelolaan Hutan Kemasyarakatan (HKM) pada Gabungan Kelompok Tani Rukun Lestari Sejahtera di Desa Sindang Pagar Kecamatan Sumberjaya Kabupaten Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(2): 30-42.
- Santoso, T., Riniarti, M., Febryano, I.G. 2017. Identifikasi perubahan tutupan dan penggunaan lahan sebagai dasar penentuan strategi pengelolaan KPHP Way Terusan. *Jurnal Ilmiah Bidang Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan*. 13(3): 208-217.
- Saputri, N.A. 2017. *Inventarisasi Semut di Kawasan Resort Habaring Hurung Taman Nasional Sebangau Palangka Raya*. Skripsi. Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya. 78 halaman.
- Saragih, J.R. 2017. Sistem usaha tani kopi arabika berpelindung sebagai strategi konservasi lahan di Sumatera Utara. *Sarasehan Forum DAS*. 1-12.
- Sarvina, Y., June, T., Surmaini, E., Surmaini, E., Nurmalina, R., Hadi, S.S. 2020. Strategi peningkatan produktivitas kopi serta adaptasi terhadap variabilitas dan perubahan iklim melalui kalender budidaya. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 14(2): 65-78.
- Septiawan, W., Indriyanto., Duryat. 2017. Jenis tanaman, kerapatan, dan stratifikasi tajuk pada hutan kemasyarakatan Kelompok Tani Rukun Makmur 1 di Register 30 Gunung Tanggamus, Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(2): 88–101.
- Setiawan, A.H. 2017. *Optimasi Pola Tanam Menggunakan Program Linier (Waduk Batutegei, DAS Way Sekampung, Lampung)*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 129 halaman.

- Setiawan, E. 2009. Kearifan lokal pola tanam tumpangsari di Jawa Timur. *Jurnal Agrovigor*. 2(2): 79–88.
- Setiawan, R., Febryano, I.G., Bintoro, A. 2018. Partisipasi masyarakat pada pengembangan agroforestri dalam program kemitraan di KPH Unit XIV Gedong Wani. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(3): 56-63.
- Siarudin, M., Indrajaya, Y. 2014. Struktur tegakan dan cadangan karbon hutan rakyat pola agroforestry manglid (Bl.) *manglietia glauca* di Tasikmalaya, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Agroforestry*. 2(1): 45-56.
- Simamora, T., Luik, R. 2019. Tingkat kompetensi teknis petani dalam berusahatani singkong (kasus Kelompok Mekar Tani Desa Cibanteng Kecamatan Ciampea Kabupaten Bogor). *Jurnal Agribisnis Lahan Kering*. 4(4): 53-55.
- Simarmata, G.B., Qurniati, R., Kaskoyo, H. 2018. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemanfaatan lahan taman hutan raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(2): 60-67.
- Siregar, R. 2018. *Jenis Tanaman MPTs (Multy Purpose Tree Spesies) di Daerah Kecamatan Padang Balak dan Barumun Tengah*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 47 halaman.
- Sobari, L., Sakiroh., Purwanto, E.H. 2012. Pengaruh jenis tanaman penabung terhadap pertumbuhan dan persentase tanaman berbuah pada kopi arabika varietas kartika 1. *Buletin RISTR*. 3(3): 2017-222.
- Sobirin, M. 2010. *Pendugaan Karbon Tersimpan di Atas Permukaan di Arboretum Universitas Lampung*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 78 halaman.
- Soltani, A., Sankhayan, P.L., Hofstad, O. 2015. A recipe for co-management of forest and livestock-results of bio-economic model at a village level in Iran. *Agricultural System*. 140: 74-86.
- Suanda, D.K. 2016. *Pengaruh Kerapatan Tanaman Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine max L. Merr)*. Universitas Udayana. Denpasar. 12 halaman.
- Sugirahayu, L., Rusdiana, O. 2011. Perbandingan simpanan karbon pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 2(3): 149–155.
- Suharjito, D. 2011. Tradisi dan perubahan budidaya pohon di Desa Rambahan Kuansing dan Desa Ranggung Tanah Laut. *Jurnal Manajemen Hutan*. 17(3): 95-102.

- Suhendang, E. 2013. *Pengantar Ilmu Kehutanan: Kehutanan sebagai Ilmu Pengetahuan, Kegiatan dan Bidang Pekerjaan*. Buku. PT. Penerbit IPB Press. 317 halaman.
- Sujatmoko, S. 2022. Potret penerapan standar instrument Karhutla. *Standar: Better Standard Better Living*. 1(2): 57-59.
- Sukmawati, W., Arkeman, Y., Maarif, S. 2014. Inovasi sistem agroforestry dalam meningkatkan produktivitas karet alam. *Jurnal Teknik Industri*. 4(1): 58–64.
- Sultan, S. 2019. *Tingkat Pengetahuan Sikap dan Keterampilan Petani terhadap Tanaman Kedelai di Desa Toabo Kecamatan Papalang Kabupaten Mamuju*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 59 halaman.
- Sumarlan, Sumardjo, Tjitropranoto, P., Gani, D.S. 2012. Peningkatan kinerja petani sekitar hutan dalam penerapan sistem agroforestri di Pegunungan Kendeng Pati. *Jurnal Agro Ekonomi*. 30(1): 25–39.
- Sumilia. 2019. *Produktivitas Berbagai Sistem Agroforestri Berbasis Kakao di Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat*. Tesis. Universitas Andalas. Padang. 130 halaman.
- Supriadi, H., Pranowo, D. 2015. Prospek pengembangan agroforestri berbasis kopi di Indonesia. *Jurnal Perspektif*. 14(2): 135–150.
- Suryandari, E.Y., Sylviani, S. 2012. Kajian implementasi kebijakan organisasi Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) di daerah (studi kasus KPH Banjar, Kalimantan Selatan dan KPH Lalan Mangsang Mendis, Sumatera Selatan). *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 9(2): 114–130.
- Suryandari, P., Astiani, D., Dewantar, I. 2019. Pendugaan karbon tersimpan pada tegakan di kawasan Arboretum Sylva Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*. 7(1):m114-112.
- Suryono., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., Rozy, E.F. 2018. Estimasi kandungan biomassa dan karbon di hutan mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(1): 1-8.
- Susanti, L.W. 2008. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengambilan Keputusan Petani dalam Penerapan Pertanian Padi Organik di Desa Sukorejo Kecamatan Sambirejo Kabupaten Sragen*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 68 halaman.
- Suwardi, A.B., Mukhtar, E., Syamsuardi, S. 2013. Komposisi jenis dan cadangan karbon di hutan tropis dataran rendah, Ulu Gadut, Sumatera Barat. *Berita Biologi*. 12(2): 169–176.

- Suwarno, E. 2015. Apakah KPH dapat memperbaiki tata kelola hutan Indonesia? *Jurnal Kehutanan*. 10(2): 1–15.
- Syamsudin., Aryadi, M., Prihatiningtyas. 2019. Kontribusi pendapatan masyarakat dari sistem agroforestri di KHDTK Unlam. *Jurnal Sylva Scientiae*. 2(3): 519-528.
- Tang, J.W., Yin, J.X., Qi, J.F., Jepsen, M.R., Lu, X.T. 2012. Ecosystem carbon of tropical forest over limestone in Xishuangbanna, SW China. *Journal of Tropical Forest*. 24(3): 399-407.
- Tangio, J.S. 2013. Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*. 8(1): 500–506.
- Thomson, T. 2008. Forestry and climate change (commentary). *Journal of Forestry*. 106(3): 115-117.
- Tirono, M., Sabit, A. 2011. Efek suhu pada proses pengarangan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*. 3(2): 143–152.
- Tiurmasari, S., Hilmanto, R., Herwanti, S. 2016. Analisis vegetasi dan tingkat kesejahteraan masyarakat pengelola agroforestri di Desa Sumber Agung Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(3): 71-82.
- Tjatjo, N.T., Basir, M., Umar, H. 2015. Karakteristik pola agroforestri masyarakat di sekitar hutan Desa Namo Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*. 4(3): 55–64.
- Triwanto, J., Syarifuddin, A., Muttaqin, T. 2013. Aplikasi agroforestry di Desa Mentaraman Kecamatan Donomulyo Kabupaten Malang. *Jurnal Dedikasi*. 9: 13–21.
- Tuah, N., Sulaeman, R., Yoza, D. 2017. Penghitungan biomassa dan karbon di atas permukaan tanah di hutan larangan adat Rumbio Kab Kampar. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*. 4(1): 1-10.
- UPTD KPH Batutegi. 2013. *Rencana Pengelolaan Jangka Panjang 2013-2023*. Buku. Bandar Lampung. 67 halaman.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., Yani, E. 2017. Analisis biomassa dan cadangan karbon pada berbagai umur tegakan damar (*Agathis dammara (lamb.) Rich.*) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*. 4(2): 119-124.
- Vebri P.O., Dibah, F., Yani, A. 2017. Asosiasi dan pola distribusi tengkawang (*Shorea Spp*) pada hutan Tembawang Desa Nanga Yen Kecamatan Hulu Gurung Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Hutan Lestari*. 5(3): 704-413.

- Wahyuni, N.I. 2014. Korelasi indeks nilai penting terhadap biomassa pohon di kawasan taman nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara. *Prosiding Seminar Rehabilitasi dan Restorasi Kawasan Hutan Menyongsong 50 Tahun*. 1(9): 113- 124.
- Warsono., Soetriono., Januar, J. 2014. Strategi pemberdayaan masyarakat sekitar hutan konservasi taman wisata alam Gunung Baung dalam upaya mengurangi perambahan hutan. *Journal of Social and Agricultural Economics*. 7(2). 62-75.
- Wiartha, R., Astiani, D., Indrayani, Y., Muliah, F. 2017. Pendugaan jumlah karbon tersimpan pada tegakan jenis bakau (*Rhizophora Apiculata Bl*) di IUPHHK PT. Bina Ovivipari Semesta Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hutan Lestari*. 5(2): 356-364.
- Wibowo, A., Samsuedin, I., Nurtjahjawilasa., Subarudi., Muttaqin, Z. 2013. *Petunjuk Praktis Menghitung Cadangan Karbon Hutan*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Bogor. 30 halaman.
- Widiyanto, A. 2011. Mitigasi perubahan iklim melalui agroforestri: sebuah perspektif. *Balai Penelitian Agroforestri*. 1-11.
- Wijana, N. 2013. Pengelolaan hutan berbasis kearifan lokal di Desa Tigawasa, Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng. *Prosiding Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III*. 226-232.
- Wijaya, E., Nopiandri, K., Habiburrokhman. 2017. Dinamika upaya melakukan sinergi antara hukum perdagangan internasional dan hukum lingkungan. *Jurnal Hukum dan Peradilan*. 6(3): 487-508.
- Windari, C., Setiawan, A., Rusita. 2018. Estimasi karbon tersimpan pada hutan mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 66-74.
- Winarni, S., Yuwono, S.B., Herwanti, S. 2016. Struktur pendapatan, tingkat kesejahteraan dan faktor produksi agroforestri kopi pada kesatuan pengelolaan hutan lindung Batutegi (studi di gabungan kelompok tani Karya Tani Mandiri). *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 1–10.
- Wirosoedarmo, R., Widyatmono, B.R., Muamanah, S. 2016. Optimasi pola tanam dengan menggunakan program linier (studi kasus daerah irigasi Mrican Kiri). *Jurnal Sumber daya Alam dan Lingkungan*. 3 (3): 8-15.
- Wulandari, C., Novriyanti., Iswandaru, D. 2021. Integrating ecological, social, and policy aspect to develop peatland restoration strategies in Orang Kayo Hitam Forest Park, Jambi, Indonesia. *Jurnal Biodiversitas*. 22(10): 4158-4168.

- Wulandari, C. 2021. Identifying climate change adaptation efforts in the Batutege Forest Management Unit, Indonesia. *Jurnal Forest and Society*. 5(1): 48-59.
- Wulandari, C., Bakri, S., Idayanti, P., Zhafira, G., Ghifari, Y.G., Febryano, I.G., Herwanti, S., Budiono, P. 2021. Roles of rubber agroforestry to support the sustainability of protection forest through Community Forestry Program in Lampung Province, Indonesia. *Prosiding Seminar Internasional RUBIS*. 1-14.
- Wulandari, C., Harianto, S.P., Novasari, D. 2020. *Pengembangan Agroforestri yang Berkelanjutan*. Pusaka Media. Bandar Lampung. 73 halaman.
- Yamani, A. 2013. Studi kandungan karbon pada hutan alam sekunder di Hutan Pendidikan Mandiangin Fakultas Kehutanan UNLAM. *Jurnal Hutan Tropis*. 1(1): 85-91.
- Yanis, M.N., Guchi, H., Sembiring, M. 2014. Evaluasi kesesuaian lahan Kabupaten Dairi untuk tanaman kopi robusta (*Coffea robusta Lindl.*). *Jurnal Online Agroteknologi*. 2(4): 1464-1478.
- Yulian, R., Hilmanto, R., Herwanti, S. 2016. Nilai tukar pendapatan rumah tangga petani agroforestri di Hutan Kemasyarakatan Bina Wana Jaya I Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutege Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(2): 39-50.
- Yunica, R., Febryano, I.G., Qurniati, R., Wulandari, C. 2017. Modal sosial dalam pengelolaan agroforestri di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Rajabasa. *Prosiding Seminar Nasional Dies Natalis Fakultas Kehutanan Usu ke-18*. 1-14.
- Yunita, L. 2016. Pendugaan cadangan karbon tegakan meranti (*Shorea leprosula*) di hutan alam pada area Silin PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*. 4(2): 187-197.
- Zakaria, A., Aditiawati, P., Rosmiati, M. 2017. Strategi pengembangan usaha tani kopi arabika (kasus pada petani kopi di Desa Suntenjaya Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Sositoteknologi*. 16(3): 325-339.