

**KOMPOSISI VEGETASI DAN POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA
BERBAGAI KEMIRINGAN LAHAN AGROFORESTRI
(Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kecamatan
Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus)**

Oleh

**Rahmat Syahrul Ramadhan
1914151094**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KOMPOSISI VEGETASI DAN POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA BERBAGAI KEMIRINGAN LAHAN AGROFORESTRI (Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kecamatan Pulau Pangung, Kabupaten Tanggamus)

Oleh

Rahmat Syahrul Ramadhan

Agroforestri merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan kerusakan hutan. Agroforestri telah diterapkan dengan komposisi yang beragam di Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi Provinsi Lampung. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi berbagai komposisi vegetasi, menghitung indeks nilai penting dan jumlah karbon yang tersimpan pada pola tanam agroforestri di beberapa kemiringan lahan di Gapoktan Wana Arba Lestari KPH Batutegi, Propinsi Lampung. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2023 dengan metode pengumpulan data menggunakan analisis vegetasi. Data yang digunakan adalah jenis dan jumlah tanaman, diameter pohon, tinggi pohon, kerapatan, frekuensi, dan nilai dominansi tanaman. Data biomassa berupa biomassa hidup dan nekromasa di atas permukaan tanah yang diakumulasikan menjadi karbon tersimpan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gapoktan Wana Arba Lestari memiliki komposisi pola tanam berjumlah 15 pola tanam yang didominasi oleh tanaman kopi, pisang, dan jengkol dengan jenis tanaman pengisi yang bervariasi. Nilai INP tertinggi pada fase pohon terdapat pada tanaman jengkol (*Archidendron pauciflorum*) sebesar 123,80, fase tiang terdapat pada pisang (*Musa paradisiaca*) dengan INP sebesar 133,63, fase pancang terdapat pada kopi robusta (*Coffea robusta*) dengan INP 128,95, dan fase semai terdapat pada pisang (*Musa paradisiaca*) dengan INP 92, 98. Total biomassa dan simpanan karbon terbesar terdapat pada kemiringan landai yaitu 462,47 ton/ha dan 216,89 ton/ha.

Kata kunci: agroforestri sederhana, agroforestri kompleks, analisis vegetasi, biomasa, nekromasa.

ABSTACT

VEGETATION COMPOSITION AND CARBON POTENTIAL STORED ON VARIOUS SLOPE OF AGROFORESTRY LAND (Case Study of Gapoktan Wana Arba Lestari, Air Bakoman Village, Pulau Panggung District, Tanggamus Regency)

By

Rahmat Syahrul Ramadhan

Agroforestry is one of the solutions to forest degradation problems. Agroforestry has been implemented with various compositions in the Forest Management Unit (KPH) Batutegi, Lampung Province. This study aims to identify various vegetation compositions and calculate the importance value index and the amount of carbon stored in agroforestry planting patterns on several land slopes in Gapoktan Wana Arba Lestari KPH Batutegi, Lampung Province. The research was conducted in June 2023 using data collection methods and vegetation analysis. The data used are the type and number of plants, tree diameter, tree height, density, frequency, and dominance value of plants. Biomass data in the form of live biomass and aboveground necromass accumulated into stored carbon. The results showed that Gapoktan Wana Arba Lestari has 15 planting patterns dominated by coffee, banana, and jengkol plants with various filler plants. The highest INP value in the tree phase is found in jengkol (*Archidendron pauciflorum*) plants at 123.80, the pole phase is found in bananas (*Musa paradisiaca*) with an INP of 133.63, the stake phase is found in robusta coffee (*Coffea robusta*) with an INP of 128.95, and the seedling phase is found in bananas (*Musa paradisiaca*) with an INP of 92.98. The largest total biomass and carbon savings are found on gentle slopes, namely 462.47 tonnes/ha and 216.89 tonnes/ha.

Keywords: biomass, complex agroforestry, necromasa, simple agroforestry, vegetation analysis.

**KOMPOSISI VEGETASI DAN POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA
BERBAGAI KEMIRINGAN LAHAN AGROFORESTRI
(Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kecamatan
Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus)**

Oleh

Rahmat Syahrul Ramadhan

Skripsi

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

pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

**: Komposisi Vegetasi Dan Potensi Karbon
Tersimpan Pada Berbagai Kemiringan Lahan
Agroforestri
(Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari
Desa Air Bakoman, Kecamatan Pulau
Panggung, Kabupaten Tanggamus)**

Nama Mahasiswa

: Rahmat Syahrul Ramadhan

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1914151094

Jurusan

: Kehutanan

Fakultas

: Pertanian



Rommy Qurniati, S.P., M.Si.
NIP 197609122002122001

Machya-Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc.
NIP 198809102015042004

2. Ketua Jurusan Kehutanan

Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut, M.P. IPM.
NIP 197310121999032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

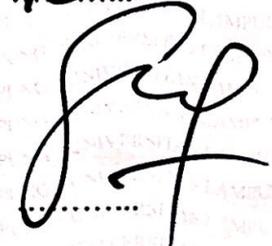
Ketua : Rommy Qurniati, S.P., M.Si.



Sekretaris : Machya Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc.



Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 26 Januari 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“KOMPOSISI VEGETASI DAN POTENSI KARBON TERSIMPAN PADA BERBAGAI KEMIRINGAN LAHAN AGROFORESTRI (Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kecamatan Pulau Pangung, Kabupaten Tanggamus)”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Februari 2024
Pembuat Pernyataan



Rahmat Syahrul Ramadhan
NPM 1914151094

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada 16 Desember 2000 dan merupakan anak kedua dari lima bersaudara, putra Bapak Hasan dan Ibu Megawati. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Al Hanif, Hajimena, Natar, Lampung Selatan pada tahun 2007. Selanjutnya di Sekolah Dasar (SD) yaitu SD Muhammadiyah 1 Bandar Lampung pada tahun 2013 dan tahun 2013 dan melanjutkan pendidikan jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) yaitu MTS Daar Al Ilmi, Serang, Banten diselesaikan pada tahun 2016. Kemudian pada tahun 2019 lulus dari Sekolah Menengah Atas (SMA) yaitu MA Daar Al Ilmi, Serang, Banten. Di tahun yang sama, penulis diterima pada jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Februari tahun 2022 di Desa Talang Jawa, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Agustus tahun 2023, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di KHDTK Wana gama 1, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta dan Kampus Lapangan Getas Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam berorganisasi di Gabungan Mahasiswa Pecinta Alam, Fakultas Pertanian, Unila (GUMPALAN FP UNILA) sebagai Kadiv Pengkaderan tahun 2019/2020, tahun 2020/2021 sebagai Sekretaris Umum, dan tahun 2021/2022 sebagai Ketua Umum. Selain itu penulis pernah melakukan magang di YIARI (Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia) di Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus.

**Dengan Penuh Rasa Syukur Kupersembahkan Sebuah Karya Ilmiah ini
untuk Ayahanda dan Ibunda Tercinta**

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Komposisi Vegetasi Dan Potensi Karbon Tersimpan Pada Berbagai Kemiringan Lahan Agroforestri (Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kecamatan Pulau Pangung, Kabupaten Tanggamus)**”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan mungkin tidak akan selesai tanpa bantuan dan arahan dari dosen pembimbing dan juga rekan-rekan semua. Bagi penulis, selama pelaksanaan penelitian maupun penyusunan skripsi, banyak sekali tantangan dan pelajaran hidup yang penulis dapatkan, maka dari itu perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P.IPМ selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Rommy Qurniati, S.P., M.Si selaku pembimbing utama skripsi yang selalu menyempatkan waktu berdiskusi serta memberikan bimbingan, masukan, semangat, serta motivasi selama perkuliahan, khususnya saat pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Machya Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan semangat, bimbingan dan masukan selama penyusunan skripsi.

5. Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S., selaku pembahas yang telah memberikan ilmu, arahan, kritik dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Prof. Dr. Ir. Sugeng P. Hariato, M.S., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan waktu, semangat dan dukungan kepada penulis selama melaksanakan masa perkuliahan.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen dan staff di Jurusan Kehutanan atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
8. Kedua orang tua penulis, Bapak Hasan dan Ibu Megawati yang selalu memberikan kasih sayang dan doa tanpa lelah, mendukung, memotivasi dan memberikan semangat serta dukungan baik moril ataupun materil kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Kakak tersayang saya, Taufik Hidayatullah yang telah memberikan dukungan secara materil dan moril, motivasi dan kasih sayang kepada penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan semangat.
11. Teman dekat spesial penulis yaitu Ria Merlanda, S.P. yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2019, serta seluruh keluarga Gumpalan FP Unila semoga kebersamaan, kekeluargaan dan tali silaturahmi dapat terjalin dengan baik.
13. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Bandar Lampung, 22 Februari 2024
Pembuat Pernyataan



Rahmat Syahrul Ramadhan
NPM 1914151094

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	5
2.2 Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH)	7
2.3 Agroforestri	8
2.4 Agroforestri Pada Kemiringan Lahan	9
2.5 Komposisi Vegetasi Agroforestri	10
2.6 Pola Tanam	11
2.7 Analisis Vegetasi	12
2.8 Karbon Tersimpan	13
III. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Objek Penelitian	15
3.3 Jenis Data	16
3.4 Penentuan Sampel	16
3.5 Teknik Pengumpulan Data	17
3.6 Analisis Data	18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Pola Tanam.....	23
4.2 Indeks Nilai Penting	25
4.3 Biomasa	32
4.4 Karbon Tersimpan	35
V. SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rumus persamaan allometrik untuk menghitung biomasa pohon	20
2. Pola dan jenis tanaman di Gapoktan Wana Arba Lestari	23
3. Jumlah nilai INP dan indeks keanekaragaman fase pohon pada lahan dengan kemiringan landai, sedang dan curam	26
4. Jumlah nilai INP dan indeks keanekaragaman fase tiang pada lahan dengan kemiringan landai, sedang dan curam	28
5. Jumlah nilai INP dan indeks keanekaragaman fase pancang pada lahan dengan kemiringan landai, sedang dan curam	29
6. Jumlah nilai INP dan indeks keanekaragaman fase semai pada lahan dengan kemiringan landai, sedang dan curam	31
7. Rekapitulasi total biomasa tanaman tiap plot	33
8. Rekapitulasi total karbon pada tiap plot dan kemiringan	35
9. Perhitungan INP fase semai di kemiringan lahan landai	54
10. Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase semai kemiringan landai	54
11. Perhitungan INP fase semai di kemiringan lahan sedang	54
12. Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase semai kemiringan sedang ...	54
13. Perhitungan INP fase semai di kemiringan lahan curam	55
14. Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase semai kemiringan curam	55
15. Perhitungan INP fase pancang di kemiringan lahan landai	55
16. Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase pancang kemiringan landai ..	55
17. Perhitungan INP fase pancang di kemiringan lahan sedang	56
18. Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase pancang kemiringan sedang	56
19. Perhitungan INP fase pancang di kemiringan lahan curam	56

20.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase pancang kemiringan curam	56
21.	Perhitungan INP fase tiang di kemiringan lahan landai	56
22.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase tiang kemiringan landai	57
23.	Perhitungan INP fase tiang di kemiringan lahan sedang	57
24.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase tiang kemiringan sedang	57
25.	Perhitungan INP fase tiang di kemiringan lahan curam	58
26.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase tiang kemiringan curam	58
27.	Perhitungan INP fase pohon di kemiringan lahan landai	58
28.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase pohon kemiringan landai	59
29.	Perhitungan INP fase pohon di kemiringan lahan sedang	59
30.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase pohon kemiringan sedang ...	59
31.	Perhitungan INP fase pohon di kemiringan lahan curam	60
32.	Perhitungan Indeks Keanekaragaman fase pohon kemiringan curam	60
33.	Perhitungan biomasa serasah	61
34.	Perhitungan biomasa tumbuhan bawah	61
35.	Perhitungan nekromasa kayu mati	62
36.	Perhitungan total biomasa	62
37.	Perhitungan total karbon	62
38.	Data kepemilikan lahan	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran	4
2. Peta lokasi penelitian	15
3. Petak ukur indeks nilai penting yang diletakan dalam plot ukur biomasa karbon	17
4. Kondisi lahan agroforestri sederhana dengan kemiringan landai	64
5. Kondisi lahan agroforestri kompleks dengan kemiringan sedang	65
6. Kondisi lahan agroforestri kompleks dengan kemiringan curam	65
7. Proses pengamatan dan pencatatan data di lahan petani	66
8. Pengukuran diameter pohon menggunakan hagameter	66
9. Proses pengambilan seresah untuk dihitung berat totalnya	67
10. Penitikan titik lokasi lahan agroforestri menggunakan GPS	67
11. Pembungkusan sampel seresah dan tumbuhan bawah	68
12. Proses penimbangan sampel yang sudah dibungkus untuk dimasukan ke oven	68
13. Proses memasukan sampel ke oven	69

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Rumusan Masalah

Perubahan iklim dan pemanasan global berasal dari ketidakseimbangan energi di atmosfer karena meningkatnya jumlah gas rumah kaca. Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) meningkat karena praktek pertanian dan pembakaran hutan yang tidak sesuai, dan secara bersamaan serta pengeringan lahan gambut untuk membuka lahan-lahan pertanian yang baru (Hairiah dan Rahayu, 2007). Untuk mengatasi perubahan iklim yang terjadi, salah satu langkahnya adalah mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) dengan praktik pengelolaan hutan yang berkelanjutan. Ini dapat mencakup konversi lahan dan peningkatan penyimpanan karbon di hutan (Uthbah *et al.*, 2017). Salah satu cara penggunaan lahan yang memiliki dampak pada perubahan iklim serta berperan dalam mengurangi gas rumah kaca adalah agroforestri. Secara visual, agroforestri memiliki struktur tajuk yang kompleks dengan akar yang beragam dan dalam. Oleh karena itu, agroforestri dianggap sebagai salah satu metode yang dapat membantu dalam menyesuaikan diri terhadap pemanasan global. Perannya mencakup pengurangan risiko bencana alam seperti tanah longsor, limpasan permukaan, erosi, serta menjaga ketersediaan unsur hara melalui pelestarian keanekaragaman hayati flora dan fauna tanah (Hairiah *et al.*, 2008).

Lahan pertanian di Indonesia memiliki beberapa lahan dengan kondisi tidak datar melainkan ada lahan landai, agak landai, curam, sangat curam dan terjal. Dengan beberapa tipe lahan tersebut, hanya tanaman tertentu saja yang dapat ditanami (Dengen *et al.*, 2019). Kemiringan lahan berpengaruh terhadap tingkat erosi. Tingkat erosi permukaan yang terjadi pada lahan dengan kemiringan lereng landai lebih tinggi 38.4%, pada lereng agak curam lebih tinggi 63.6% dan pada lereng curam lebih tinggi 69.1% dibanding besar erosi permukaan yang terjadi

pada lahan datar (Lihawa *et al.*, 2012). Mayoritas petani yang mengelola lahan, khususnya di lahan hutan Negara menggunakan agroforestri sebagai pola tanam (Ismail *et al.*, 2019). Mayoritas petani di KPH Batutegi telah mengadopsi pola tanam agroforestri (Novasari, 2019; Novasari *et al.*, 2020). Secara umum, pola tanam agroforestri di wilayah tersebut memiliki kapasitas yang baik dalam menyerap karbon. Hasil studi ini menunjukkan cadangan karbon pada sistem tanam agroforestri memiliki nilai sebesar 534,73 ton/ha, terutama di wilayah Register 39 Datar Setuju KPH Batutegi (Aprianto *et al.*, 2016).

Penelitian ini diperlukan untuk meneliti seberapa efektifnya agroforestri dalam menyerap karbon pada berbagai kemiringan lahan di daerah KPH Batutegi. Terdapat beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian di Batutegi yaitu berdasarkan penelitian oleh Wulandari *et al.* (2021), terdapat indikasi kuat terkait potensi penyerapan karbon pada lahan agroforestri, baik yang bersifat kompleks maupun sederhana di KPH Batutegi. Potensi stok karbon dalam pola tanam agroforestri menjadi informasi penting untuk memahami sejauh mana kemampuannya dalam menyerap karbon dan juga berperan dalam mengurangi emisi karbon. Analisis karbon yang dilakukan meliputi biomasa dari pohon hidup, pohon yang sudah mati, tumbuhan bawah, dan serasah untuk memberikan gambaran yang komprehensif.

Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi terhadap beragam komposisi vegetasi dengan menggunakan indeks nilai penting dalam sistem agroforestri di Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kecamatan Pulau Pangung, Kabupaten Tanggamus serta mengukur jumlah karbon yang disimpan dalam pola tanaman ini menjadi basis analisis yang digunakan dalam menilai potensi pengurangan penyimpanan karbon di area KPH Batutegi. Dengan mengetahui jumlah penyerapan karbon dalam setiap pola tanaman agroforestri, kita dapat mengevaluasi sejauh mana kontribusinya terhadap potensi pengurangan emisi karbon.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi ragam komposisi vegetasi pada beberapa kemiringan lahan agroforestri di Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman Kecamatan

Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus.

2. Menghitung indeks nilai penting setiap jenis tanaman pada beberapa kemiringan lahan agroforestri.
3. Mengukur besaran kandungan karbon tersimpan yang terdapat pada beberapa kemiringan lahan agroforestri.

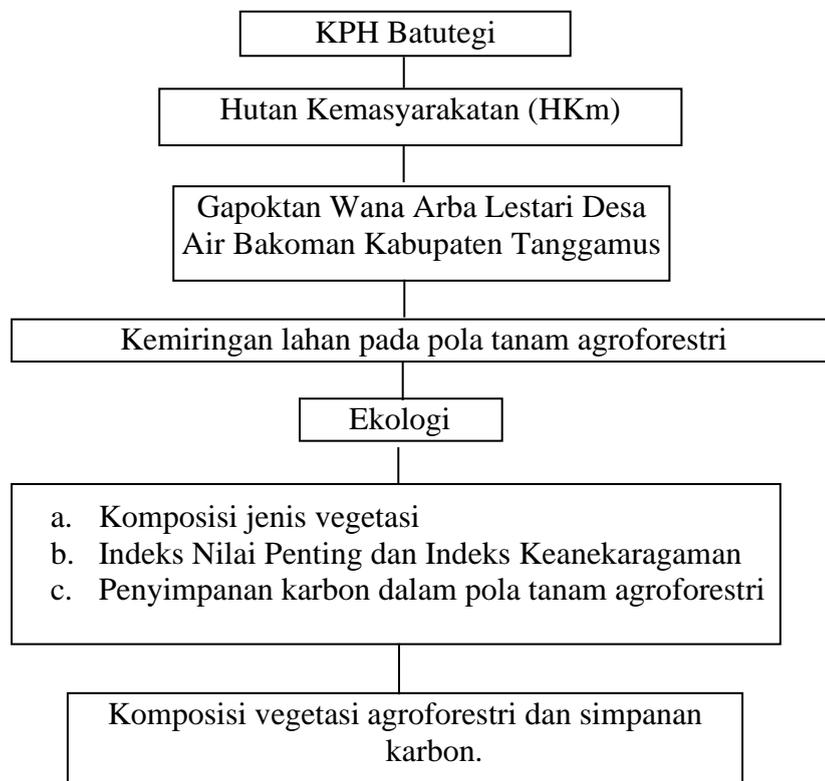
1.3 Kerangka Pemikiran

Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPH) Batutege merupakan bagian dari unit pengelolaan hutan yang menerapkan program perhutanan sosial dalam bentuk Hutan Kemasyarakatan (HKm). Program Hutan Kemasyarakatan (HKm) ini diterapkan dengan menerapkan pola pengelolaan lahan yang berbasis agroforestri, seperti yang terlihat di Gapotan Wana Arba Lestari. Adapun Gapoktan Wana Arba Lestari dipilih karena memiliki komposisi tanaman agroforestri yang lebih beragam. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi komposisi vegetasi serta untuk mengevaluasi kontribusinya terhadap jumlah karbon yang tersimpan pada berbagai kemiringan lahan.

Penyimpanan karbon secara spesifik dalam pola tanaman agroforestri di KPH Batutege masih belum teridentifikasi dengan jelas sehingga penelitian ini penting dilakukan untuk melihat perbandingan kemampuan pohon dalam menyimpan karbon pada berbagai kemiringan lahan. Pemilihan jenis tanaman yang efektif dalam menyimpan karbon di lahan tergantung pada preferensi masyarakat yang mengelolanya. Sangat penting untuk melakukan penelitian mengenai jumlah karbon yang tersimpan dalam berbagai kemiringan lahan di KPH Batutege. Data ini akan menjadi pedoman dalam memilih jenis tanaman yang memiliki kemampuan optimal dalam menyerap karbon.

Pengumpulan data komposisi agroforestri dilakukan melalui petak-petak pengukuran yang lokasinya dipilih menggunakan metode purposive sampling, berdasarkan variasi komposisi vegetasi yang ada di lokasi penelitian dipilih berdasarkan kemiringan lahan yaitu landai, sedang, dan tinggi. Komponen data terkait kondisi ekologi lahan diambil melalui analisis vegetasi untuk mengetahui nilai kerapatan dan dominansi dari tiap jenis tanaman yang ada serta digunakan untuk menghitung Indeks Nilai Penting (INP). Jumlah per jenis dan jumlah

tanaman akan menjadi dasar untuk menghitung nilai Indeks Keanekaragaman (H') Shannon-Wiener. Informasi tentang jumlah karbon tersimpan dalam berbagai kemiringan lahan akan dikumpulkan dengan mencari data asli dan data yang sudah ada sebelumnya. Pengumpulan data asli akan melibatkan penggunaan petak-petak pengukuran tanaman untuk mendapatkan data tersebut. 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, maka dilakukan pengambilan data karbon tersimpan pada masing-masing kemiringan lahan. Selain menggunakan data primer, studi ini juga memanfaatkan data yang sudah ada sebelumnya yang berasal dari literatur terkait dan informasi tambahan lainnya. Kerangka pemikiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batuteги, yang berlokasi di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung, merupakan salah satu unit pengelola hutan. Penetapannya didasarkan pada Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor SK.650/Menhut-II/2010, yang mencakup wilayah kerja seluas 58.162 hektar. Wilayah ini terbagi menjadi tiga register: sebagian Register 39 Kota Agung Utara, Register 32 Bukit Rindingan, dan sebagian Register 32 Way Waya. Lokasinya meliputi empat wilayah kabupaten, yakni Kabupaten Tanggamus, Pringsewu, Lampung Tengah, dan Lampung Barat. Secara geografis, KPH Batuteги berada pada koordinat 104°27' - 104°54' BT dan 5°5' - 5°22' LS (KPH Batuteги, 2014).

Di wilayah kerja KPH Batuteги, pengelolaan hutan dilakukan dengan menerapkan Skema Perhutanan Sosial, khususnya melalui program Hutan Kemasyarakatan (HKm). Tujuannya adalah untuk melestarikan hutan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang tinggal di sekitar area hutan tersebut (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). Skema perhutanan sosial juga berperan dalam meminimalisir pemanasan global.

Rancangan perhutanan sosial memiliki tujuan untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat dengan menjamin kelestarian hutan yang salah satunya dengan cara penerapan pola tanam agroforestri (Widiyanto, 2011). Dengan adanya kelestarian hutan berarti adanya kelestarian pohon. Pohon memiliki peran penting dalam penyimpanan karbon dan menjadi 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 Batuteги sebagai lembaga pengelolaan hutan di Provinsi Lampung, aktif melaksanakan program perhutanan sosial. Masyarakat yang berada di sekitar kawasan hutan tergabung dalam Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan), yang mana untuk memanfaatkan wilayah ini melalui perizinan pemanfaatan hutan kemasyarakatan (IUPHKm) (Yulian *et al.*, 2016). Di KPH Batuteги, terdapat 10 unit Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu Menengah (IUPHHKm) yang melibatkan 10 kelompok tani (Gapoktan) dari total 24 Gapoktan yang ada (KPH Batuteги, 2014).

Gapoktan Wana Arba Lestari merupakan contoh Gapoktan di wilayah pemanfaatan KPH Batuteги yang telah diverifikasi untuk pengusulan IUPHKm. Luas areal kerja HKm yang diusulkan di Gapoktan Wana Arba Lestari yaitu 2.211 ha berada di Resort Rindingan. Gapoktan Wana Arba Lestari berdiri pada tahun 2012 dan diresmikan pada bulan februari tahun 2017. Gapoktan Wana Arba Lesari memiliki 9 kelompok tani yang beranggotakan 130 petani dengan total luas garapan sebesar 2287,98 ha.

Sebagian besar petani penggarap lahan menerapkan pola tanam agroforestri, sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan (Septiawan *et al.*, 2017). Di KPH Batuteги terdapat dua jenis pola tanam agroforestri yakni agroforestri kompleks dan sederhana, seperti yang dikemukakan dalam penelitian oleh Novasari (2019) dan 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 salah satu upaya dalam mitigasi perubahan iklim dengan cara menerapkan pola agroforestri di KPH Batuteги terutama pada wilayah Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

2.2 Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH)

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) adalah sebuah unit manajemen hutan pada tingkat lokasi yang menjadi fokus utama pemerintah dalam usaha memperbaiki sistem pengelolaan hutan di Indonesia (Setiawan *et al.*, 2018). KPH diharapkan menjadi pusat informasi mengenai potensi dan risiko terkait dengan wilayah hutan, perubahan yang terjadi di dalamnya, dan juga aspek sosial serta budaya masyarakat yang tinggal di sekitar hutan (Kartodihardjo *et al.*, 2011). Sejak tahun 2010, pemerintah pusat telah mendorong pemerintah daerah untuk mendirikan KPH di wilayahnya masing-masing, seperti yang diungkapkan oleh Octavia *et al.* (2020).

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) merupakan unit terkecil dalam upaya pelestarian hutan yang dikelola oleh sebuah organisasi yang disebut Unit Organisasi KPH. Sebagai unit pengelolaan hutan, KPH memiliki peran penting dalam persoalan manajemen. Aspek manajemen ini terkait dengan perencanaan, penataan, kepemimpinan dan pengendalian sangat penting dalam penentuan arah pengelolaan unit usaha KPH. Tujuan utama dari pembangunan KPH adalah mengimplementasikan pengelolaan hutan yang berkelanjutan dengan memperhatikan secara rinci aspek keberlanjutan sosial, lingkungan, dan ekonomi. Pemantapan pengelolaan hutan yang dibentuk melalui pembentukan KPH merupakan upaya penting dalam mewujudkan pengelolaan hutan yang berkelanjutan dengan merujuk pada pengaturan tata ruang hutan, rencana manajemen hutan, pemanfaatan sumber daya hutan, restorasi hutan, perlindungan kawasan hutan, serta konservasi alam (Elvida dan Sylviani, 2010). Salah satu dari beberapa rencana pengelolaan dalam KPH adalah rencana pengelolaan hutan jangka panjang yang memiliki tingkat strategis dengan rentang waktu 10 tahun, seperti yang disebutkan oleh Possumah *et al.* (2014).

Tugas utama dalam pengelolaan kawasan oleh KPH menjadikan KPH harus di dorong untuk menjadi sebuah unit pengelolaan yang mandiri, terkhusus dalam mengimplementasikan arahan kebijakan yang ada (Nurjaman *et al.*, 2017). Pengelolaan tersebut dapat diterjemahkan oleh KPH melalui pencarian dari sumber pendanaan untuk mendukung dalam pengelolaan hutan yang berada di wilayah nya. Selain itu, keleluasaan diberikan kepada pihak KPH untuk

menentukan bentuk bentuk kerjasama serta bisnis yang strategis dan inovatif, diantaranya dengan mendorong pemerintaahan suatu daerah dan pemerintah pusat untuk berupaya dalam memberikan dukungan berupa kerangka hukum dalam pembangunan wista asalm berbasis masyarakat (Nurjaman *et al.*, 2017). Tingkat keberhasilan pembangunan KPH dipengaruhi oleh pengetahuan tim pengelola KPH terkait konsep KPH, tugas pokok dan fungsi KPH, serta pengelolaan pada level tapak (Budiningsih *et al.*, 2015).

2.3 Agroforestri

Agroforestri merujuk pada sistem pertanian di mana berbagai jenis pohon ditanam secara bersamaan dengan satu atau lebih tanaman semusim. Pohon-pohon ini dapat berfungsi sebagai pembatas lahan, ditanam dalam pola acak di dalam lahan pertanian, atau disusun dalam pola lainnya (Muthmainnah dan Sribianti, 2018). Agroforestri juga merupakan praktik intensif mengelola lahan yang menggabungkan tanaman hutan dan pertanian, bertujuan untuk mengoptimalkan hasil dari pengelolaan tanaman hutan tersebut dengan memperhatikan konservasi lahan dan kebutuhan praktis masyarakat setempat (Anggraini dan Wibowo, 2007).

Agrofoerestri juga memiliki pola yang dapat digunakan sebagai alteratif yang lebih baik dalam pengelolaan hutan dan lebih menguntungkan jika dilihat dari kondisi yang ada. Beberapa penelitian sebelumnya telah melihat aspek penting dalam penerapan agroforestri, termasuk aspek teknis agronomis, silvikultur, aspek sosial-ekonomi, dan aspek ekologi. Aspek agronomi dan silvikultur mengkaji kombinasi yang cocok antara tanaman hutan dan pertanian untuk meningkatkan produktivitas. Sementara itu, aspek sosial-ekonomi mempertimbangkan kombinasi tanaman yang dapat memberikan pendapatan yang menguntungkan bagi petani (Ardini *et al.*, 2020).

Penerapan agroforestri telah terbukti memberikan dampak positif bagi masyarakat, baik dari segi peningkatan pendapatan maupun optimalisasi penggunaan lahan. Amin *et al.* (2016) menyatakan bahwa terdapat sistem agroforestri kompleks dan sederhana yang mana agroforestri kompleks diterapkan di lahan halaman belakang rumah dengan luas sekitar 0,5-1 hektar, berbagai jenis tanaman seperti palawija, mangga, pisang, jagung, kakao, kelapa, nangka, dan

kemiri. Di sisi lain, agroforestri sederhana merupakan kombinasi dari praktek konvensional yang melibatkan jumlah tanaman yang lebih sedikit, misalnya pohon seperti kelapa, karet, cengkeh, jati, dan lainnya yang memiliki nilai ekonomi yang signifikan. Ada juga tanaman ekologi seperti dadap dan petai cina, dengan tambahan tanaman musiman seperti padi, jagung, sayuran, rumput-rumput, atau jenis lain yang memiliki nilai ekonomi seperti pisang, kopi, coklat, dan sebagainya (Sukmawati *et al.*, 2014).

2.4 Kemiringan Lahan Agroforestri

Lahan pertanian yang mempunyai kemiringan dapat lebih mudah terganggu atau rusak bila derajat kemiringannya lebih dari 15° dengan curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan tanah longsor (Peraturan Menteri Pertanian No.47 tahun 2006). Lereng yang semakin curam dan semakin panjang akan meningkatkan jumlah erosi. Lereng yang semakin curam akan mempercepat aliran permukaan sehingga erosi akan meningkat (Martono, 2004; Andrian *et al.* 2014). Pemanfaatan lahan miring dalam bentuk kebun dan sawah juga memiliki resiko erosi dan tanah longsor yang tinggi. Akibat lahan tidak diratakan menyebabkan penggunaan input produksi kurang efisien dan berdampak pada pertumbuhan yang tidak optimal (Dengen *et al.*, 2019). Kemiringan lereng berpengaruh terhadap kualitas lahan dan merupakan salah satu parameter dalam menentukan tingkat kesesuaian lahan suatu tanaman tertentu (Wirosoedarmo *et al.*, 2011). Ketinggian tempat tidak dapat diubah sedangkan kemiringan lereng dapat dilakukan suatu tindakan konservasi untuk mengurangi dampak kemiringan tersebut (Adrian *et al.*, 2014).

Kemiringan lahan 30-45% memiliki aliran permukaan yang besar energi angkut air yang tinggi. Semakin besar kemiringan lahan maka jumlah butir-butir tanah yang terbawa kebawah oleh air hujan semakin banyak sehingga menyebabkan lapisan tanah atas dan lapisan bahan organik menjadi terkikis. Tanah akan semakin padat dan air yang masuk ke dalam tanah yang dapat diikat oleh partikel-partikel tanah menjadi lebih sedikit (Tarigan, 2017). Satuan geomorfologi dibagi menjadi lima satuan morfologi, dimana pembagian ini dibagi berdasarkan kemiringan lerengnya. Satuan lereng sangat curam dengan

kemiringan lereng >25%, satuan lereng curam dengan kemiringan antara 15-25 %, satuan lereng agak curam dengan kemiringan 8-15%, satuan lereng datar sampai miring dengan kemiringan dibawah 3-8%, dan satuan lereng datar dengan kemiringan dibawah 0-3% (Maria *et al.*, 2012). Sistem agroforestri yang dapat digunakan pada lahan berlereng curam menjadi suatu nilai lebih dibandingkan sistem penggunaan lahan lain sehingga sistem ini dinilai dapat terus berkembang. Sistem agroforestri merupakan suatu teknik pemanfaatan lahan yang berkembang mengikuti perkembangan ilmu dan teknologi baru (Hairiah *et al.*, 2003).

2.5 Komposisi Vegetasi Agroforestri

Vegetasi hutan secara umum merujuk pada struktur dan jenis-jenis pohon yang membentuknya. Struktur dan komposisi vegetasi menjadi salah satu faktor kunci yang perlu diperhatikan dalam upaya restorasi lahan hutan (Gunawan *et al.*, 2011). Komposisi vegetasi hutan berdasarkan jenisnya dibagi menjadi dua kategori utama: tegakan murni dan tegakan campuran. Tegakan murni menggambarkan hutan dengan pohon dominan dan kodominan yang sama jenisnya, jumlahnya mencapai lebih dari atau sama dengan 90%. Sementara tegakan campuran mengacu pada hutan dengan jenis pohon dominan dan kodominan yang berbeda, dengan jumlah pohon jenis yang berbeda melebihi 10% dari total vegetasi (Erwin, 2016).

Komposisi jenis vegetasi merujuk pada susunan dan jumlah individu dalam komunitas tumbuhan. Faktor-faktor seperti kondisi iklim dan tanah dalam suatu habitat memengaruhi komposisi dan struktur vegetasi (Naharuddin, 2017). Setiap hutan memiliki komposisi jenis dan struktur yang unik sesuai dengan kondisi lokalnya dan memberikan banyak manfaat terutama dalam hal komponen vegetasi (Muzaki *et al.*, 2017). Struktur hutan dan komposisi pohon memiliki dampak besar pada habitat dan keanekaragaman tumbuhan. Tingkat keanekaragaman ini tercermin dalam komposisi jenis tumbuhan yang membentuk vegetasi (Putri *et al.*, 2019). Rajagukguk *et al.* (2018) menyatakan bahwa proses pemilihan jenis tanaman dan pola tanam dalam agroforestri sangat memengaruhi keputusan petani dalam mengelola lahan, serta dapat menentukan apakah perubahan dalam komposisi vegetasi diperlukan atau tidak. Petani mempertimbangkan aspek-aspek

seperti pendapatan, kelangsungan produksi, kecepatan produksi, serta kemudahan dalam budidaya tanaman dalam memutuskan apakah perlu atau tidak mengubah jenis vegetasi atau pola tanam dalam sistem agroforestri.

Penduduk Desa Pesawaran Indah telah menerapkan sistem agroforestri di berbagai wilayah desa tersebut, merentang dari bagian bawah, tengah, dan atas dari kondisi geografis desa. Pengumpulan data pada penelitian di Desa ini membagi lahan agroforestri berdasarkan ketinggian wilayahnya, mulai dari yang berada di dataran rendah (200 mdpl), tengah (400 mdpl), tinggi (900 mdpl), hingga hutan di dusun. Di wilayah fisiografi bawah, komposisi lahan agroforestri terdiri dari pohon-pohon seperti jati (*Tectona grandis*), bayur (*Pterospermum javanicum*), kelapa (*Cocos nucifera*), kakao (*Theobroma cacao*), dan pisang (*Musa sp*). Kakao menjadi vegetasi dominan pada fase tiang dengan Indeks Nilai Penting (INP) 152,55%, pada fase pancang dengan INP 129,86%, dan pada fase semai dengan INP 110,95%. Distribusi jenis pohon yang mendominasi pada fase-fase tersebut di fisiografi bawah diperkirakan akan menjadi pohon dominan dalam jangka waktu mendatang. Komposisi lahan di fisiografi tengah terdiri dari berbagai tanaman seperti alpukat (*Persea americana*), durian (*Durio zibethinus*), jati (*Tectona grandis*), pisang (*Musa sp*), dan kakao (*Theobroma cacao*). Vegetasi pada fase tiang, pancang, dan semai di wilayah tengah didominasi oleh kakao (*Theobroma cacao*), pisang (*Musa sp.*), kemiri (*Aleurites moluccana*), pala (*Myristica fragrans*), dan karet (*Hevea brasiliensis*) (Natalia *et al.*, 2014).

2.6 Pola Tanam

Pola tanam merujuk pada strategi penanaman yang melibatkan pengaturan susunan, tata letak, dan urutan tanaman di suatu lahan selama periode waktu tertentu, seringkali dalam rentang waktu satu tahun (Syahputra *et al.*, 2017). Pola tanam tidak hanya mencakup jenis tanaman yang dipilih, metode penanaman, dan waktu panen, tetapi juga mempertimbangkan nilai komersial hasil panen. Lebih jauh, pola tanam juga berperan dalam menentukan jumlah karbon yang disimpan dalam tanah karena tanaman secara alami mampu menyimpan karbon melalui proses fotosintesis (Hutomo dan Susetyo, 2019; Mansur, 2012).

Secara umum, terdapat dua jenis pola tanam yang umum digunakan oleh petani, yaitu monokultur dan pola tanam campuran seperti pola tanam agroforestri. Monokultur merujuk pada praktik menanam satu jenis tanaman pada suatu area pertanian tanpa campuran jenis tanaman lainnya (Syahputra *et al.*, 2017). Sementara itu, pola tanam agroforestri merupakan teknik pengelolaan lahan yang melibatkan penanaman jenis tanaman kehutanan atau komersial bersamaan dengan tanaman pertanian pada lahan yang sama (Salampessy *et al.*, 2017).

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).

2.7 Analisis Vegetasi

Analisis vegetasi adalah metode yang digunakan untuk memeriksa komposisi dan struktur berbagai jenis tumbuhan. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada komposisi spesies. Dalam analisis vegetasi penekanan diberikan pada kriteria tertentu seperti kerapatan, frekuensi, dominansi, dan nilai penting yang digunakan untuk mempelajari organisasi masyarakat hutan (Tuurmasari *et al.*, 2016; Nadya, 2018).

Dalam analisis vegetasi, nilai kerapatan mengindikasikan jumlah individu dari berbagai jenis tumbuhan dalam suatu komunitas pada area tertentu. Kerapatan relatif adalah persentase individu dari jenis tumbuhan tertentu dalam komunitasnya secara keseluruhan (Indriyanto, 2006). Frekuensi, di sisi lain, mengukur sejauh mana suatu jenis tumbuhan menyebar dalam komunitasnya. Nilai frekuensi diperoleh dengan membandingkan jumlah petak yang dihuni oleh jenis tumbuhan tertentu dengan jumlah keseluruhan petak yang diambil sebagai sampel dalam analisis vegetasi. Faktor-faktor seperti ukuran sampel, distribusi tumbuhan, dan ukuran jenis tumbuhan berkontribusi pada nilai frekuensi

tumbuhan dalam analisis tersebut.

Analisis vegetasi memungkinkan penentuan komposisi jenis dan struktur vegetasi. Untuk melakukan analisis ini diperlukan data mengenai jenis-jenis tanaman yang membentuk vegetasi serta pengukuran dimensi pohon guna menentukan Indeks Nilai Penting (INP) dari komunitas hutan tersebut (Soerianegara dan Indrawan, 2008). Keragaman nilai INP mencerminkan pengaruh lingkungan tempat tumbuh tanaman seperti kelembapan, suhu, dan toleransi tanaman terhadap faktor-faktor ini. INP digunakan untuk menilai dominansi suatu jenis tumbuhan di lapangan dalam analisis vegetasi, baik pada tingkat semai, pancang, tiang, maupun pohon. Nilai INP yang tinggi menunjukkan dominansi jenis tertentu dalam komunitas menunjukkan bahwa jenis tersebut memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan dengan jenis lainnya (Naharuddin, 2017).

2.8 Karbon Tersimpan

Hutan menunjukkan tingkat penyimpanan karbon terbesar dibandingkan dengan jenis vegetasi lainnya seperti tanaman semusim. Karbon yang tersimpan di hutan bisa mencapai 10 kali lipat lebih besar daripada yang terdapat pada 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 gas rumah kaca. Jumlah dan jenis tanaman penyusun hutan berperan dalam besaran karbon tersimpan tanaman yang ditentukan oleh pola tanam. Ada empat sumber utama karbon yang terdiri dari biomasa di atas permukaan, biomasa di bawah permukaan, bahan organik, dan karbon yang terdapat dalam tanah dan mineral.

Tingkat karbon yang terdapat dalam hutan dipengaruhi oleh umur pohon dan produktivitasnya. Hasil penelitian Yunita (2016) menegaskan bahwa semakin tua pohon, maka stok karbon yang disimpan juga cenderung meningkat. Hutan adalah fasilitas penyimpanan karbon terbesar di darat. 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).

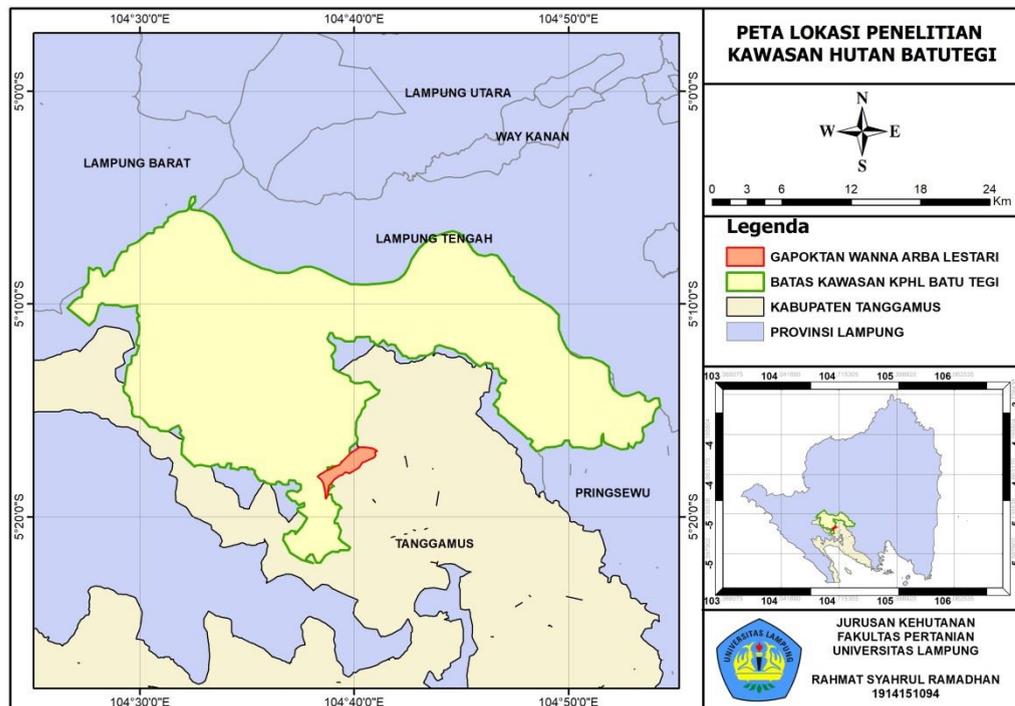
Biomasa atau jumlah karbon yang ada di atas permukaan tanah seperti dalam tanaman dipengaruhi oleh jumlah karbon yang terkandung dalam bahan organik tanah. Penyimpanan karbon dalam suatu lahan cenderung meningkat saat kondisi kesuburan tanahnya membaik (Hairiah *et al.*, 2011). Berbagai jenis hutan seperti hutan alam, hutan tanaman, hutan payau, hutan rawa, dan hutan rakyat memiliki tingkat penyerapan dan penyimpanan karbon yang berbeda, tergantung pada jenis pohon yang tumbuh di sana, jenis tanah, serta karakteristik topografinya.

Data mengenai simpanan karbon dari berbagai jenis hutan, jenis pohon, jenis tanah, dan medan di Indonesia memiliki nilai penting yang besar. Namun, hanya ada informasi mengenai simpanan karbon dari 11 dari total 104 jenis pohon yang diketahui di Indonesia. Saat ini data komprehensif mengenai karbon yang tersimpan dalam ekosistem hutan yang berbeda dan penggunaan lahan lainnya masih sangat terbatas (Masripatin *et al.*, 2010). Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi simpanan karbon dari berbagai jenis pohon yang tumbuh di Indonesia. Semakin tinggi nilai karbon yang disimpan oleh tanaman, semakin sedikit pula emisi karbon yang dilepaskan ke lingkungan. Besarnya nilai karbon tersimpan merupakan nilai yang menunjukkan besaran kemampuan tanaman dalam menyerap karbon dalam bentuk biomasa (Amin *et al.*, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2023 di Gapoktan Wana Arba Lestari Desa Air Bakoman, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian dipilih di Gapoktan Wana Arba Lestari karena daerah tersebut sesuai kriteria yang akan diteliti. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

3.2 Alat dan Objek Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi meteran/roll meter, pita meter, GPS, clinometer, kantong plastik, dan gunting, oven, timbangan dengan satuan gram, kamera, alat tulis dan *tally sheet*. Objek penelitian ini adalah vegetasi, tumbuhan bawah serta serasah dan pohon. Selain itu penelitian ini juga menjadikan lahan dengan kemiringan landai, sedang, dan curam pada pola tanam

agroforestri sebagai objek dalam penelitian.

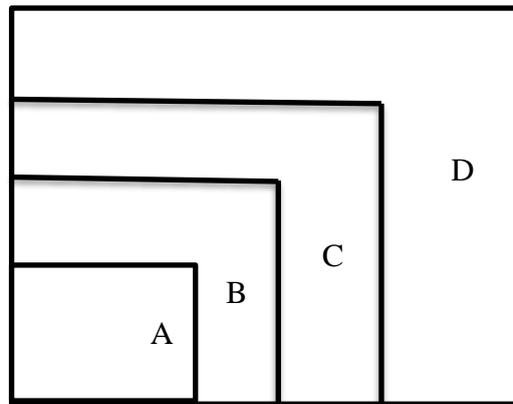
3.3 Jenis Data

Dalam penelitian ini, terdapat penggunaan dua jenis data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer mencakup informasi tentang komposisi tanaman agroforestri, seperti jenis pohon, diameter dan tinggi pohon, serta jumlah pohon per hektar. Data biomasa mencakup data mengenai jumlah biomasa hidup dan biomasa yang sudah mati (nekromasa).

Biomasa hidup mencakup data tentang jenis pohon, diameter dan tinggi pohon, berat basah, serta tumbuhan bawah yang akan digunakan untuk perhitungan karbon yang tersimpan. Data nekromasa meliputi jenis pohon, diameter dan tinggi pohon, serta berat basah dan berat kering dari tumbuhan bawah dan serasah. Adapun data sekunder mencakup referensi dari sumber pustaka yang mendukung penelitian ini berupa jurnal penelitian dan buku.

3.4 Penentuan Sampel

Teknik pengambilan sampel komposisi agroforestri dilakukan pada pola tanam agroforestri dengan memperhatikan kemiringan lahan curam, sedang, dan landai yang terdapat pada plot sampling. Pemilihan plot ukur dilakukan pada saat di lapangan dengan melihat komposisi tanaman yang ada di lahan secara langsung dengan melihat kemiringan pada lahan. Tindakan ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian, sehingga tingkat akurasi data dapat ditingkatkan. Plot ukur yang digunakan untuk menghitung Indeks Nilai Penting (INP) memiliki bentuk persegi dengan berbagai ukuran, yakni 20 m x 20 m, 10 m x 10 m, 5 m x 5 m, dan 2 m x 2 m. Data INP digunakan untuk mengidentifikasi struktur dan komposisi tanaman yang dominan di dalam agroforestri.



Gambar 3. Petak ukur indeks nilai penting yang diletakan dalam plot ukur biomasa karbon

Keterangan:

A = Plot ukur 2 m x 2 m, untuk mengambil sampel dari tingkat semai dan tumbuhan bawah.

B = Plot ukur 5 m x 5m, untuk mengambil sampel dari tingkat pancang.

C = Plot ukur 10 m X 10 m, untuk mengambil sampel dari tingkat tiang.

D = Plot ukur 20 m X 20 m, untuk mengambil sampel dari tingkat pohon.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan analisis vegetasi. Setelah diidentifikasi komposisi vegetasi agroforestri maka dilakukan analisis vegetasi terhadap lahan garapan petani. Plot persegi dengan ukuran berbeda dibuat untuk masing-masing fase pertumbuhan tanaman dengan ukuran 20 m x 20 m untuk fase pohon, 10 m x 10 m untuk fase tiang, 5 m x 5 m untuk fase pancang, dan 2 m x 2 m untuk fase semai. Pengukuran dilakukan terhadap tinggi pohon, diameter batang, dan jarak tanam pada setiap fase tersebut. Plot sampling yang digunakan dalam aspek ekologi ditentukan dengan kemiringan lahan pada agroforestri yang ada di Gapoktan Wana Arba Lestari. Jumlah plot yang digunakan sesuai dengan kemiringan landai berjumlah 5 plot dengan kemiringan 0%-8%, kemiringan sedang berjumlah 5 plot sampling dengan 8%-25%, kemiringan curam berjumlah 5 plot dengan kemiringan >25%. Untuk masing-masing kemiringan akan digunakan 5 plot sampling, jadi total plot sampling yang digunakan berjumlah 15 plot sampling.

3.6 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi ragam komposisi vegetasi dengan Indeks Nilai Penting dalam kemiringan lahan agroforestri di Gapoktan Wana Arba Lestari.

Identifikasi ini digunakan untuk aspek ekologi data komposisi agroforestri yang diperoleh dari plot sampling. Selanjutnya, Indeks Nilai Penting (INP) dianalisis menggunakan metode analisis vegetasi. Indeks Nilai Penting (INP) digunakan untuk menganalisis dominansi suatu jenis tanaman dalam suatu komunitas yang diteliti (Pamoengkas dan Zamzam, 2017). Indeks nilai penting diperoleh melalui perhitungan kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), dan dominansi relatif (DR) untuk setiap jenis tanaman pada fase pohon, tiang, dan pancang. (Ristiara *et al.*, 2017).

Perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) dimaksudkan untuk mengukur dan mengkategorikan jenis-jenis pola tanam secara lebih akurat, dengan melihat dominansi spesies tanaman yang ada (Mardiyanto, 2013). INP pada tingkat semai didapatkan dengan melakukan perhitungan KR, FR. Persamaan yang digunakan untuk menghitung aspek ekologi termasuk nilai kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dominansi, dan dominansi relatif dapat dirumuskan sebagai berikut (Indriyanto, 2006).

a) Kerapatan

$$(K-i) = \frac{\text{Jumlah individu untuk jenis ke-}i}{\text{Luas seluruh petak ukur}}$$

$$(KR-I) = \frac{\text{Kerapatan jenis ke-}i}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

b) Frekuensi

$$(F-i) = \frac{\text{Jumlah petak ditemukannya jenis ke-}i}{\text{Jumlah seluruh petak ukur}}$$

$$(FR-I) = \frac{\text{Frekuensi untuk jenis ke-}i}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

c) Dominansi

$$(D-i) = \frac{\text{Luas basal area suatu spesies}}{\text{Luas seluruh petak contoh}}$$

$$(DR-i) = \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Indeks Nilai Penting (INP)

$$INP = KR + FR + DR$$

2. Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Weiner (H')

Perhitungan jumlah individu per jenis tanaman dan total keseluruhan jenis akan menjadi dasar dalam menghitung nilai Indeks Keanekaragaman (H') Shannon-Wiener. Menurut Gunawan *et al.*, (2011) pada ekosistem hutan yang telah mengalami gangguan atau memiliki keanekaragaman jenis yang rendah, terjadi penurunan signifikan dalam keanekaragaman vegetasi. Hal ini menjadi landasan penting dalam menentukan komposisi vegetasi agroforestri yang optimal secara ekologis. Selain nilai H' digunakan data jumlah pohon/ha di tiap komposisi vegetasi yang ada sebagai salah satu upaya dalam pengelolaan HKm. Agroforestri sederhana mempunyai paling sedikit 2 jenis pohon sampai dengan 5 jenis pohon yang berfungsi sebagai peneduh bagi tanaman inti dan membentuk satu lapisan peneduh, sedangkan agroforestri kompleks mempunyai lebih dari 5 jenis pohon yang berfungsi sebagai peneduh bagi tanaman inti dan membentuk banyak pohon (Martini *et al.*, 2017). Rumus yang digunakan untuk menghitung Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Weiner (H') sebagai berikut (Indriyanto, 2006).

Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Weiner (H')

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i)$$

Keterangan:

$$P_i = (n_i/N)$$

H' = Indeks Keanekaragaman Shannon-Weiner

n_i = Jumlah individu jenis ke-i

N = Jumlah individu seluruh jenis

Dalam analisis indeks keanekaragaman jenis, kriteria yang digunakan adalah jika nilai H' kurang dari 1, maka keanekaragaman jenisnya tergolong rendah; jika nilai H' berada dalam rentang antara 1 hingga 3, maka keanekaragaman jenisnya tergolong sedang; dan jika nilai H' lebih dari 3, maka keanekaragaman jenisnya tergolong tinggi. (Fachrul, 2007).

3. Perbandingan jumlah karbon yang tersimpan pada kemiringan lahan agroforestri

Berdasarkan persamaan IPCC tahun 2006, biomasa yang tersimpan dalam vegetasi hutan adalah 47% dalam bentuk karbon, yang menyebabkan perhitungan jumlah karbon pada setiap plot. Karbon pada tiap fase tanaman diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

a. Biomasa pohon

Biomasa pohon diukur pada plot pengukuran yang telah ditetapkan, yaitu dengan ukuran 20 m x 20 m. Rumus persamaan allometrik merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan jumlah biomasa pohon dengan menggunakan berbagai data seperti diameter batang, tinggi pohon, atau karakteristik lainnya. Pendugaan biomasa 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 untuk menghitung biomasa pohon

No	Jenis Tegakan	Persamaan Allometrik	Sumber
1	Mahoni	$BK = 0,902 (D^2H)^{0,08}$	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 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	Palm	$BK = B A * H * \rho$	Hairiah dan Rahayu (2007)
10	Karet	$BK = 3,42 D^{1,15}$	Saragih (2016)

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

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

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

Jika tidak ada data allometrik untuk jenis pohon tertentu, kami akan menggunakan metode *Biomass Expansion Factor* (BEF) untuk menghitung perkiraan biomasa pada jenis pohon tersebut. sebagai berikut :

$$\text{Bap} = v \times \text{BJ} \times \text{BEF} \times f$$

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \pi r^2 t$$

$$\text{BJ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{BK}}{V}$$

Keterangan :

BK = berat kering (kg/ pohon)

Bap = biomasa atas permukaan (pohon) (kg)

V = volume kayu bebas cabang (m³)

BJ = berat jenis kayu (kg/m³)

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

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

b. Biomasa Tumbuhan Bawah dan Serasah

Perhitungan biomasa tumbuhan bawah dan serasah akan dihitung dengan menggunakan *Biomass Expansion Factor* (BEF) sebagaimana dijelaskan oleh Brown (1997) sebagai berikut:

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

Keterangan :

BK = Berat Kering (g)

BB = Berat Basah (g)

c. Biomasa Pohon Mati

Biomasa pohon mati yang masih memiliki cabang akan diukur secara non-destruktif dengan menggunakan rumus allometrik yang sama seperti pada pohon hidup. Sementara untuk pohon mati tanpa cabang, perhitungan biomasa dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan:

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

P = berat jenis kayu mati (0,4 g/cm³)

H = panjang / tinggi nekromasa

D = diameter nekromasa (cm)

$$\text{Total biomasa pohon (kg)} = BK_1 + BK_2 + BK_n$$

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

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

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

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

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 diperoleh akan dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Jumlah karbon yang tersimpan sebesar 138 ton/hektar tergolong dalam kategori baik menurut standar IPCC (2007).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Komposisi agroforestri yang diidentifikasi pada Gapoktan Wana Arba Lestari cukup beragam. Gapoktan Wana Arba Lestari memiliki komposisi tanaman berdasarkan tujuan dan kebutuhan petani, keanekaragaman jenis dan pola tanam yang dikelompokkan menjadi 15 komposisi. Komposisi ini terdiri dari tanaman pokok seperti kopi, pisang, jengkol, dengan tanaman pengisi jenis MPTS maupun kayu keras. Tipe agroforestri yang terdapat pada kemiringan curam memiliki tipe agroforestri sederhana, pada kemiringan landai dan sedang memiliki tipe agroforestri kompleks
2. Nilai INP tertinggi pada setiap fase tanaman terdapat pada kemiringan lahan sedang dengan nilai INP tertinggi fase pohon dimiliki oleh jenis tanaman jengkol (*Archidendron pauciflorum*) dengan nilai INP 123,80 dan jumlah H' berjumlah 2,42, fase tiang dimiliki oleh jenis pisang (*Musa paradisiaca*) dengan nilai INP tertinggi sebesar 133,63 dan nilai H' berjumlah 1,36 pada kemiringan landai. Pada fase pancang nilai INP tertinggi dimiliki oleh kopi robusta (*Coffea robusta*) INP sebesar 128,95 pada kemiringan landai dengan nilai H' berjumlah 0,67 sedangkan untuk fase semai nilai INP tertinggi ada di tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) dengan INP sebesar 92,98 dengan nilai H' berjumlah 1,07 pada kemiringan curam. Tipe agroforestri kompleks pada kemiringan landai dan sedang mempunyai INP lebih tinggi karena jumlah jenis tanaman yang mendominasi lebih tinggi, dan tingkat kerapatan serta frekuensi lebih tinggi dibandingkan agroforestri sederhana pada kemiringan curam. Hasil ini didapat karena adanya perbedaan preferensi petani dalam mengelola lahan, serta adanya perbedaan tempat tumbuh tanaman.
3. Berdasarkan pernyataan dari IPCC, pola tanam agroforestri kompleks dan agroforestri sederhana memiliki stok karbon tersimpan yang diklasifikasikan

baik. Meskipun begitu, simpanan karbon pada pola tanam agroforestri kompleks lebih tinggi daripada karbon yang ada pada pola tanam sederhana. Pada lahan dengan kemiringan curam, simpanan karbon pada agroforestri sederhana mencapai 206,25 ton/ha, sementara pada agroforestri kompleks dengan kemiringan landai dan sedang, jumlahnya adalah 216,89 ton/ha dan 172,35 ton/ha. Dari kondisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa baik agroforestri sederhana maupun kompleks memiliki potensi besar untuk membantu meminimalisir dampak pemanasan global melalui proses penyimpanan karbon.

5.2 Saran

Perlu adanya tindak lanjut dan pengembangan dalam 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 dan memperhatikan kemiringan lahan dalam memilih jenis tanaman yang disukai agar tercapai keberhasilan dalam penanaman. Penelitian yang dapat dilakukan dengan topik agroforestri di Desa Air Bakoman khususnya Gapoktan Wana Arba Lestari adalah peranan agroforestri dengan berbagai kemiringan lahan dalam mempertahankan fungsi 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.
- 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.
- Amin, N., Hasanuddin., Djufri. 2014. Portensi jenis tumbuhan di hutan kota Banda Aceh dalam mereduksi emisi CO₂. *Jurnal EduBio Tropika*. 2(2): 187-250.
- Amin, M., Rachman, I., Ramlah, S. 2016. Jenis Agroforestri dan Orientasi Pemanfaatan Lahan di Desa Simoro Kecamatan Gumbasa Kabupaten Sigi. *Warta Rimba*. 4(1): 97-104.
- Andrian., Supriadi., dan Marpaung, P. 2014. Pengaruh ketinggian tempat dan kemiringan lereng terhadap produksi karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) di Kebun Hapesong PTPN III Tapanuli Selatan. *E-Journal Agroekoteknologi*. 2(3): 981-989.
- Anggraeni, I. dan Wibowo, A. 2007. Pengaruh Pola Tanam Wanatani Terhadap Timbulnya Penyakit dan Produktivitas Tanama Tumpangsari. *Bulletin Info Hutan Tanaman*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. Jakarta.
- 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.
- Arifin, S. 2015. Peranan dan fungsi hukum lingkungan mengantisipasi dampak perubahan iklim pada sumberdaya pesisir Sumatera Utara. *Jurnal Hukum Samudra Keadilan*. 10(2): 168- 176.

- Aulia, L.N., Nugroho, Y., Asyisyifa. 2020. Pengaruh kelas lereng terhadap kerapatan individu dan produksi biomasa tumbuhan bawah di KHDTK Mandiangin. *Jurnal Sylva Scientiae*. 3(1): 140-148.
- 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 Rasoang. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar. 45 hal.
- Bakri, S., Karomani., Ashaf, A.F. 2020. The role of extension participation on risk taking behavior of local elites and the coffee agroforestry farmer's income: a case study at Social Forest Community on Batutegi Forest Management Unit, Lampung Province. *Prosiding IOP Conference*. 1-8 hal.
- 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.
- Bhaskara, D.R. 2017. Karbon Tersimpan pada Repong Damar Pekon Pahmungan Kecamatan Pesisir Tengah Kabupaten Pesisir Barat. *Skripsi*: Universitas Lampung. Lampung.
- 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.
- Budiman, M., Hardiansyah, G., Darwati, H. 2015. Estimasi biomasa 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.
- Budiningsih, K., Ekawati, S., Gamin., Sylviani., Suryandari, E.Y., Salaka, F. 2016. Tipologi dan strategi pengembangan kesatuan pengelolaan hutan di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 13(1): 283-298.
- 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.

- 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.
- Dengen, C. N., Nurcahyo, A. C., dan Kusriani. 2019. Penentuan jenis tanaman berdasarkan kemiringan lahan pertanian menggunakan adopsi linier programming berbasis pengolahan citra. *Jurnal Buana Informatika*. 10(2): 99-111.
- 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.
- 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.
- Elvida, Y.S., dan Sylviani. 2010. Peran dan Koordinasi Para Pihak Dalam Pengelolaan KPH. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 7(3): 227-246.
- 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.
- Erwin. 2016. Komposisi dan struktur vegetasi di Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu (HPKT) Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 52 hlm.
- Fachrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Buku. Bumi Aksara. Jakarta. 198 hlm.
- Fitriani, A., Fauzi, H. 2011. Performasi sistem agroforestri tradisional di Desa Telaga Langsat, Kabupaten Banjar. *Jurnal Hutan Tropis*. 12(32): 175-185.
- Ginoga, A.G. 2022. Standar perencanaan pembangunan wilayah berbasis ekosistem hutan tropis mendukung pembangunan IKN. Standar: *Better Standard Better Living*. 1(2): 17-21.
- Gunawan, W., Basuni, S., Indrawan, A., Prasetyo, L.B., Soedjito, H. 2011. Analisis komposisi dan struktur vegetasi terhadap upaya restorasi kawasan

- hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *JPSL*. 1(02): 93-105.
- 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.
- Hairiah, K., Sardjono, M.A., Sabarnurdin, S. 2003. *Pengantar Agroforestri*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- 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 hlm.
- 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.
- Harianto, S.P., Dewi, B.S. 2017. *Biodiversitas Fauna di Kawasan Budidaya Lahan Basah*. Buku. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 223 hlm.
- 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.
- 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*. PT Bumi Aksara. Jakarta.
- 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 hlm.
- Irama, A. B. 2020. Perdagangan Karbon di Indonesia: Kajian Kelembagaan dan Keuangan Negara. *Info Artha*. 4(01): 83–102.
- 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.
- Ismail, Syamsuddin Millang dan Makkarennu, 2019. Pengelolaan Agroforestry Berbasis Kemiri (*Aleurites moluccana*) dan Pendapatan Petani di Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 11(2): 139-150.
- Kamaruddin, Z.K., Rondonuwo, 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.
- Kartodihardjo, H., Nugroho, B. dan Putro, H. R. 2011. Pembangunan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH). Konsep, Peraturan Perundangan dan Implementasi. Jakarta : Direktorat Wilayah Pengelolaan dan Penyiapan Areal Pemanfaatan Kawasan Hutan Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan.
- Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Batutegi. 2014. *Rencana Pengelolaan Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (RPHJP KPHL) Model Batu Tegi Provinsi Lampung Tahun 2014-2023*. KPHL Batutegi. Bandar Lampung. 95 hlm.
- Latue, Y. A., Pattinama, M. J., dan Lawalata, M. 2018. Sistem Pengelolaan Agroforestri Di Negeri Riring Kecamatan Taniwel Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agribisnis Kepulauan*. 6(3): 213-230.
- Lestari, R.N. 2017. Analisis Karbon di Atas Tanah Sebagai Indikator Kesehatan Hutan Lindung Register 25. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 58 hlm.
- 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.

- Maghfirani, H. N., Hanum, N., Amani, R. D. 2022. Analisis Tantangan Penerapan Pajak Karbon di Indonesia. *Jurnal Riset Ekonomi*. 1(4): 314-321.
- Mandari, D.Z., Gunawan, H., Isda, M.N. 2016. Penaksiran biomasa 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.
- Mardiyanti, D.E., Wicaksono, K.P., Baskara, M. 2013. Dinamika keanekaragaman spesies tumbuhan pasca pertanaman padi. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 24-35.
- Maria, R., Lestiana, H., dan Mulyono, A. 2012. Upaya konservasi tanah dan air dengan agroforestri di Subang Selatan. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Martono. 2004. Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah pada Tanah Regosol Kelabu. Diponegoro University.
- 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 hlm.
- Muthmainnah, Sribianti, I. 2018. Pendapatan masyarakat pada komponen silvopasture dan agrisilvikultur Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 10(1): 136-144.
- 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.
- Muzaki, M.S., Mallombasang, S.N., Sustru. 2017. Komposisi jenis vegetasi hutan pada kesatuan pengelolaan Hutan Produksi Sivia Patuju Kabupaten Tojo Una-Una Provinsi Sulawesi Tengah. *Warta Rimba*. 5(01): 43-48.
- Nadya, N. 2018. *Keragaman Vegetasi pada Areal Lahan Tambang Emas di Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya*. Skripsi. Universitas Siliwangi. Tasikmalaya. 65 hlm.

- Naharuddin. 2017. Komposisi dan struktur vegetasi dalam potensinya sebagai parameter hidrologi dan erosi. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(02): 134-142.
- 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.
- Nganji, M. U., dan Simanjuntak, B. H. 2020. Penentuan Pola Tanam Tanaman Pangan Berdasarkan Neraca Keseimbangan Air di Kecamatan Umu Ratu Nggay Barat, Kabupaten Sumba Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 5(2): 67-75.
- 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 hlm.
- 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.
- 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.
- Nurjaman, D., Kusmoro, J. & Santoso, P. (2017). Perbandingan Struktur dan Komposisi Vegetasi Kawasan Rajamantri dan Batumeja Cagar Alam Pananjung Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Biodjati*. 2(2): 167-179.
- 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.
- Octavia, D., Yeny, I., Ginoga, K.L. 2020. *Pengelolaan Hutan Secara Partisipatif Menuju KPH Hijau untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*. CV Budi Utama. Yogyakarta.

- Pambudi, P.A., Rahardjanto, A., Nurwidodo., Husamah. 2017. Analisis serapa 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.
- Papilo, P., Kunaifi., Erliza, H., Nurmiati., Pari, R.F. 2016. Penilaian potensi biomasa 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.
- Pramulya, R. 2021. *Desain Sistem Pertanian dan Agroindustri Kopi Arabika Gayo Berkelanjutan di Provinsi Aceh*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.Bogor. 227 hlm.
- 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.
- 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.
- Pratama, R., dan Parinduri, L. 2019. Penanggulangan Pemanasan Global. *Buletin Utama Teknik*. 15(1): 91-95.
- 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.
- Possumah, V.C., Akhbar , D., Golar. 2014. Analisis kesesuaian rencana kelola di Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPHP) Dampelas Tinombo. *Warta Rimba*. 2(02): 75-83.
- 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(03): 95-103.

- Puspita, N.T. 2019. *Modal Sosial Masyarakat Pengelola Hutan Kemasyarakatan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegei. Skripsi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung. 61 hlm.
- Puspita, N.T., Qurniati, R., Febryano, I.G. 2020. Modal sosial masyarakat pengelola Hutan Kemasyarakatan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegei. *Jurnal Sylva Lestari.* 8(01): 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.
- 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.
- Putri, S.M., Indriyanto, Riniarti, M. 2019. Komposisi jenis dan struktur vegetasi hutan lindung Bengkunt di Resort III KPH Unit I Pesisir Barat. *Jurnal Silvia Tropika.* 3(01): 118-131.
- Qistina, I., Sukandar, D., Trilaksono. 2016. Kajian kualitas briket biomasa dari sekam padi dan tempurung kelapa. *Jurnal Kimia Valensi.* 2(2): 136-142.
- Rendra, P.P.R., Sulaksana, N., Alam, B.Y. 2016. Optimalisasi pemanfaatan system agroforestri sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi tanah longsor. *Bulletin of Scientific Contribution.* 14(02): 117-126.
- 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 hlm.
- 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.
- Rusdiana, O., Lubis, R.S. 2012. Pendugaan korelasi antara karakteristik tanah terhadap cadangan karbon (carbon stock) pada hutan sekunder. *Jurnal Silviculture Tropika.* 3(1): 14-21.

- Safe'i, R., Wulandari, C., Kaskoyo, H. 2019. Analisis kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan rakyat pola tanam agroforestry di wilayah Kabupaten Lampung Timur. *ANR Conference Series* 02. 97-103.
- 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.
- 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(02): 30-42.
- 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, 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.
- Suanda, D.K. 2016. *Pengaruh Kerapatan Tanaman Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine max L. Merr)*. Universitas Udayana. Denpasar. 12 hlm.
- 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.
- 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.
- Sumilia. 2019. Produktivitas Berbagai Sistem Agroforestri Berbasis Kakao di Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat. *Tesis*. Universitas Andalas. Padang. 130 hlm.
- Suryandari, P., Astiani, D., Dewantar, I. 2019. Pendugaan karbon tersimpan pada tegakan di kawasan Arboretum Sylva Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*. 7(1):112-114.

- Suryono., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., Rozy, E.F. 2018. Estimasi kandungan biomasa dan karbon di hutan mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(1): 1-8.
- Soerianegara, I dan Indrawan, A. 1988. *Ekologi Hutan Indonesia*. Laboratorium Ekologi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Stevanus, C.T., Sahuri. 2014. Potensi peningkatan penyerapan karbon di perkebunan karet Sembawa, Sumatra Selatan. *Widyariset*, 17(3), 363-371.
- Tarigan, D. J. 2017. Keberagaman pertumbuhan vegetasi penutup tanah pada kemiringan lahan yang berbeda di Perkebunan Kelapa Sawit. *Scientific Repository*. Institut Pertanian Bogor.
- 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): 7182.
- 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.
- Tuah, N., Sulaeman, R., Yoza, D. 2017. Penghitungan biomasa dan karbon di atas permukaan tanah di hutan larangan adat Rumbio Kab Kampar. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*. 4(1): 1-10.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., Yani, E. 2017. Analisis biomasa dan cadangan karbon pada berbagai umur tegakan damar (*Agathis dammara* (Lamb.) Rich.) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*. 4(2): 119-124.
- Wahyuningsih, E., Faridah, E., Budiadi., dan Syahbudin, A. (2019). *Komposisi dan Keanekaragaman Tumbuhan Pada Habitat Ketak (Lygodium circinatum* (BURM. (SW.) *di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat*. Jurusan Teknik Kimia USU. 3(1), 18–23.
- Wanderi, Qurniati,R., Kaskoyo, H. 2019. Kontibusi tanaman agroforestri terhadap pendapatan dan kesejahteraan petani. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(01):118-127.
- Wiarta, 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.

- 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.
- 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.
- Wirosoedarmo, R., Sutanahaji, A. T., dan Kurniati, E. 2011. Evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman jagung menggunakan metode analisis spasial. *Agritech*. 31(1): 71-78.
- Wulandari, C. 2021. Identifying climate change adaptation efforts in the Batutegi Forest Management Unit, Indonesia. *Jurnal Forest and Society*. 5(1): 48-59.
- Yamani, A. 2013. Studi kandungan karbon pada hutan alam sekunder di Hutan Pendidikan Mandiangin Fakultas Kehutanan UNLAM. *Jurnal Hutan Tropis*. 1(1): 85-91.
- 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 Batutegi 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*. 114.
- 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.