

Komposisi vegetasi dan potensi karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri di beberapa kemiringan lahan (Studi Kasus Gapoktan Wana Arba Lestari di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutege, Provinsi Lampung)

Rahmat Syahrul Ramadhan¹, Rommy Qurniati^{1*}, Machya Kartika Tsani¹, Slamet Budi Yuwono¹

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jln. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng, Bandar Lampung

*E-Mail: rommy.qurniati@fp.unila.ac.id

Artikel diterima : 24 Januari 2024 Revisi diterima 30 April 2024

ABSTRACT

Agroforestry is one of the solutions to forest problems. Agroforestry has been implemented with various compositions in the Forest Management Unit (KPH) Batutege, 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 Batutege, Lampung Province. The research was conducted in June 2023 using data collection methods and vegetation analysis. The data used are the species 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 all plots in Gapoktan Wana Arba Lestari had different cropping pattern compositions 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 storage are found in complex agroforestry cropping patterns, namely 462 tons/ha and 217.14 tons/ha.

Keyword: Biomass, complex agroforestry, necromasa, simple agroforestry, vegetation analysis.

ABSTRAK

Agroforestri merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan hutan. Agroforestri telah diterapkan dengan komposisi yang beragam di Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutege Provinsi Lampung. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi berbagai komposisi vegetasi, menghitung indeks nilai penting dan karbon tersimpan di Gapoktan Wana Arba Lestari KPH Batutege, Propinsi Lampung di beberapa kemiringan lahan pada pola tanam agroforestri. 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 pada semua plot di Gapoktan Wana Arba Lestari memiliki komposisi pola tanam berbeda 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 biomasa dan simpanan karbon terbesar terdapat pada pola agroforestri kompleks yaitu 462 ton/ha dan 217,14 ton/ha.

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

PENDAHULUAN

Pemanasan global dan perubahan iklim terjadi akibat terganggunya keseimbangan energi bumi dan atmosfer akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca. Peningkatan konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) sebagai bagian dari gas rumah kaca dapat terjadi akibat pengelolaan lahan yang tidak tepat, seperti pembakaran hutan dan pengeringan lahan gambut secara luas dan serentak untuk membuka lahan pertanian baru (Hairiah dan Rahayu, 2007). Upaya mengatasi perubahan iklim

yang terjadi dengan mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) adalah dengan menerapkan pengelolaan hutan berkelanjutan dan mengkonversi atau meningkatkan cadangan karbon hutan (Uthbah dkk., 2017). Salah satu jenis penggunaan lahan yang berdampak terhadap perubahan iklim dan mitigasi gas rumah kaca adalah agroforestri. Jika dilihat secara fisik agroforestri mempunyai struktur tajuk yang berlapis (kompleks) dengan ciri dan akar yang dalam dan beragam, sehingga agroforestri

merupakan salah satu teknik yang ditawarkan untuk adaptasi terhadap pemanasan global melalui perannya dalam mengurangi bencana alam seperti tanah longsor, limpasan permukaan, erosi, hilangnya unsur hara dan keanekaragaman hayati flora dan fauna tanah (Hairiah dan Suprayogo, 2008).

Agroforestri merupakan pola tanam yang dilakukan sebagian besar petani yang menggarap lahan, khususnya pada lahan hutan negara (Ismail, 2019). Berdasarkan jenisnya, agroforestri secara spesifik dapat dibagi menjadi dua bagian, yang pertama adalah agroforestri kompleks dan yang kedua adalah agroforestri sederhana (Latue dkk., 2018). Agroforestri kompleks merupakan suatu teknik pemanfaatan lahan dengan memanfaatkan jenis pohon pada satu lahan yang tumbuh alami atau ditanam sehingga tampak seperti hutan (Sumilia, 2019). Sistem agroforestri sederhana merupakan suatu sistem pertanian dimana pepohonan ditanam secara tumpang sari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim (Latue dkk., 2018).

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi adalah salah satu KPH yang sebagian besar petaninya telah menerapkan pola tanam agroforestri (Novasari dkk., 2020). Komposisi tanaman pada pola agroforestri di KPH Batutegi bervariasi antara lain terdiri dari tanaman pertanian, perkebunan dan pohon hutan, dengan tanaman dominan yaitu kopi (*Coffea arabica*), lada (*Piper nigrum*), karet (*Hevea brasiliensis*), dan pisang (*Musa sp.*) Heryandi dkk.(2022).

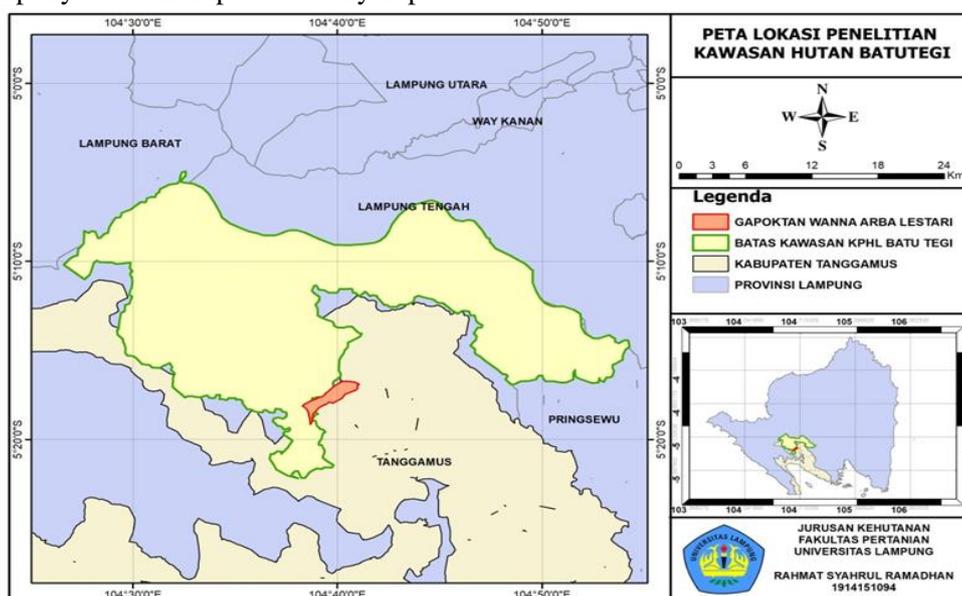
Secara umum pola tanam agroforestri di KPH Batutegi mempunyai kemampuan menyerap

karbon dengan baik. Hasil penelitian Aprianto dkk. (2016) di wilayah Register 39 Datar Setuju KPH Batutegi menunjukkan bahwa cadangan karbon pada sistem tanam agroforestri mempunyai nilai sebesar 534,73 ton/ha. Selain itu, Wulandari dkk. (2021) menyatakan bahwa potensi stok karbon di KPH Batutegi pada pola tanam agroforestri kompleks lebih tinggi dibandingkan dengan agroforestri sederhana yaitu 765.61 ton/ha dan 356.21 ton/ha. Pada penelitian-penelitian tersebut belum dihitung potensi karbon pada pola agroforestri sederhana dan kompleks di berbagai kemiringan lahan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi vegetasi pada sistem agroforestri sederhana dan kompleks, menghitung indeks penting masing-masing jenis tanaman, dan mengukur karbon tersimpan dalam pola agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks pada kemiringan lahan yang berbeda di Gapoktan Wana Arba Lestari, Desa Air Bakoman, Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Pengambilan data penelitian ini dilakukan bulan Juni 2023 di Gapoktan Wana Arba Lestari KPH Batutegi. Petani anggota Gapoktan ini berdomisili di Desa Air Bakoman Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Lokasi Gapoktan Wana Arba Lestari disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

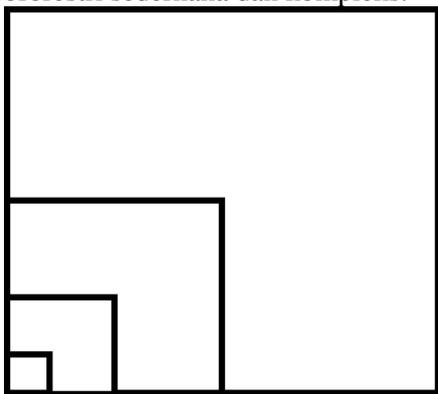
Metode Penelitian

Jenis data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer meliputi komposisi tanaman agroforestri meliputi jenis pohon, diameter pohon, tinggi pohon, dan jumlah pohon per hektar. Data biomasa berupa biomasa hidup dan biomasa nekromasa. Biomasa hidup terdiri dari jenis pohon, tinggi pohon, diameter, berat basah, dan tumbuhan bawah yang digunakan untuk menghitung simpanan karbon. Data nekromasa terdiri dari jenis pohon, diameter dan tinggi pohon, serta berat basah dan berat kering tumbuhan bawah dan serasah. Data sekunder berasal dari sumber pustaka yang mendukung penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan sampel komposisi agroforestri dilakukan pada lahan dengan kemiringan landai, sedang, dan curam. Pemilihan plot ukur dilakukan pada saat di lapangan dengan melihat komposisi tanaman dan kondisi kemiringan yang ada di lahan secara langsung. Lahan yang memiliki pola tanam agroforestri dengan kondisi kemiringan lahan yang landai, sedang, dan curam akan dipilih sebagai titik pengambilan sampel plot ukur pola tanam. Hal ini dilakukan agar data yang diperoleh sesuai dengan target penelitian, sehingga tingkat keakuratan data lebih baik. Titik ukur yang digunakan untuk menentukan INP berbentuk persegi dengan ukuran 20 m × 20 m, 10 m × 10 m, 5 m × 5 m, dan 2 m × 2 m. Data INP diambil untuk mengetahui komposisi dan jenis tanaman yang mendominasi lahan agroforestri sederhana dan kompleks.



Gambar 2. Petak ukur indeks nilai penting yang diletakkan dalam plot ukur biomasa karbon.

Keterangan:

- A : Plot dengan ukuran 2 m × 2 m, digunakan untuk mengambil sampel tingkat semai

- B : Plot dengan ukuran 5 m × 5 m, digunakan untuk mengambil sampel tingkat pancang.
C : Petak berukuran 10 m × 10 m, digunakan untuk pengambilan sampel tingkat tiang.
D : Petak berukuran 20 m × 20 m, digunakan untuk pengambilan sampel tingkat pohon

Identifikasi fase pohon dilakukan pengukuran tinggi pohon dan diameter batang. Plot sampling yang digunakan dalam aspek ekologi ditentukan dengan kemiringan lahan pada agroforestri yang ada di Gapoktan Wana Arba Lestari. Jumlah plot yang digunakan berdasarkan kemiringan landai berjumlah 5 plot dengan kemiringan 8%-15%, kemiringan sedang berjumlah 5 plot sampling dengan 15%-25%, kemiringan curam berjumlah 5 plot dengan kemiringan 25%-65%. Total plot sampling yang digunakan berjumlah 15 plot sampling.

Analisis Data

Indeks Nilai Penting

Data komposisi agroforestri diperoleh dari identifikasi vegetasi di plot sampel, kemudian dianalisis menggunakan metode analisis vegetasi untuk menghitung Indeks Nilai Penting (INP). Indeks ini digunakan untuk menganalisis dominasi suatu spesies pada komunitas tertentu (Pamoengkas & Zamzam, 2017). Untuk memperoleh INP tahapan perhitungan yang digunakan adalah menghitung nilai kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, luas penutupan lahan, luas penutupan lahan relatif, dan terakhir dihitung INP-nya. Persamaan yang digunakan mengacu pada Indriyanto (2006).

Kerapatan

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

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

Frekuensi

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

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

Luas penutupan lahan

$$(D-i) = \frac{\text{Total luas bidang jenis ke-}i}{\text{Luas seluruh petak ukur}}$$

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

Indeks Nilai Penting (INP)

$$INP = KR + FR + DR$$

Indeks Keanekaragaman

Penghitungan Indeks Keanekaragaman menggunakan nilai Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dengan menghitung jumlah per-jenis dan jumlah tanaman. Selain nilai H' digunakan data jumlah pohon/ha ditiap komposisi vegetasi yang ada sebagai salah acuan dalam pengelolaan HKM. Rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai indeks keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener (H') merujuk pada Indriyanto (2006).

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

Keterangan:

$$Pi = (ni/N)$$

H' = Indeks Keanekaragaman Shannon-Weiner

ni = Jumlah individu jenis ke-i

N = Jumlah individu seluruh jenis

Biomasa Pohon

Pengukuran biomasa pohon dilakukan pada plot pengukuran yang telah ditentukan. Petak berukuran 20 m x 20 m. Rumus persamaan alometrik (Tabel 1) digunakan untuk menghitung taksiran biomasa pohon. Pendugaan biomasa jenis pohon yang tidak tercantum pada Tabel 1 dilakukan dengan menggunakan perhitungan rumus untuk pohon bercabang dan pohon tidak bercabang.

Tabel 1. Rumus allometrik untuk menghitung biomasa pohon

No.	Jenis Pohon	Rumus Allometrik	Sumber
1	Mahoni	BK = 0,902 (D ² H) ^{0,08}	Nugroho (2014)
2	Jati	BK = 0,015 (D ² H) ^{1,08}	Nugroho (2014)
3	Sengon	BK = 0,020 (D ² H) ^{0,93}	Nugroho (2014)
4	Akasia	BK = 0,077 (D ² H) ^{0,90}	Nugroho (2014)
5	Pohon bercabang	BK = 0,11ρ (D) ^{2,62}	Hairiah dan Rahayu (2007)
6	Pohon tidak bercabang	BK = π ρ D ² H / 40	Hairiah dan Rahayu (2007)
7	Kopi	BK = 0,281 (D) ^{2,06}	Hairiah dan Rahayu (2007)
8	Pisang	BK = 0,030 (D) ^{2,13}	Hairiah dan Rahayu (2007)
9	Palm	BK = B A *H* ρ	Hairiah dan Rahayu (2007)
10	Karet	BK = 3,42 D ^{1,15}	Saragih (2016)

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

$$\text{Total biomasa pohon (kg)} = BK1 + BK2 + BKn$$

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

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

$$Bap = v \times BJ \times BEF \times f$$

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

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

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 faktor (1,67 default).

f = Faktor angka bentuk pohon (0,7 default).

Tumbuhan Bawah dan Serasah

Tumbuhan bawah merupakan salah satu penyimpan karbon di atas permukaan tanah. Tumbuhan bawah meliputi perdu yang diameter

batangnya kurang dari 5 cm, tumbuhan merambat, rerumputan atau ilalang, serta tumbuhan bawah berkayu (Hartati dkk., 2021). Menurut Hairiah dkk., (2011) estimasi biomasa tumbuhan bawah dan serasah dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan :

BK = Berat Kering (g)

BB = Berat Basah (g)

Biomasa Pohon Mati

Biomasa dari pohon mati dihitung dengan menggunakan metode non-destruktif. Pengukuran biomasa pohon mati yang mempunyai cabang dilakukan dengan menggunakan rumus alometrik seperti pohon hidup, sedangkan untuk pohon yang tidak mempunyai cabang dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

ρ = Berat jenis kayu mati (0,4 g/cm³)

H = Panjang/tinggi nekromasa

D = Diameter nekromasa (cm)

Total = BK1 + BK2 + BK_n

biomasa

pohon (kg)

Biomasa per = (Biomasa (kg))/(luas area (m²))

satuan luas

(ton/ha

C = Biomasa total x 0,47

C plot = C pohon + C nekromasa + C serasah + C tumbuhan bawah

C total = $\left(\frac{\sum C_{plot}}{n_{plot}}\right) \times Luas\ areal$

Keterangan:

C total = Total cadangan karbon(ton

n plot = Total plot

C plot = Total kandungan karbon per hektar (ton/ha)

Luas areal = Luas total lahan (ha)

Data INP dan data simpanan karbon yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Tanam

Komposisi tanaman di Gapoktan Wana Arba Lestari yang dibahas pada penelitian ini secara umum dibagi menjadi tanaman utama dan tanaman pengisi. Tanaman utama merupakan tanaman yang mendominasi di lahan petani. Tanaman utama yang ditanam oleh petani adalah kopi. Dominasi tanaman kopi membentuk pola tanam yang berbeda-beda sesuai dengan jenis tanaman pengisinya. Komposisi tanaman penyusun agroforestri biasanya terdiri atas tanaman pertanian (padi, jagung) atau tanaman perkebunan (kakao, kopi, cengkeh), tanaman berkayu dan tanaman buah-buahan (kelapa, pisang, MPTs) (Asmi dkk., 2014). Pada dasarnya petani memiliki kecenderungan yang sama dalam pemilihan jenis tanaman. Secara lengkap jenis tanaman dan jumlah tanaman di masing-masing gapoktan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pola dan jenis tanaman di Gapoktan Wana Arba Lestari

Kemiringan	Plot	Jenis Tanaman	Tipe Agroforestri
Landai	1	Jambu Air, Kopi, Pisang, Gamal, Pisang, Cabe Rawit	Af. Kompleks
	7	Alpukat, Lamtoro, Pala, Sirsak, Randu, Pisang, Kakao, Kopi, Paku	Af. Kompleks
	9	Jengkol, Kelapa, Ketapang, Waru, Pisang, Kopi, Paku	Af. Kompleks
	10	Mahoni, Jengkol, Kakao, Kopi, Cabai Rawit, Paku	Af. Kompleks
	12	Alpukat, Gamal, Pisang, Pala, Kopi	Af. Kompleks
Sedang	2	Jengkol, Kopi, Pisang, Kencur, Cabe Rawi	Af. Kompleks
	3	Jengkol, Cempaka, Pala, Pisang, Kopi, Jengkol, Gamal, Pinang, Singkong,	Af. Kompleks
	8	Mahoni, Kopi, Pisang, Paku	Af. Kompleks
	14	Durian, Aren, Kelapa, Petai, Kakao, Pala, Kedondong, Waru, Kopi, Pisang, Serai, Pinang, Cabe Rawit	Af. Kompleks
Curam	15	Durian, Suren, Aren, Waru, Jati, Petai, Cengkeh, Jengkol, Pala, Pisang, Kopi	Af. Kompleks
	4	Cengkeh, Randu, Cempaka, Kopi, Pisang, Pala, Kakao, Jeruk	Af. Sederhana
	5	Jabon, Kelapa, Sengon, Cengkeh, Cempaka, Kopi, Kakao	Af. Sederhana
	6	Jambu Biji, Sengon, Kakao, Pisang, Paku	Af. Sederhana
	11	Durian, Pala, Kopi, Pisang, Pala, Kopi, Pisang, Kopi, Pisang	Af. Sederhana
	13	Karet, Jengkol, Gamal, Pala, Gamal, Kopi, Pisang	Af. Sederhana

Tabel 2 menunjukkan bahwa semua plot memiliki komposisi tanaman yang berbeda tergantung pada tanaman pengisinya sedangkan tanaman utama relatif sama yaitu kopi dan pisang. Selain kopi dan pisang terdapat kesamaan lainnya berupa adanya tanaman *Multi Purpose Tree Species* (MPTS) sebagai tanaman pengisinya. Tanaman MPTS menjadi tanaman penayang sekaligus penambah penghasilan petani disamping tanaman utama. Gapoktan Wana Arba Lestari juga telah

memanfaatkan ruang tumbuh dibawah jenis tanaman pepohonan dengan menanam tanaman

bawah. Jenis tanaman yang dominan di lahan landai sampai curam tidak berbeda, petani belum memperhatikan kondisi lahan dalam pemilihan jenis tanamannya. Pemilihan jenis tanaman khususnya tanaman dominan pada setiap lahan petani memiliki kecenderungan yang sama. Hal ini dikarenakan kesesuaian lahan garapan dan pertimbangan nilai ekonomi dan kebutuhan dari tanaman yang dipilih. Meskipun demikian beberapa petani memiliki jenis tanaman yang berbeda pada tiap pola tanam lahan garapannya. Kebanyakan petani memilih jenis tanaman yang sama seperti kopi dan pisang, jenis tanaman tersebut dinilai berhasil untuk

dikembangkan. Keberhasilan petani dalam mengembangkan tanaman jenis tertentu dilahannya akan memberikan dorongan petani lain untuk ikut menanam jenis tersebut. Petani di Gapoktan Wana Arba lestari sudah menerapkan pola tanam agroforestri. Tanaman tajuk tinggi yang membentuk pola agroforestri umumnya berupa tanaman MPTS. Tanaman kayu (kehutanan) teridentifikasi dalam jumlah kecil di semua plot. Pada Tabel 2 terdapat pola tanam agroforestri kompleks dan sederhana.

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 dkk., 2017). Agroforestri kompleks terdapat pada lahan dengan kemiringan landai dan sedang, sedangkan pada lahan kemiringan curam yang justru memiliki pola tanam agroforestri sederhana. Kondisi ini perlu dikaji lebih lanjut dengan data yang lebih luas, mengingat kondisi lahan di Gapoktan Wana Arba Lestari banyak yang curam. Selain itu data awal ini juga menunjukkan pentingnya penyadartahuan petani akan pentingnya

pohon (tanaman tajuk tinggi) untuk konservasi lahan garapan terutama pada lahan yang curam.

Indeks Nilai Penting

Indeks Nilai Penting (INP) didapatkan melalui perhitungan jumlah kerapatan relatif, frekuensi relatif dan dominansi relatif pada suatu wilayah. Semakin tinggi INP suatu daerah maka semakin penting peranan jenis tumbuhan tersebut dalam suatu komunitas (Kamaruddin dkk., 2016). Nilai INP juga dapat menunjukkan jenis tumbuhan yang mendominasi, kerapatan, dan frekuensi tumbuhan pada suatu lahan (Pamoengkas dan Zamzam, 2017; Lestari, 2017). Perhitungan INP dilakukan pada tanaman dengan fase pohon, tiang, pancang, dan semai yang ada di wilayah KPH Batutegi khususnya di Gapoktan Wana Arba Lestari.

Fase Pohon

Jenis tanaman dengan fase pohon merupakan tanaman yang telah memiliki diameter lebih dari 20 cm. Plot berukuran 20 m x 20 m digunakan untuk mengukur jenis tumbuhan fase pohon. Hasil pada perhitungan INP dan Nilai Indeks Keanekaragaman terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai INP dan H' fase pohon pada lahan dengan kemiringan landai, sedang, dan curam.

Kemiringan	Jenis Tanaman		INP	Indeks Keanekaragaman (H')
	Nama Lokal	Nama Ilmiah		
Landai	Jambu air	<i>Syzygium aqueum</i>	17,84	2,49
	Alpukat	<i>Persea americana</i>	33,96	
	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	24,97	
	Sirsak	<i>Syzygium aromaticum</i>	16,21	
	Randu	<i>Ceiba pentandra</i>	16,21	
	Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	16,21	
	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	31,10	
	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	16,21	
	Waru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	48,61	
	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	16,94	
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	33,09	
	Pala	<i>Myristica fragrans</i>	28,67	
	Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	123,80	
	Cempaka	<i>Magnolia champaca</i>	17,88	
	Pala	<i>Myristica fragrans</i>	8,37	
Sedang	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	27,31	2,42
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	9,43	
	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	23,48	
	Aren	<i>Arenga pinnata</i>	20,85	
	Petai	<i>Parkia speciosa</i>	19,46	
	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	9,27	
	Suren	<i>Toona sinensis</i>	14,49	
	Waru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	8,19	
Jati	<i>Tectona grandis</i>	9,27		

	Cengkeh	<i>Syzygium aromaticum</i>	8,19	
	Cengkeh	<i>Syzygium aromaticum</i>	35,16	
	Randu	<i>Ceiba pentandra</i>	24,36	
	Cempaka	<i>Magnolia champaca</i>	40,23	
	Jabon	<i>Neolamarckia cadamba</i>	32,93	2,34
Curam	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	17,35	
	Sengon	<i>Albizia chinensis</i>	20,54	
	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	38,12	
	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	31,13	
	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	26,18	
	Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	17,35	
	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	16,66	

Nilai INP pohon tertinggi teridentifikasi pada jenis tanaman waru (*Hibiscus tiliaceus*) untuk lahan dengan kemiringan yang landai yaitu 48,61, dengan jumlah indeks keanekaragaman 2,49, sedangkan pada lahan dengan kemiringan sedang teridentifikasi pada tanaman jengkol (*Archidendron pauciflorum*) yaitu 123,80, dengan jumlah indeks keanekaragaman sebesar 2,42. Tanaman cempaka (*Magnolia champaca*) memiliki INP tertinggi pada lahan dengan kemiringan curam yaitu 40,23 dengan jumlah indeks keanekaragaman sebesar 2,34. Semakin tinggi nilai INP akan menunjukkan tingginya tingkat dominansi setiap jenis tanaman (Tiurmasari dkk., 2016). Indeks keanekaragaman pada fase pohon tergolong dalam kategori sedang. Ini mengacu pada Fachrul, (2007) yang menyatakan bahwa jika nilai H' kurang dari 1 maka nilai keanekaragaman jenis termasuk dalam kategori rendah, jika nilai H' = 1 sampai 3 maka tergolong sedang, dan jika nilai H' lebih dari 3 maka nilai keanekaragaman tergolong jenis dalam kategori tinggi. Indeks keanekaragaman pada kemiringan landai, sedang, dan curam masuk ke dalam kategori sedang karena nilai H' rata-rata 2 dari setiap kemiringan. Nilai H' bergantung pada tingkat dominansinya, semakin tinggi tingkat dominansinya maka semakin sedikit keanekaragamannya (Wahyuningsih dkk., 2019).

Jenis tanaman pada tingkat pohon yang mendominasi merupakan tanaman yang berperan sebagai penanung tanaman kopi robusta (*Coffea robusta*). Pola penanaman dengan kemiringan yang landai memiliki komposisi enam jenis tanaman kehutanan dan tujuh jenis tanaman MPTS, di lahan dengan kemiringan sedang terdiri dari enam jenis tanaman kehutanan dan sembilan jenis tanaman MPTS, sedangkan di lahan dengan kemiringan curam terdapat lima jenis tanaman kehutanan dan tujuh jenis tanaman MPTS. Hasil me nunjukkan bahwa lahan dengan kemiringan landai dan sedang memiliki pola tanam agroforestri kompleks sedangkan lahan dengan kemiringan curam memiliki pola tanam agroforestri sederhana. Perbedaan agroforestri sederhana dan kompleks terlihat pada banyaknya jenis pohon yang ditanam bersamaan dengan jenis tanaman dan tanaman pertanian lainnya (Sumilia, 2019).

Fase Tiang dan Pancang

Fase tiang merupakan fase tanaman yang memiliki diameter batang antara 10 cm – 20 cm dan ditemukan pada plot ukur berukuran 10 m x 10 m. Perbedaan jenis tanaman terlihat antara fase tiang dan fase pancang pada kemiringan landai, sedang, dan curam. Hasil perhitungan INP pada fase tiang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai INP dan indeks keanekaragaman pada fase tiang pada lahan dengan kemiringan landai, sedang, dan curam.

Kemiringan	Jenis Tanaman		INP	Indeks Keanekaragaman (H')
	Nama Lokal	Nama Ilmiah		
Landai	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	78,26	1,36
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	133,63	
	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	16,81	
	Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	20,89	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	33,60	
	Pala	<i>Myristica fragrans</i>	16,81	
Sedang	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	110,06	1,83
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	70,87	
	Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	11,64	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	12,00	
	Pala	<i>Myristica fragrans</i>	28,13	
	Kedondong	<i>Spondias dulcis</i>	11,19	

Kemiringan	Jenis Tanaman		INP	Indeks Keanekaragaman (H')
	Nama Lokal	Nama Ilmiah		
Curam	Waru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	11,57	1,64
	Aren	<i>Arenga pinnata</i>	21,14	
	Petai	<i>Parkia speciosa</i>	9,33	
	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	14,08	
	Pala	<i>Myristica fragrans</i>	74,99	
	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	105,62	
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	46,39	
	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	24,21	
	Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	12,97	
	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	12,78	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	11,52	
Jeruk nipis	<i>Citrus aurantifolia</i>	11,52		

Sebagian besar jenis tanaman yang ada pada fase pancang ditemukan pada fase tiang, tetapi pada fase tiang jumlah jenis tanaman lebih sedikit. Hal ini terjadi karena jenis tanaman pada fase tiang dan pancang merupakan tanaman yang masih berumur

muda atau baru ditanam oleh petani. Pengukuran nilai INP jenis tanaman pada fase pancang dilakukan dengan bantuan plot ukur berukuran 5 m × 5 m. Secara lengkap hasil perhitungan INP pada fase pancang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai INP dan indeks keanekaragaman pada fase pancang pada lahan dengan kemiringan landai, sedang, dan curam.

Kemiringan	Jenis Tanaman		INP	Indeks Keanekaragaman (H')
	Nama Lokal	Nama Ilmiah		
Landai	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	122,12	0,84
	Alpukat	<i>Persea Americana</i>	12,42	
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	28,18	
	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	12,42	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	24,85	
Sedang	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	128,95	0,67
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	49,12	
	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	10,96	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	10,96	
Curam	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	92,77	0,94
	Cengkeh	<i>Syzygium aromaticum</i>	23,31	
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	72,26	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	11,66	

Jenis tanaman kopi robusta (*Coffea robusta*) dan pisang (*Musa paradisiaca*) memiliki nilai INP tertinggi pada fase tiang dan pancang. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman kopi robusta dan pisang merupakan jenis tanaman yang paling banyak dijumpai di KPH Batutegi, khususnya Gapoktan Wana Arba Lestari. Agroforestri kompleks pada fase tiang memiliki jenis tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) dengan nilai INP tertinggi sebesar 133,63 dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,36 dan jenis tanaman kopi (*Coffea robusta*) pada kemiringan lahan sedang memiliki INP sebesar 110,06 dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,83 dan pada kemiringan lahan curam dengan pola tanam agroforestri sederhana jenis tanaman kopi (*Coffea*

robusta) memiliki INP sebesar 105,62 dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,64, sedangkan tanaman kopi robusta (*Coffea robusta*) fase semai mempunyai INP terbesar yaitu 122,12 pada kemiringan landai pada agroforestri kompleks dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 0,84. Tanaman kopi robusta (*Coffea Robusta*) pada agroforestri kompleks dengan kemiringan sedang mempunyai INP sebesar 128,95 dan nilai indeks keanekaragaman sebesar 0,67. Lahan dengan kemiringan curam terdapat tanaman kopi robusta (*Coffea robusta*) dengan INP sebesar 92,77 dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 0,94.

Fase Semai

Semai merupakan tanaman yang memiliki tinggi maksimal 1,5 m. Nilai INP tertinggi fase semai dalam plot ukur pola tanam agroforestri adalah nilai INP jenis tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) yaitu 90,98. Hasil penelitian nilai INP pada fase

semai disajikan dalam Tabel 6. Pada fase semai di semua plot tidak ditemukan jenis tanaman tajuk tinggi baik berupa tanaman kayu maupun MPTS. Ini menunjukkan belum ada upaya untuk menambah tanaman tajuk tinggi pada lahan garapan petani.

Tabel 6. Nilai INP rata-rata dan indeks keanekaragaman fase semai pada lahan dengan kemiringan landai, sedang, dan curam.

Kemiringan	Jenis Tanaman		INP	Indeks Keanekaragaman (H')
	Nama Lokal	Nama Ilmiah		
Landai	Cabai rawit	<i>Capsicum annuum</i>	30,92	1,50
	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	39,61	
	Paku	<i>Pteridium aquilinum</i>	59,42	
	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	24,15	
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	45,89	
	Kencur	<i>Kaempferia galanga</i>	32,25	
Sedang	Cabai rawit	<i>Capsicum annuum</i>	29,61	1,82
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	54,57	
	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	22,64	
	Pinang	<i>Areca catechu</i>	20,31	
	Singkong	<i>Manihot esculenta</i>	11,32	
	Paku	<i>Pteridium aquilinum</i>	15,66	
Curam	Serai	<i>Cymbopogon citratus</i>	13,64	1,07
	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	70,43	
	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	92,98	
	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	13,53	
	Paku	<i>Pteridium aquilinum</i>	23,06	

Secara keseluruhan nilai INP tanaman tertinggi pada fase pohon dimiliki oleh jengkol (*Archidendron pauciflorum*) dengan nilai INP 123,80. Fase tiang dimiliki oleh pisang (*Musa paradisiaca*) dengan nilai INP tertinggi 133,63 dan pancang dimiliki oleh kopi robusta (*Coffea robusta*) INP sebesar 108,19, sedangkan untuk fase semai nilai INP tertinggi ada pada jenis tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) dengan INP sebesar 92,98. Nilai indeks keanekaragaman secara keseluruhan tertinggi pada fase pohon yaitu 2,49 terdapat pada kemiringan lahan landai. Pada fase tiang dengan kemiringan lahan sedang memiliki nilai indeks keanekaragaman paling tinggi yaitu 1,83, sedangkan pada fase pancang nilai indeks keanekaragaman dimiliki pada dengan kemiringan lahan curam yaitu 0,94, fase semai nilai indeks keanekaragaman paling tinggi dimiliki pada kemiringan sedang sebesar 1,82. Pada semua kemiringan lahan nilai INP tertinggi terdapat pada jenis tanaman yang bernilai ekonomi tinggi. Tanaman kayu yang belum dimanfaatkan secara ekonomi seperti waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan gamal (*Gliricidia sepium*) memiliki INP yang rendah. Tingginya nilai INP pada lahan agroforestri dipengaruhi oleh jumlah jenis tanaman dominan yang lebih banyak, serta tingkat

kerapatan, frekuensi dan jumlah tanaman yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan preferensi petani dalam mengelola lahan, serta adanya perbedaan tempat tumbuh tanaman seperti kesuburan tanah (Suanda, 2016). Perbedaan ini mengakibatkan kepadatan pada agroforestri sederhana lebih rendah dibandingkan agroforestri kompleks.

Biomassa

Biomassa merupakan bahan organik tanaman hidup maupun tanaman mati yang merupakan bagian dari biomassa permukaan tanah, yang dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman (Azham, 2015; Papilo dkk., 2016). Biomassa tanaman dapat menunjukkan tingginya nilai karbon tersimpan tanaman, karena hampir setengah biomassa tumbuhan disusun oleh unsur karbon (Mandari dkk., 2016). Semakin tinggi stok biomasa tanaman maka akan semakin berperan dalam upaya meminimalisir efek pemanasan global melalui penyimpanan karbon dan semakin tinggi tingkat keanekaragaman yang ada (Tuah dkk., 2017). Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi jumlah biomasa dan karbon tidak hanya frekuensi atau lamanya penyiangan, tetapi juga dipengaruhi oleh kecepatan pertumbuhan masing-masing jenis,

kondisi tanaman itu sendiri (ukuran dan tinggi tanaman), dan kemampuan menyerap karbon (Susanti dkk., 2021). Hal ini dibuktikan dengan INP yang lebih besar pada agroforestri kompleks diikuti dengan nilai biomasa yang juga lebih tinggi

dibandingkan agroforestri sederhana. Biomasa tanaman pada berbagai kemiringan lahan dengan pola agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi total biomasa pada tiap plot dan kemiringan

Kemiringan	Plot	Pohon Hidup (ton/ha)		Pohon Mati (ton/ha)		Tumbuhan Bawah (ton/ha)	Serasah (ton/ha)	Total
		Fase Pohon	Tiang & Pancang	Fase Pohon	Tiang & Pancang			
Landai	1	1,63	37,94		0,008	4,80	47,60	91,97
	7	67,91	4,67			7,20	46,00	125,78
	9	17,52	3,40			7,60	54,40	82,92
	10	0,02	7,10			9,60	47,20	63,92
	12	2,86	6,00	0,023		5,20	82,80	96,88
	Jumlah	89,94	59,11	0,023	0,008	34,40	278,00	461,47
	Rata Rata	17,988	11,82	0,023	0,008	6,88	55,60	92,29
Sedang	2	2,30	17,29		0,003	5,20	50,00	74,79
	3	6,98	14,09		0,004	3,60	73,20	97,87
	8	0,84	7,24			6,40	35,60	50,08
	14	9,83	13,75			8,00	53,60	85,18
	15	12,58	1,41			7,20	37,60	58,79
	Jumlah	32,53	53,78		0,007	30,40	250,00	366,71
	Rata Rata	6,506	10,76		0,0035	6,08	50,00	73,34
Curam	4	9,50	30,30			4,00	44,90	88,60
	5	8,96	19,73			4,00	82,80	115,49
	6	15,91	0,99			6,40	42,00	65,29
	11	4,13	8,40			10,00	69,20	91,73
	13	3,33	18,00			7,60	48,80	77,73
	Jumlah	41,83	77,42			32,00	287,70	438,84
	Rata Rata	8,336	15,484			6,40	57,54	87,768

Tingkat pohon nilai karbon tersimpan memiliki rata-rata yang lebih besar dibandingkan fase tumbuhan bawah dan serasah. Intensitas sinar matahari menjadi salah satu penyebab perbedaan nilai rata-rata karbon antara fase pohon dengan fase tumbuhan bawah dan serasah. Tajuk tumbuhan atas menghalangi intensitas sinar matahari yang tembus ke lantai hutan, sehingga tumbuhan bawah dan serasah menerima sinar matahari dengan jumlah yang terbatas (Pambudi dkk., 2017; Harianto dan Dewi, 2017). Tumbuhan bawah dan serasah memiliki nilai karbon tersimpan yang relatif rendah dibandingkan dengan fase pohon, namun akan tetap memiliki peran terhadap penyimpanan karbon (Yunita, 2016).

Perbedaan nilai biomasa juga terdapat pada fase tumbuhan bawah dan serasah. Nilai biomasa tumbuhan bawah dan serasah pada agroforestri kompleks dengan kondisi lahan landai sebesar 34,4 ton/ha. Lahan kemiringan sedang memiliki nilai tumbuhan bawah dan serasah sebesar 30,4 ton/ha, sedangkan agroforestri sederhana dengan kemiringan curam sebesar 32 ton/ha. Hal ini berkaitan dengan

kepadatan tanaman pada setiap pola tanam. Kerapatan tanaman dapat mempengaruhi intensitas sinar matahari yang menembus ke dalam hutan. Semakin rapat tegakan maka sinar matahari yang menembus hutan akan semakin sedikit karena akan tertutup oleh tajuk sehingga dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan tingkat rendah (Aulia dkk., 2020). Hasil penelitian (Ali dkk., 2019), yang menyatakan bahwa kerapatan pohon dapat menentukan ketersediaan cahaya matahari yang diterima oleh tumbuhan bawah serta kuantitas dan kualitas serasah. Pola penanaman agroforestri sederhana memiliki biomasa tumbuhan bawah tanah dan serasah yang lebih rendah dibandingkan dengan agroforestri kompleks. Semakin tinggi kerapatan tanaman pada fase pohon, maka semakin kecil nilai biomasa pada fase tumbuhan bawah akibat persaingan mendapatkan sinar matahari (Wiarta dkk., 2017; Nofrianto dkk., 2018; Hanafi dkk., 2018; Rajagukguk dkk., 2018). Umur dan kerapatan tajuk tegakan memengaruhi jumlah biomassa tumbuhan .

bawah dan serasah (Budiman dkk., 2015; Erly dkk., 2019; Azham, 2015; Danial dkk., 2019).

Biomasa pohon mati ditemukan hanya di kemiringan lahan landai dan sedang, pada kemiringan lahan landai ditemukan biomasa pohon mati pada plot 1 dan 12 dan memiliki nilai biomasa sebesar 0,023 ton/ha dan 0,008 ton/ha, sedangkan pada lahan dengan sedang memiliki dua biomasa pohon mati pada plot 2 dan 3 dengan nilai bomasa 0,003 ton/ha dan 0,004 ton/ha. Lahan dengan kemiringan landai memiliki biomasa pohon pada fase pohon, tiang, dan pancang paling besar dengan jumlah biomasa sebesar 67,91 ton/ha dan 37,94 ton/ha. Secara keseluruhan lahan dengan kemiringan ladai memiliki total nilai biomasa palig besar dengan biomasa sebesar 461,47 ton/ha. Besarnya nilai biomasa menunjukkan pentingnya proses fotosintesis pada tumbuhan karena mampu mengikat dan menyimpan karbon yang ada di atmosfer.

Karbon Tersimpan

Agroforestri mempunyai peran yang lebih besar dalam meminimalkan dampak pemanasan global. Penerapan agroforestri dapat dijadikan sebagai salah satu upaya mitigasi perubahan iklim khususnya di wilayah Kabupaten Tanggamus dengan mengacu pada nilai simpanan karbon yang diperoleh. Aksi mitigasi perubahan iklim dapat dilakukan dengan menekankan konsentrasi CO₂ di atmosfer melalui penyimpanan karbon pada tumbuhan (Irsadi dkk., 2017). Akumulasi karbon tersimpan tegakan, tumbuhan bawah, dan serasah pada lahan merupakan nilai total karbon tersimpan pada lahan. Karbon tersimpan memiliki keterkaitan dengan biomasa yang ada pada wilayah tertentu (Suryono dkk., 2018). Semakin tinggi biomasa maka akan semakin tinggi juga stok karbon tersimpan yang ada (Qistina dkk., 2016). Nilai karbon tersimpan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi total karbon pada tiap plot dan kemiringan

Kemiringan	Plot	Pohon Hidup		Pohon Mati		Tumbuhan Bawah (ton/ha)	Serasah (ton/ha)	Total
		(ton/ha)	(ton/ha)	(ton/ha)	(ton/ha)			
		Fase Pohon	Tiang & Pancang	Fase Pohon	Tiang & Pancang			
Landai	1	0,76	17,83		0,004	2,26	22,37	43,23
	7	31,92	2,20			3,38	21,62	59,12
	9	8,23	1,60			3,57	25,57	38,97
	10	0,01	3,34			4,51	22,18	30,04
	12	1,34	2,82	0,011		2,44	38,92	45,53
	Jumlah	42,26	27,79	0,011	0,160	16,16	130,66	216,89
	Rata-Rata	8,452	5,56	0,011	0,160	3,232	26,132	43,38
Sedang	2	1,08	8,12		0,001	2,44	23,50	35,15
	3	3,28	6,62		0,002	1,69	34,40	46,00
	8	0,40	3,40			3,01	16,73	23,54
	14	4,62	6,46			3,76	25,19	40,03
	15	5,91	0,66			3,38	17,67	27,63
	Jumlah	15,29	25,26		0,003	14,3	117,49	172,35
	Rata-Rata	3,058	5,05		0,002	2,86	23,50	34,47
Curam	4	4,47	14,24			1,88	21,00	41,84
	5	4,21	9,27			1,88	38,92	54,28
	6	7,48	0,46			3,01	19,74	30,69
	11	1,94	3,95			4,70	32,52	43,11
	13	1,56	8,46			3,57	22,94	36,53
	Jumlah	19,66	36,38			15,04	135,12	206,25
	Rata-Rata	3,932	7,276			3,008	27,024	41,25

Penelitian ini menunjukkan bahwa nilai simpanan karbon pada agroforestri kompleks lebih tinggi dari agroforestri sederhana, baik pada fase pohon, tiang, pancang, tumbuhan bawah, maupun serasah. Terdapat perbedaan nilai simpanan karbon

fase pohon yang signifikan antara agroforestri kompleks dan sederhana, yaitu masing-masing sebesar 42,26 ton/ha pada kemiringan landai, 15,29 ton/ha pada kemiringan sedang, dan 19,66 ton/ha pada kemiringan curam. Nilai karbon tersimpan

pada agroforestri kompleks dan sederhana sebesar 216,89 ton/ha dan 172,35 ton/ha di lahan dengan kemiringan landai dan sedang sedangkan pada lahan dengan kemiringan curam nilai karbon yang tersimpan sebesar 206,25 ton/ha. Perbedaan ini antara lain dipengaruhi oleh jenis dan jumlah pohon yang berbeda. Keputusan petani pada pemilihan jenis tanaman berdasarkan kebutuhan dan keinginan petani serta kerapatan tajuk tanaman yang sudah ada di lahannya yang dapat menyebabkan kurangnya intensitas sinar matahari dan juga terdapat perbedaan dalam teknik pengelolaan tanaman (Wijana, 2013; Pambudi dkk., 2017; Dzulkipli dkk., 2018; Hartoyo dkk., 2019).

Simpanan karbon pola agroforestri sederhana dan kompleks pada berbagai kemiringan lahan termasuk dalam kategori baik. Hal ini mengacu pada IPCC (2007) dimana simpanan karbon dikategori baik jika memiliki nilai 138 ton/ha atau lebih, begitu pula sebaliknya. Kendati demikian, nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan karbon tersimpan yang dihasilkan pada penelitian lain di KPH yang sama. Penelitian Aprianto dkk. (2016) menunjukkan cadangan karbon tersimpan pada pola tanam agroforestri di wilayah Register 39 Datar Setuju KPH Batutege memiliki nilai sebesar 534,73 ton/ha. Penelitian Novasari dkk. (2021), menunjukkan bahwa nilai karbon tersimpan sebesar 765.61 ton/ha pada agroforestri kompleks dan sebesar 356.21 ton/ha pada agroforestri sederhana. Penelitian Heryandi dkk. (2022) menunjukkan nilai stok karbon pada empat Gapoktan yang diteliti (Gapoktan Cempaka, Hijau Makmur, Mahardika, dan Sinar Harapan) di KPHL Batutege berkisar antara 524,5 ton/ha sampai 714,0 ton/ha. Hal ini diduga karena keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada lebih rendah dibandingkan dengan lokasi penelitian lainnya yang kemudian mempengaruhi jumlah biomasa dan karbon yang ada. Seperti yang dinyatakan oleh (Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu, 2011) bahwa perbedaan jumlah karbon yang tersimpan di berbagai lahan bergantung pada variasi keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan, sifat tanah, dan juga metode pengelolaannya. Selain itu penggunaan plot yang kecil (20 x 20 m) kurang mampu menangkap keragaman tanaman yang ada di lahan petani mengingat pola agroforestri yang diterapkan tidak menggunakan jarak tanam yang sama dan tanaman menyebar secara tidak beraturan sehingga pada penelitian agroforestri selanjutnya disarankan untuk menggunakan plot yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada EXPLORE pada Program RECOFTC, Bangkok, Thailand atas pendanaan penelitian ini dan juga kepada KPH Batutege, Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS), dan semua petani Gapoktan Wana Arba Lestari yang telah mendukung dan bekerjasama dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali A, Dai D, Akhtar K, Teng M, Yan Z, Urbina-cardona N, 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), 1 – 15. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00775>
- Aprianto D, Wulandari C Masruri NW. 2016. Karbon tersimpan pada kawasan sistem agroforestry di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutege Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(1), 21–30.
- Asmi, Qurniati R, Haryono D. 2014. Komposisi tanaman agroforestri dan kontribusinya terhadap pendapatan rumah tangga di Desa Pesawaran Indah Kabupaten Pesawaran Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 1(1), 55. <https://doi.org/10.23960/jsl1155-64>
- Aulia LN, Nugroho Y, Asysyifa. 2020. Pengaruh kelas lereng terhadap kerapatan individu dan produksi biomassa tumbuhan bawah di KHDTK Mandiangin. *Jurnal Sylva Scientiae*, 03(1), 140–148.
- Azham Z. 2015. Estimasi cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder, semak dan belukar di Kota Samarinda. *Jurnal Agrifor*, XIV(2), 325–338.
- 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.
- Danial, Ilham W, Asyari M. 2019. Pendugaan karbon tersimpan pada permukaan tanah di berbagai jalur hijau Kecamatan Banjarbaru Utara Kota Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae*, 02(4), 667–674.

- Dzulkipli, Matus P, Boer C. 2018. Keanekaragaman jenis pohon pada Daerah Karst Sangkulirang Mangkalihat Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*, XVII(1), 47–54.
- Erly H, Wulandari C, Safe'i R, Kaskoyo H, Winarno GD. 2019. Keanekaragaman jenis dan simpanan karbon pohon di Resort Pemerihan, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(2), 139–149.
- Fachrul. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta. 198 hlm.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran cadangan karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. *World Agroforestry Centre*. Bogor. 89 hlm.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. Pengukuran "karbon tersimpan" di berbagai macam penggunaan lahan. *World Agroforestry Centre*, 77.
- Hairiah K, Suprayogo D. 2008. Adaptasi dan Mitigasi Pemanasan Global: Bisakah Agroforestri mengurangi resiko longsor dan emisi gas rumah kaca? *Kumpulan Makalah INAFE. Pendidikan Agroforestri Sebagai Strategi Menghadapi Perubahan Iklim Global*, 42–62.
- Hanafi N, Afitah I, Jariyah J. 2018. Cadangan karbon pada " kabun " di Kabupaten Katingan Kalimantan Tengah. *Jurnal Daun*, 5(2), 97–104.
- Harianto SP, Dewi BS. 2017. *Biodiversitas Fauna di Kawasan Budidaya Lahan Basah*. Buku. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 223.
- Hartati W, Suhadiman A, Sudarmadji T, Eko D, Sulistiyo A, Hutan LB, Kehutanan F, Mulawarman U. 2021. Estimasi cadangan karbon pada tumbuhan bawah dan serasah di KHDTK HPFU Samarinda. *Ulin: Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), 55–64.
- Hartoyo APP, Wijayanto N, Karimatunisa TA, Ikhfan AN. 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.
- Heryandi, Qurniati R, Darmawan A, Yuliasari V. 2022. Agroforestry for biodiversity and climate change mitigation in Batuteqi Protection Forest, Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(3), 1611 – 1620. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230352>
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. PT. Bumi Aksara. Jakarta, 1(1), 100.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Irsadi A, Kariada N, Martuti T, Nugraha SB. 2017. Estimasi stok karbon mangrove di Dukuh. *Saintekno*, 2(2014), 119–128.
- Ismail AI. 2019. Pengelolaan agroforestry berbasis kemiri (*Aleurites moluccana*) dan pendapatan petani di Kecamatan Mallawa. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 11(2), 138. <https://doi.org/10.24259/jhm.v11i2.7996>
- Kamaruddin ZS, Rondonuwu SB, Maabuat PV. 2016. Keragaman lamun (*Sea grass*) di Pesisir Desa Lihunu Pulau Bangka Kecamatan Likupang Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unsrat*, 5(1), 20–24.
- Latue YA, Pattinama MJ, Lawalata M. 2018. Sistem pengelolaan agroforestri di Negeri Riring Kecamatan Taniwel Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agribisnis Kepulauan* 6(3), 212–230.
- Lestari. 2017. Analisis Karbon di Atas Tanah Sebagai Indikator Kesehatan Hutan Lindung Register 25. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 52 hlm.
- Mandari DZ, Gunawan H, Isda MN. 2016. Penaksiran biomassa dan karbon tersimpan pada ekosistem hutan mangrove di Kawasan Bandar Bakau Dumai. *Jurnal Riau Biologia*, 1(3), 17–23.
- Martini E, Riyandoko, James MR. 2017. *Pedoman Membangun Kebun Agroforestri Kopi*. www.worldagroforestry.org/region/southeast-asia
- Nofrianto, Ratnaningsih AT, Ikhwan M. 2018. Pendugaan potensi karbon tumbuhan bawah dan serasah di Arboretum Universitas Lancang Kuning. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 13(2), 144–155.
- Novasari D, Qurniati R, Duryat D. 2020. Keragaman jenis tanaman pada sistem pengelolaan hutan kemasyarakatan. *Jurnal Belantara*, 3(1), 41–47.
- Pambudi PA, 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 dan Zamzam. 2017. Komposisi *functional species group* pada sistem silvikultur tebang pilih tanam jalur di Area Iuphkh-Ha PT. Sarpatim, Kalimantan Tengah. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 08(3), 160–169.
- Papilo P, Kunaifi, Hambali E, Nurmiati, Pari RF. 2016. Penilaian potensi biomassa sebagai alternatif energi kelistrikan. *Jurnal PASTI*, IX(2), 164–176.
- Qistina I, Sukandar D, Trilaksono T. 2016. Kajian kualitas briket biomassa dari sekam padi dan tempurung kelapa. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(2), 136 – 142. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i2.4054>
- Rajagukguk C, Febryano IG, Herwanti S. 2018. Perubahan komposisi jenis tanaman dan pola tanam pada pengelolaan agroforestri damar. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(3), 18–27.
- Suanda. 2016. Pengaruh Kerapatan Tanaman Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr). Universitas Upayana. Denpasar. 63 hlm.
- Sumilia. 2019. Produktivitas Berbagai Sistem Agroforestri Berbasis Kakao di Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat. Tesis. Universitas Andalas. Padang., 130 hlm.
- Suryono, Soenardjo N, Wibowo E, Ario R, Rozy EF. 2018. Estimation of biomass content and carbon in perancak mangrove forest Jembrana Regency of Bali Province. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1), 1–8.
- Susanti E, Karyati K, Syafrudin M. 2021. Biomassa dan cadangan karbon tiga jenis (*Cyclosorus interruptus*, *Nephrolepis biserrata*, dan *Digitaria didactyla*) tumbuhan herba pada periode penyiangan berbeda. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), 65. <https://doi.org/10.32522/ujht.v5i2.3638>
- 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.
- Tuah N, Sulaeman R, Yoza D. 2017. Penghitungan biomassa dan karbon di atas permukaan tanah di Hutan Larangan Adat Rumbio Kabupaten Kampa. *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.) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*, 4(2), 119. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.2.404>
- Wahyuningsih E, Faridah E, Budiadi, 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.
- Wiarta R, Astiani D, Indrayani Y, Mulia F. 2017. Pendugaan Jumlah karbon tersimpan pada tegakan jenis bakau (*Rhizophora apiculata* BL) di IUPHHK PT. Bina Ovivipari Semesta Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hukum Samudra Keadilan*, 5(2), 356–364.
- Wijana N. 2013. Pengelolaan hutan berbasis kearifan lokal di Desa Tigawasa, Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng. Prosiding Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III., 226–232.
- Wulandari C, Harianto SP, Novasari D. 2021. Pendugaan stok karbon pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks di KPH Batuteги, Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Belantara*, 4(2), 113–126. <https://doi.org/10.29303/jbl.v4i2.632>
- 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.