



## Cadangan Karbon dari Penggunaan Sistem Budidaya Agroforestry di Kecamatan Wonosalam, Jombang

Wahyu Niken Febrianti<sup>1,2\*</sup>, Sisko Budianto<sup>1,3</sup>, Fadhilatul Laela<sup>1,4</sup>, Diny Evitasari<sup>1,5</sup>, Rosyida Priyadharsini<sup>1</sup>, Penta Suryaminasih<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Jawa Timur

<sup>2</sup> Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Madiun

<sup>3</sup> PT. Mondelēz International

<sup>4</sup> UPT Pengawasan dan Sertifikasi Hasil Pertanian, Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur

<sup>5</sup> UPT Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Jawa Timur

Email Korespondensi: priyadarshinirossyda@gmail.com

**Diterima:** 06 September 2023

**Disetujui:** 07 Oktober 2023

**Diterbitkan:** 30 Oktober 2023

### Kata Kunci:

Penggunaan Lahan, Cadangan Karbon, Diversitas

### ABSTRAK

Perubahan iklim merupakan kondisi meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) akibat aktivitas manusia, sehingga menyebabkan pemanasan global. Penggunaan lahan yang berubah merupakan salah satu faktor utama yang mengeluarkan GRK. Perubahan penggunaan lahan dapat berperan sebagai sumber atau penyerap karbon dalam konteks perubahan iklim tergantung dari jenis penggunaannya. Keterkaitan spasial antara aktivitas sosial ekonomi suatu wilayah merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perubahan penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang berubah, pertumbuhan populasi, dan peningkatan emisi gas rumah kaca seringkali memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi cadangan karbon dengan mengukur biomassa di berbagai penggunaan lahan di Kecamatan Wonosalam dengan menggunakan teknologi pencitraan satelit. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan berbasis cadangan karbon, menggunakan dua tahap analisis, yaitu analisis geografis dan estimasi emisi CO<sub>2</sub>-eq yang dihasilkan oleh penggunaan lahan di Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang. Terdapat 4 spesies pohon yang berada di area penelitian, yaitu cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kopi (*Coffea sp.*), pisang (*Musa paradisiaca*), dan sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.)). Pohon sengon memiliki ukuran paling besar dibandingkan tanaman lain di lokasi pengamatan. Potensi cadangan karbon tertinggi juga terdapat pada tanaman sengon yaitu 50,16 kg/pohon (88,04 ton/hektar). Sedangkan yang terendah adalah pohon kopi yaitu 0,20 kg/pohon (0,00001 ton/hektar).

**Received:** 06 September 2023

**Accepted:** 07 October 2023

**Published:** 30 October 2023

### Keywords:

Land Use, Carbon Stock, Diversity

### ABSTRACT

Climate change is a condition of increasing greenhouse gas (GHG) emissions due to human activities, causing global warming. Changing land use is one of the main factors that emit GHGs. Land use changes can act as source or sink of carbon in the context of climate change depending on the type of use. Spatial linkages between socio-economic activities in a region are one of the factors that can influence land use changes. Changing land use, population growth, and increasing greenhouse gas emissions often have negative impacts on the environment. The aim of this research is to estimate carbon stocks by measuring biomass in various land uses in Wonosalam District using satellite imaging technology. This research was carried out using a carbon stock-based approach, using two stages of analysis, which are geographic analysis and estimation of CO<sub>2</sub>-eq emissions produced by land use. There are 4 tree species in the research area, which are clove (*Syzygium aromaticum*), coffee (*Coffea sp.*), banana (*Musa paradisiaca*) and sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.)). Sengon trees have the largest size compared to other plants. The highest potential carbon reserves are also found in sengon, (50.16 kg/tree or 88.04 tonnes/hectare). Meanwhile, the lowest is coffee trees, (0.20 kg/tree or 0.00001 tonnes/hectare).

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, penggunaan lahan oleh manusia semakin meningkat. Pengaruh utama pada penggunaan lahan adalah meningkatnya kebutuhan manusia yang berdampak pada proses perubahan dan karakteristik lingkungan. Pengaruh ini berlangsung secara terus-menerus pada berbagai tingkat spasial dan waktu, serta dapat memiliki efek baik atau buruk (Aklile et al. 2014). Perubahan penggunaan lahan terjadi dengan cepat di negara berkembang (Yuzhe et al. 2011). Hal ini disebabkan adanya arus urbanisasi yang cepat pada sistem ekologi lokal dan lingkungan, yang berdampak pada cadangan stok karbon di alam (Hualong et al. 2014 dan Yu et al. 2014). Pergeseran dari lahan yang sebelumnya memiliki vegetasi yang rapat menjadi lahan yang tidak bervegetasi adalah salah satu contoh fenomena ini (Yuzhe et al. 2011).

Faktor utama yang menyebabkan perubahan iklim global dan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) adalah kegiatan manusia (IPCC 2007). Perubahan penggunaan lahan adalah salah satu sumber utama emisi GRK. Interaksi spasial antara aktivitas sosial ekonomi suatu daerah adalah salah satu faktor yang dapat memengaruhi cara lahan digunakan. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, perubahan penggunaan lahan saat ini cenderung berdampak negatif (Liao et al., 2013).

Kecamatan Wonosalam terletak di Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia yang berada di lereng kaki Gunung Anjasmoro, dengan ketinggian rata-rata antara 500 dan 600 mdpl. Kecamatan Wonosalam berjarak 35 kilometer sebelah tenggara dari pusat kota Jombang. Sebagai salah satu daerah penghasil durian di Jawa Timur, di Wonosalam setiap tahun diadakan tradisi Kenduren Wonosalam. Tradisi ini dilakukan untuk menunjukkan rasa terima kasih penduduk Wonosalam atas hasil panen durian mereka. Selain itu, Wonosalam memiliki banyak potensi pariwisata, terutama agrowisata karena mayoritas penduduknya bekerja sebagai petani. Selain durian, Wonosalam juga menghasilkan kopi, cengkih, pisang, dan salak. Banyaknya potensi pertanian dan pariwisata di Wonosalam yang menyebabkan daerah ini banyak mengalami alih fungsi lahan. Area hutan dan konservasi perlahan berubah menjadi perkebunan, pertanian, pariwisata, dan perumahan. Hal ini tentunya dapat berpengaruh terhadap cadangan karbon yang ada di area tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur biomassa pada berbagai kategori penggunaan lahan di Kecamatan Wonosalam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan dinamika perubahan penggunaan lahan serta emisinya, sehingga kedepannya dapat digunakan untuk membuat penurunan karbon oleh para pengambil kebijakan.

## 2. METODE

### 2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur yang terletak pada  $7^{\circ} 46' 20,867'' - 7^{\circ} 46' 41,543''$  LS dan  $112^{\circ} 23' 39,485'' - 112^{\circ} 24' 23,804''$  BT. Waktu penelitian dilaksanakan pada tanggal 3-5 Februari 2023. Analisis data karbon dilakukan di



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### 2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra landsat Kecamatan Wonosalam, Jombang tahun 2022 serta peta batas administrasi Kecamatan Wonosalam, Jombang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah software Avenza, Clinometer, dan Microsoft Excel. Peralatan lain yang digunakan untuk pengamatan lapang adalah GPS, pita ukur, tongkat kayu, alat pengukur tinggi pohon, tali plastic, blangko pengamatan, kamera digital, dan alat tulis.

### 2.3 Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahapan analisis, yaitu analisis spasial dan estimasi emisi CO<sub>2</sub>-eq yang dihasilkan dari macam-macam penggunaan lahan di Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang dengan menggunakan pendekatan berbasis cadangan karbon (*Stock Difference Method*).

### Pengukuran Biodiversitas

#### Diversitas vegetasi

Sampel plot dibuat dengan tujuan agar dapat melakukan kajian struktur dan komposisi komunitas vegetasi. Ukuran, jumlah, posisi, bentuk, dan teknik analisis semuanya harus dipertimbangkan dengan hati-hati. Plot didasarkan pada berbagai faktor, termasuk jenis tumbuhan, diversitas spesies, ukuran, kerapatan, tingkat heterogenitas jenis tumbuhan, dan tujuan untuk mengukur diversitas.

Metode untuk menentukan dimensi dan jumlah sampel plot adalah melalui penerapan Area Kurva Spesies. Pendekatan ini mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Mulailah dengan membuat plot sampel berukuran 1 x 1 meter persegi atau berbentuk lingkaran dengan radius 0,56 meter.
2. Selanjutnya, mencatat semua jenis spesies yang ditemukan di dalam plot pertama (PS-1).
3. Buatlah plot sampel kedua dengan ukuran dua kali lipat dari plot sampel pertama (2 x PS-1) dan dokumentasikan semua jenis spesies di dalamnya.
4. Buat plot sampel ketiga (PS-3) dengan ukuran dua kali lipat dari PS-2, catat semua jenis spesies di dalamnya, dan lanjutkan proses ini hingga jumlah spesies mencapai tingkat stabilitas yang relatif.
5. Pengembangan ukuran plot dihentikan jika penambahan jumlah spesies kurang dari 10%.

6. Gambarlah kurva dengan sumbu X mewakili ukuran plot dan sumbu Y mewakili jumlah spesies. Ukuran plot sampel minimum dapat diidentifikasi saat kurva mulai menunjukkan kecenderungan datar.
7. Untuk pengamatan spesies organisme tanah yang berukuran makro dan meso (serangga, cacing, uret, dll), dilakukan pada plot berukuran 0,5 x 0,5 meter persegi. Sementara itu, untuk pengamatan mikroorganisme tanah, pengambilan sampel dilakukan pada plot berukuran 20 x 10 meter persegi atau 40 x 5 meter persegi.

Penting untuk mempertimbangkan juga bentuk dari plot. Ada beberapa bentuk yang umum digunakan, seperti lingkaran, persegi (kuadrat square), atau persegi panjang. Penggunaan bentuk lingkaran cenderung lebih tepat untuk analisis vegetasi, sering kali dipilih untuk mengukur populasi rumput, herba, dan semak. Di sisi lain, bentuk persegi panjang lebih efektif dalam mengukur perubahan gradien lingkungan.

Parameter vegetasi dan perhitungannya:

$$\text{Kerapatan spesies (D)} = \frac{\text{Jumlah individu spesies A}}{\text{Ukuran plot sampel}} \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan relatif (DR)} = \frac{\text{Kerapatan spesies A}}{\text{Kerapatan spesies total}} \quad (2)$$

$$\text{Frekuensi spesies (F)} = \frac{\text{Jumlah plot spesies A ditemukan}}{\text{Jumlah total}} \quad (3)$$

$$\text{Frekuensi relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi spesies A}}{\text{Frekuensi total spesies}} \quad (4)$$

### Indeks diversitas (flora dan fauna)

#### Jumlah spesies

Menghitung jumlah spesies (S) dalam suatu area adalah metode yang sederhana untuk mengukur keanekaragaman hayati. Namun, menggunakan jumlah spesies sebagai indikator keanekaragaman memiliki dua kelemahan utama. Pertama, pengukuran ini tidak memperhitungkan kelimpahan relatif dari masing-masing spesies. Sebagai contoh, jika suatu komunitas terdiri dari 97 individu dari satu spesies dan 1 individu dari tiga spesies lainnya, seharusnya memiliki tingkat keanekaragaman yang lebih tinggi daripada komunitas lain yang terdiri dari 4 spesies dengan masing-masing memiliki 25 individu, meskipun keduanya memiliki jumlah spesies dan individu yang sama. Yang kedua, ukuran sampel akan mempengaruhi jumlah spesies yang terdeteksi.

#### Indeks Simpson

Indek diversitas Simpson untuk suatu sampel tak terhingga adalah :

$$SI = - \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (5)$$

Dimana :

S = jumlah spesies total dalam sampel

p = proporsi spesies ke-i dalam komunitas (n/N), p berkisar dari 0,0 sampai 1,0

N = jumlah total individu dalam populasi

n = jumlah individu dari spesies ke-i

$$SI = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (6)$$

Seperti yang terlihat dalam penjelasan formulasi di atas, Indeks Simpson memiliki hubungan terbalik dengan tingkat keberagaman. Artinya, ketika keanekaragaman meningkat, nilai indeks ini akan menurun, dan sebaliknya. Untuk mempermudah pemahamannya, akan lebih tepat jika nilai indeks yang lebih tinggi dikaitkan dengan tingkat keanekaragaman yang lebih tinggi atau sebaliknya (1).

Untuk mencapai tujuan ini, nilai Indeks Simpson perlu dikurangi dari nilai tertingginya. Jika kita mempertimbangkan sampel sebagai representasi acak dari populasi yang sangat besar atau tak terbatas, maka Indeks Simpson akan menjadi:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (7)$$

Untuk populasi terhingga:

$$D = - \sum_{i=1}^s p_i \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (8)$$

#### Indeks Shanon-Weaver

Indeks ini merupakan salah satu yang paling sederhana dan banyak dipergunakan untuk mengukur indeks diversitas. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$H_s = - \sum_{i=1}^s p_i \log_b p_i \quad (9)$$

Apabila Hs dihitung secara manual dapat menggunakan persamaan berikut:

$$H_s = \frac{C}{N} (N \log_{10} N - \sum n_i \log_{10} n_i) \quad (10)$$

Dimana C merupakan bilangan konstan untuk konversi logaritma dari basis 10 ke basis yang diinginkan. Misal, untuk basis 2, C = 3,321928; untuk basis e, C = 2,302585; untuk basis 10, C = 1.

#### Karakterisasi Struktur Pohon

Untuk melakukan evaluasi struktur penyusun agroforestri, dibuat sebuah transek berukuran 10 x 20 meter persegi. Semua jenis pohon pada transek tersebut diberi nama lokalnya dan diukur tinggi dan diameternya (DBH = Diameter at Breast Height). Untuk mengetahui tinggi pohon dapat menggunakan klinometer dengan mengukur jarak antara permukaan tanah dan ujung kanopi. Sedangkan untuk mengetahui luas bidang dasar (basal area) dan biomassa pohon, diameter batang setinggi 1,3 meter (DBH) diukur. Basal area dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BA (m^2) = 3,142 \times \left( \frac{DBH}{200} \right)^2 \quad (11)$$

Dimana,  
 BA = basal area adalah luas batang pada garis salib sumbu dinyatakan dalam m<sup>2</sup>  
 DBH = diameter setinggi dada (1,3 m dari permukaan tanah).

Untuk mengetahui struktur dan tutupan kanopi pohon, dilakukan pengukuran luas tajuk pohon setiap kanopi pohon dalam petak 200 m<sup>2</sup>. Untuk mengidentifikasi tumbuhan di bawahnya, dibuat lima sub-petak 2 x 2 m<sup>2</sup> dalam petak transek 200 m<sup>2</sup>. Semua tanaman yang masuk ke petak tersebut diidentifikasi berdasarkan jenis dan kelimpahannya.

**Struktur Vegetasi**

Struktur vegetasi dievaluasi melalui pengukuran basal area, penutupan kanopi, dan kelimpahan pohon kopi dan non-kopi. Untuk menilai struktur vertikal, tinggi tanaman diukur di area yang telah ditentukan dan direkam. Stratifikasi vegetasi dilakukan dengan memanfaatkan kelas interval untuk masing-masing strata, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Strata A : Terdiri dari pohon-pohon dengan ketinggian lebih dari 30 meter. Tajuk pada strata ini biasanya lebar dan tidak saling bersentuhan secara horizontal dengan tajuk pohon lain di strata yang sama, menciptakan pola tajuk yang terputus-putus. Pohon-pohon di strata ini cenderung memiliki batang lurus, cabang tinggi, dan batang bebas. Strata ini juga dikenal sebagai strata intoleran, yang berarti tidak dapat bertahan dalam kondisi naungan.
- Strata B : Merupakan lapisan tajuk kedua di atas yang terbentuk oleh pepohonan dengan tinggi antara 20 - 30 meter. Tajuk pohon di lapisan ini biasanya berbentuk bulat atau memanjang, tidak melebar (terputus-putus).
- Strata C : Merupakan lapisan ketiga yang terdiri dari pohon dengan ketinggian antara 4 - 20 meter, membentuk tajuk kontinyu yang berfluktuasi. Pada tingkat ini, pohon juga dapat bersama-sama dengan populasi tanaman parasit, epifit, dan tumbuhan memanjat.
- Strata D : Meliputi semak dan perdu dengan tinggi antara 1 - 4 meter. Di lapisan ini, terdapat pohon-pohon muda atau anakan, semak belukar kecil, herba besar, dan paku-pakuan besar.
- Strata E : Merupakan tajuk terbawah yang terdiri dari tanaman penutup tanah dengan tinggi 0-1 meter.

Membandingkan jenis-jenis yang mendiami strata yang sama penting untuk mempertimbangkan tingkat kompetisi dan kondisi ekologis yang serupa.

**Pengukuran Cadangan Karbon**

Cadangan karbon pada pohon merupakan hasil perkalian antara biomassa pohon (kg/pohon) dengan nilai terpasang dari kadar total C dalam jaringan tanaman yaitu 0.46%. Biomassa

pohon diduga dengan menggunakan persamaan Allometrik, yaitu:

$$(AGB)_{est} = 0,11 \rho D^{2,62} \tag{12}$$

Dimana:  
 D = diameter setinggi dada (cm)  
 ρ = berat jenis kayu (g cm-3)  
 H = tinggi pohon (m).

Estimasi cadangan karbon tersimpan dilakukan dengan menghitung cadangan karbon pada masing-masing pool C yaitu dengan mengukur nekromassa, seresah permukaan tanah, biomassa pohon dan tumbuhan bawah, serta kandungan bahan organik tanah.

Pengukuran kandungan karbon mencakup: (a) estimasi biomassa, yang mencakup bagian hidup dari kanopi dan sistem akar, (b) analisis nekromassa, termasuk kayu yang telah rebah, ranting, dan material organik yang terdapat di permukaan tanah, (c) penentuan kandungan bahan organik tanah (BOT) pada kedalaman 0-30 cm (IPCC, 2006). Informasi mengenai usia pohon diperoleh melalui interaksi dengan petani atau pemilik lahan, dan proses ini dilakukan sebelum menetapkan lokasi pengukuran.

**Pengukuran cadangan karbon pada biomassa pohon**

Semua elemen dalam ekosistem lahan (baik pohon maupun tumbuhan di tingkat bawah) diukur di plot berukuran 40 m x 5 m, sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh ASB. Pohon-pohon yang ada di dalam plot diukur diameter batangnya di tingkat dada atau pada ketinggian 1.3 meter dari permukaan tanah, yang dikenal sebagai Diameter Setinggi Dada (DBH). Data mengenai DBH ini digunakan untuk memperkirakan luas basal dan massa biomassa dari pohon-pohon dengan memanfaatkan persamaan alometrik yang didasarkan pada pola percabangan (lihat Tabel 1) dan dikoreksi dengan mempertimbangkan berat jenis kayu. Adapun sampel nekromassa, seresah, dan tanah diambil dari plot berukuran 200 m<sup>2</sup> sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh RaCSA.

**Tabel 1.** Persamaan Allometrik yang digunakan untuk mengestimasi beberapa jenis vegetasi

Type Pohon	Persamaan Allometrik	Sumber
Kopi	$(AGB)_{est} = 0.281D^{2.06}$	Arifin, 2001
Kakao	$(AGB)_{est} = 0.1208D^{1.98}$	Yuliasmara, 2008
Sengon	$(AGB)_{est} = 0.0272D^{2.831}$	Sugiharto, 2002
Bambu	$(AGB)_{est} = 0.281D^{2.06}$	Priyadarshini, 2000
Pisang	$(AGB)_{est} = 0.281D^{2.06}$	Arifin, 2001

Keterangan: (AGB)<sub>est</sub> = biomassa pohon di atas tanah, kg/tree; D = DBH, diameter setinggi dada, cm; H = tinggi pohon, m; p = berat jenis kayu, g cm<sup>-3</sup>

**Pengukuran cadangan karbon pada Seresah**

Produksi seresah daun diestimasi dengan mengumpulkan seresah di masing-masing lokasi. Contoh seresah dipisah antara daun dan bagian berkayu (kayu, bunga, buah) sebelum dikeringkan pada suhu 70 °C selama 72 jam. Pada kegiatan ini dilakukan juga pengukuran ketebalan seresah yang dijumpai di lapangan.

**Pengukuran cadangan karbon tanah**

Contoh tanah diambil dari tiga lokasi secara acak dan berjarak minimal 30 m. Pada masing-masing plot, diambil tiga contoh pada kedalaman 0 – 10 cm dan 3 contoh pada kedalaman 10 – 20 cm. Contoh tanah yang berasal dari kedalaman dan plot yang sama dicampur (komposit) dan dianalisis.

Cadangan karbon dari suatu plot merupakan penjumlahan dari total cadangan karbon yang dimiliki oleh masing-masing komponen di atas.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Karakteristik Struktur Pohon**

**Tabel 2.** Rataan ukuran tegakan vegetasi/pohon pada lahan pengamatan

Vegetasi	Total Pohon	Diameter (cm)	BA (m <sup>2</sup> )	Tinggi Pohon (m)	Keliling (cm)
Cengkeh	17	6,67	21,69	6,13	20,95
Kopi	1	7,96	26,02	15,00	25,00
Pisang	1	2,13	6,77	4,00	6,70
Sengon	33	17,69	60,81	12,53	55,54

Note: luas lahan yang diamati 400 m<sup>2</sup>

Dari hasil pengamatan karakteristik struktur pohon pada lahan atau petak sampling, dijumpai ada 4 spesies tumbuhan/pohon yaitu cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kopi (*Coffea sp.*), pisang (*Musa paradisiaca*), dan sengon (*Paraserianthes falcataria (L.)*). Berdasarkan hasil pengamatan ini, menunjukkan bahwa secara morfologi, pohon sengon memiliki ukuran yang lebih besar (diameter batang 17,69 cm, basal area 60,81 cm<sup>2</sup>, tinggi 12,53 m, dan keliling batang 55,54 cm) dibandingkan ketiga jenis pohon lainnya.

Temuan ini sejalan dengan penjelasan yang dikemukakan oleh Krisnawati dan timnya (2011), yang menyebutkan bahwa pohon sengon umumnya memiliki ukuran yang cukup besar, dengan tinggi total mencapai 40 meter dan tinggi bebas cabang mencapai 20 meter. Diameter pohon dewasa bisa mencapai 100 cm atau bahkan lebih, dengan ciri khas tajuk yang luas dan mendatar. Ketika tumbuh di area terbuka, sengon biasanya memiliki tajuk yang menyerupai bentuk payung. Umumnya, pohon sengon tidak memiliki akar papan (berbentuk papan) meskipun terkadang di lapangan dapat ditemukan pohon dengan akar papan yang kecil.

Di daerah Wonosalam berada pada ketinggian 500 - 600 meter mdpl, pohon sengon dapat tumbuh dengan normal dan baik. Menurut penelitian Soerianegara dan Lemmens (1993), sengon dapat ditemukan tumbuh secara alami dalam kisaran ketinggian dari permukaan laut hingga 1600 meter, bahkan terkadang mencapai 3.300 meter di atas permukaan laut. Hasil uji coba penanaman yang dilakukan oleh Akademi Politeknik Pertanian Kupang di Nusa Tenggara Timur menunjukkan bahwa sengon mampu bertahan hidup di lokasi dengan ketinggian rendah dan pada tanah yang keras serta berkarang, meskipun pertumbuhannya cenderung agak lambat (Djogo 1997). Di Papua, sengon juga mampu tumbuh di daerah dataran rendah dengan ketinggian hanya 55 meter di atas

permukaan laut di Manokwari (Charomaini dan Suhaendi 1997).

**3.2 Estimasi Biomassa Tegakan Pohon**

Kandungan biomassa pohon merujuk pada jumlah total materi organik dari seluruh komponen pohon. Ini mencakup semua organ yang ada dan mencerminkan jumlah total bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, dimana tanaman menyerap CO<sub>2</sub> dari udara dengan bantuan sinar matahari. CO<sub>2</sub> kemudian diubah menjadi karbohidrat dan tersebar ke seluruh bagian tanaman seperti daun, batang, cabang, buah, dan bunga (Hairiah dan Rahayu, 2011). Dalam penelitian ini, pengukuran biomassa meliputi komponen pohon yang masih hidup, khususnya bagian batang.

**Tabel 3.** Estimasi biomassa tegakan pohon

Vegetasi	Biomass Batang (kg/pohon)	Biomass Batang (ton/ha)
Cengkeh	14,74	106,46
Kopi	0,43	0,01
Pisang	1,53	0,04
Sengon	106,71	2905,27
Total	123,41	3011,79

Tabel 3 menunjukkan bahwa pohon sengon memiliki ukuran yang lebih besar daripada pohon lainnya. Biomassa tegakan pohon sengon adalah 106,71 ton per pohon dan 2905.27 ton per hektar, yang berarti dengan biomassa yang lebih besar sengon akan menghasilkan cadangan karbon yang lebih besar. Hasilnya sejalan dengan temuan dari studi yang dilakukan oleh Elias dan Wistara (2009), yang menyimpulkan bahwa diameter pohon dalam hutan berkaitan erat dengan kandungan karbon di dalamnya. Selain itu, usia tegakan juga memiliki keterkaitan dengan jumlah karbon yang terdapat dalam hutan.

**3.3 Potensi Cadangan Carbon Tegakan Pohon**

Berdasarkan hasil pengamatan, cadangan karbon di area pengamatan yang telah dikonversi dalam hektar adalah 94,30 ton per hektar. Dimana cadangan karbon tertinggi terdapat pada tanaman sengon yaitu 50,16 kg per pohon dan 88,04 ton per hektar. Sedangkan yang terendah berasal dari pohon kopi yaitu 0,20 kg per pohon dan 0,00001 ton per hektar. Hal ini berbanding lurus dengan biomassa dari setiap jenis pohonnya (Tabel 4).

**Tabel 4.** Potensi cadangan karbon tegakan pohon

Vegetasi	Cadangan Karbon Batang (kg/pohon)	Cadangan Karbon Batang (ton/ha)
Cengkeh	6,93	6,26
Kopi	0,20	0,00
Pisang	0,72	0,00
Sengon	50,16	88,04
Total	58,00	94,30

Note: cadangan karbon dihitung dengan menggunakan standar IPCC (47% dari total biomassa)

Pada areal pengamatan, pohon sengon lebih dominan dibandingkan dengan komoditi lainnya (Sengon 63%, cengkeh 33%, pisang 2% dan kopi 2%). Dominansi pohon sengon pada areal ini akan memberikan dampak positif, dimana penyerapan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) akan lebih besar. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ohorella dan rekan-rekannya (2022), sengon mampu tumbuh dalam beragam jenis tanah, termasuk yang kering, lembab, dan bahkan tanah yang mengandung garam dan asam, asalkan tingkat drainasenya memadai. Selain itu daunnya yang mudah rontok berpotensi meningkatkan kesuburan tanah. Selain sebagai tempat memasak makanan dalam proses fotosintesis, daun sengon sekaligus sebagai penghisap Nitrogen (N) dan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari udara bebas. Dengan sifatnya yang demikian maka proses fotosintesis akan lancar sehingga mampu menyerap CO<sub>2</sub> lebih banyak dari pohon lainnya. Menurut Ohorella dkk (2022) cadangan karbon tertinggi pada sengon terdapat pada bagian batang yaitu 67% dari total tegakan (42,52025 kg C/ha dari bagian batang sebesar 85,0405 kg/ha).

Pengamatan cadangan karbon juga dilakukan pada serasah pohon (ranting, daun, dan rerumputan). Pada pengamatan ini, serasah tidak dibedakan berdasarkan jenis atau spesies tumbuhannya. Semua serasah pada petak amatan dikumpulkan (komposit). Berdasarkan hasil pengamatan potensi karbon yang terdapat pada serasah mencapai 2950,78 kg, dimana angka ini lebih kecil dibandingkan dengan karbon yang terkandung pada batang pohon (Tabel 5).

**Tabel 5.** Potensi cadangan karbon pada serasah

Jenis Serasah	Berat Awal (gr)	Berat Kering (gr)	Karbon (gr)	Karbon (kg/Ha)
Serasah Kering	2137,88	158,81	74,64	1866,01
Vegetasi Bawah	1161,95	64,8	30,45	761,4
Litter Trap	55,35	27,52	12,93	323,36
Total	3355,18	251,13	118,03	2950,78

Note: cadangan carbon dihitung dengan menggunakan standar IPCC (47% dari total biomassa)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan karbon di batang, cabang, ranting, daun, dan rerumputan termasuk rendah. Ini mungkin karena daun tidak mengandung banyak karbon karena tidak mengandung lignin atau kayu. Ini juga terjadi karena kandungan karbon pohon sengon dan kandungan penyusun kimia yang berbeda dari kopi. Karena batang adalah komponen kayu, batang menyimpan karbon paling banyak. Batang tanaman mengandung lebih banyak lignin daripada air, sehingga kandungan biomassa batang lebih tinggi daripada organ lain. Menurut Widyasari dkk. (2010), struktur unsur kayu di dalam batang menyebabkan rongga sel mengandung lebih banyak komponen penyusun kayu daripada komponen air. Tingkat kelembaban dalam struktur karbon tanaman dapat memengaruhi proporsi nilai biomassa. Semakin tinggi konsentrasi air, semakin sedikit biomassa yang terakumulasi dalam organ tanaman.

Penyerapan karbon berhubungan erat dengan upaya mitigasi perubahan iklim, yaitu cara untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebagai salah satu pemicu perubahan iklim. Penanaman pohon dikenal sebagai salah satu aksi mitigasi yang populer karena kemampuan pohon menyerap karbon

yang terdapat dalam gas CO<sub>2</sub>. Apabila hasil serapan karbon per hektar dikonversi ke luas total hutan sengon dan mahoni di area hutan Wonosalam yang berkisar 3.420 hektar, maka jumlah serapan karbon total di wilayah ini bisa mencapai 322.506 ton.

Model Allometrik dikembangkan untuk mengevaluasi potensi tegakan di lahan agroforestri, yang dapat dimanfaatkan tanpa penebangan dan memiliki dimensi diameter yang menghasilkan koefisien korelasi yang tinggi untuk memprediksi kandungan biomassa dan karbon. Dengan tingginya potensi biomassa pada tegakan, semua faktor yang memengaruhi biomassa juga secara tidak langsung akan memengaruhi kandungan karbon. Semakin besar kandungan biomassa pada tegakan, semakin besar juga potensi biomassa pada tegakan..

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengestimasi potensi karbon tegakan sengon. Salah satunya yang dilakukan Syaiful Rachman pada tahun 2009 di hutan kemasyarakatan Desa Jugalajaya di Jawa Barat. Studi ini memberikan informasi tentang potensi karbon dan biomassa. Dengan potensi karbon tertinggi (34,379 ton/ha) dan potensi karbon terendah (0,078 ton/ha), kelas diameter 50 cm ke atas memiliki biomassa batang 4.413,26876 kg/ha dan biomassa akar 1.752 kg/ha. Batang memiliki kandungan karbon tertinggi di tegakan (47,299%), dan daun memiliki kandungan karbon terendah (36,11%).

### 3.4 Indeks Diversitas

Pengamatan atau pengukuran indeks diversitas tanaman hanya dilakukan pada tanaman tegakan atau tanaman tahunan (Tabel 6). Pengamatan dilakukan pada area 400 meter persegi. Hasilnya menunjukkan bahwa hanya terdapat 4 spesies tumbuhan atau pohon yang ditemukan: cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kopi (*Coffea sp.*), pisang (*Musa paradisiaca*), dan sengon (*Paraserianthes falcataria L.*) dengan jumlah keseluruhan sebanyak 52 pohon, dan dominansi sengon mencapai 63%.

**Tabel 6.** Indeks diversitas tanaman tegakan pada areal pengamatan

Individu	Total Individu	Pi	LnPi	Pi*LnPi
Cengkeh	17	0,33	-1,12	-0,37
Kopi	1	0,02	-3,95	-0,08
Pisang	1	0,02	-3,95	-0,08
Sengon	33	0,63	-0,45	-0,29
Total Individu	52			
Kekayaan Spesies	4			
Diversity Index (H')	0,81			

Berdasarkan analisis, indeks keanekaragaman (H') mencapai 0.81, menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman flora atau tumbuhan tahunan di area pengamatan tergolong rendah (H' < 1). Seperti yang disebutkan oleh Baderan dan rekan-rekan (2021), nilai H' adalah indikator tingkat variasi spesies di suatu wilayah. Jika H' sama dengan atau lebih dari 1, maka wilayah tersebut memiliki tingkat keanekaragaman sedang, jika nilai H' melebihi 3, maka tingkat keanekaragaman spesiesnya tinggi. Namun, jika nilai H'

berada di atas 0 tetapi di bawah 1, maka komunitas di wilayah tersebut memiliki tingkat keanekaragaman spesies yang rendah.

Indikator vegetasi yang sangat terkait dengan komunitas adalah indeks keanekaragaman. Ini menjadi krusial ketika mengevaluasi berbagai pengaruh variabel lingkungan atau faktor non-hidup terhadap komunitas, dan untuk memahami perkembangan suksesi serta stabilitas komunitas itu sendiri. Fakta ini diperkuat oleh pengamatan bahwa keanekaragaman spesies tumbuhan cenderung lebih tinggi dalam lingkungan yang lebih matang dan stabil, di mana beragam jenis tanaman dapat ditemukan. Menurut Simarmata dan Wahyuningsih (2012), jumlah spesies memengaruhi tingkat keanekaragaman, baik tinggi maupun rendah. Di masyarakat dengan jumlah spesies yang rendah, satu atau beberapa jenis mendominasi. Banyaknya keragaman spesies menunjukkan bahwa setiap jenis spesies tersebar luas.

#### 4. SIMPULAN

Di area pengamatan Kecamatan Wonosalam didapati 4 spesies tumbuhan/pohon di daerah, yaitu cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kopi (*Coffea sp.*), pisang (*Musa paradisiaca*) dan sengon (*Paraserianthes falcataria (L.)*). Dari faktor morfologi, pohon sengon memiliki ukuran yang lebih besar (diameter batang 17,69 cm, basal area 60,81 cm<sup>2</sup>, tinggi 12,53 m dan keliling batang 55,54 cm) dibandingkan ketiga jenis pohon lainnya dengan cadangan karbon adalah 94,30 ton per hektar. Potensi cadangan karbon tertinggi juga terdapat pada tanaman sengon yaitu 50,16 kg per pohon atau 88,04 ton per hektar. Sedangkan yang terendah berasal dari pohon kopi yaitu 0,20 kg per pohon atau 0,00001 ton per hektar.

Potensi cadangan karbon yang diserap oleh serasah (ranting, daun dan vegetasi bawah/rerumputan) adalah 2950,78 kg, dimana angka ini lebih kecil dibandingkan dengan karbon yang terkandung pada batang pohon. Indeks diversitas ( $H'$ ) pada areal pengamatan adalah 0,81, yang artinya keanekaragaman flora atau tumbuhan tahunan pada area pengamatan tergolong rendah ( $H' < 1$ ), dimana hanya dijumpai 4 spesies tumbuhan/pohon yaitu cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kopi (*Coffea sp.*), pisang (*Musa paradisiaca*), dan sengon (*Paraserianthes falcataria (L.)*). Total tanaman sebanyak 52 pohon, dimana 63% nya adalah sengon.

#### DAFTAR PUSTAKA

Aklile, Y., Fekadu, B. (2014). Examining drivers of land use change among pastoralists in Eastern Ethiopia. *Journal of Land Science*, 4(9), 402-413.

Baderan, D. W. K., Rahim S., Angio, M., Ilham, A. (2021). Keanekaragaman, pemerataan, dan kekayaan spesies tumbuhan dari geosite potensial benteng otanaha sebagai rintisan pengembangan geopark provinsi Gorontalo. *Jurnal Biologi*, 14(2), 264-274.

Charomaini, M. dan Suhaendi, H. (1997). Genetic variation of *Paraserianthes falcataria* seed sources in Indonesia and its potential in tree breeding programs. Dalam: Zabala, N. (ed.) Workshop international tentang spesies *Albizia* dan *Paraserianthes*, 151–156. Prosiding workshop, 13–19 November 1994, Bislig, Surigao del Sur, Filipina.

Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (tema khusus). Winrock International, Morrilton, Arkansas, AS.

Djogo, A. P. Y. (1997). Use of *Albizia* and *Paraserianthes* species in small-scale farming systems in Indonesia. Dalam: Zabala, N. (ed.) Workshop international tentang spesies *Albizia* dan *Paraserianthes*, 27–36. Prosiding workshop, 13–19 November 1994, Bislig, Surigao del Sur, Filipina. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (tema khusus). Winrock International, Morrilton, Arkansas, AS.

Elias & Wistara, N. J. (2009). Innovation in the methods of forest carbon stock estimation. Bahan presentasi. Bogor Agricultural University. [http://www.benwood.edu/cms/dmdocuments/CO5\\_Seoul\\_Elias\\_and\\_Wistara.pdf](http://www.benwood.edu/cms/dmdocuments/CO5_Seoul_Elias_and_Wistara.pdf).

Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R.R. dan Rahayu, S. (2011). Pengukuran cadangan karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya, Malang, Indonesia.

Hualong, L., Yongqiang, L., Xuegang, H., Tingting, L., Yuri, L. (2014). Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China. *Habitat International*, 44, 536-544.

[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Climate Change: The Scientific Basis. Cambridge University Press: Cambridge.

Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Paraserianthes falcataria (L.)* Nielsen. Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas. Bogor Indonesia: CIFOR.

Liao, C. H., Chang, C. L., Chiueh. (2013). Correlation between land use change and greenhouse gas emission in urban areas. *Int.J. Environ Sci. Techno*, 10, 1275-1286.

Ohorella, S., Kaliky, F. (2011). Inventarisasi Biomassa Komponen Vegetasi untuk Membangun Persamaan Allometrik (Studi Kasus pada Tanaman Agroforestry Dusun di Maluku). *Jurnal Agrohut*, 2 (1), 32.

Rachman, S. (2009). Pendugaan Potensi Karbon pada Tegakan Sengon (*Paraserianthes falcataria L. Nielsen*) di Hutan Rakyat. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.

soeriSimarmata, F. S., & Wahyuningsih, H. (2012). Keanekaragaman makrozoobenthos pada hutan mangrove yang direhabilitasi di Pantai Timur Sumatera Utara. *Jurnal Natur Indonesia*, 11(2), 94-103. Doi: 10.31258/jnat.11.2.94-103.

Soerianegara, I. dan Lemmens, R. H. M. J. (1993) Plant resources of South-East Asia 5(1): Timber trees: major commercial timbers. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, Belanda.

- Widyasari, N. A. E., Saharjo, B.H., Solichin & Istomo. 2010. Pendugaan Biomassa dan Potensi Karbon Terikat di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Rawa Gambut Bekas Terbakar di Sumatra Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15 (1), 41-49.
- Yuzhe, W., Xiaoling, Z., Liyin, S. (2011). The impact of urbanization policy on land use change: a scenario analysis. *Cities*, 28, 147.