

Carbon Absorption Potential in the Hungayono Karst Ecosystem, Tulabolo Pinogu Resort, Bogani Nani Wartabone National Park

Muh. Kirad Timbola*, Abubakar Sidik Katili, Ilyas H. Husain, Novri Youla Kandowangko, Hartono D. Mamu

Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango, Gorontalo, Indonesia;

Article History

Received : May 06th, 2026

Revised : May 17th, 2026

Accepted : June 04th, 2026

*Corresponding Author: **Muh. Kirad Timbola**, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango, Gorontalo, Indonesia;
Email: kiradd1901@gmail.com

Abstract: Climate change caused by increasing carbon dioxide (CO₂) emissions has become a global issue affecting environmental balance and rising global temperatures. Tropical forest ecosystems, including the Hungayono karst area in Bogani Nani Wartabone National Park, play an important role as carbon sinks through vegetation biomass. This study aims to analyze vegetation density, biomass, carbon content, and carbon sequestration potential in the Hungayono karst ecosystem. The research was conducted using a quantitative descriptive method with purposive sampling techniques at three observation points through the transect quadrat method. Vegetation data were analyzed using allometric equations and IPCC conversion factors. The results showed a tree density of 290 individuals/ha and sapling density of 335 individuals/ha. Total biomass reached 677.79 tons/ha, carbon content was 420.06 tons/ha, and carbon sequestration potential was 1541.63 tons CO₂e/ha. These findings indicate that tree-level vegetation plays a dominant role in carbon storage and climate change mitigation.

Keywords: Bogani Nani Wartabone National Park; Climate change; Carbon sequestration; Karst ecosystem; Vegetation biomass.

Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan fenomena global yang semakin mendesak akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂), yang berasal dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Kondisi ini berdampak pada peningkatan suhu global, perubahan pola cuaca, serta ancaman terhadap keberlanjutan lingkungan hidup. Hutan tropis memiliki peran penting sebagai penyerap karbon alami melalui biomassa vegetasi, sehingga menjadi elemen strategis dalam mitigasi perubahan iklim. Laporan IPCC (2018) menyebutkan bahwa hutan tropis menyimpan sekitar 40% cadangan karbon global, sehingga keberadaannya sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer.

Kerusakan lingkungan akibat eksploitasi sumber daya alam telah menyebabkan degradasi lahan dan menurunnya fungsi ekosistem dalam menyediakan jasa lingkungan, seperti penyerapan karbon, pengaturan suhu, dan ketersediaan air bersih. Degradasi ekosistem

berhubungan langsung dengan meningkatnya intensitas perubahan iklim karena menurunnya daya lenting lingkungan dalam memulihkan diri dari gangguan (Katili, 2008). Oleh karena itu, upaya mitigasi perubahan iklim tidak hanya dilakukan melalui pengurangan emisi karbon, tetapi juga melalui pelestarian dan pengelolaan ekosistem hutan secara berkelanjutan.

Informasi mengenai cadangan karbon dalam biomassa vegetasi menjadi sangat penting dalam pengelolaan lingkungan karena dapat digunakan untuk memahami kondisi ekosistem dan menyusun strategi konservasi yang berkelanjutan. Biomassa vegetasi merupakan indikator utama dalam menentukan cadangan karbon karena sekitar 50% biomassa kering tumbuhan tersusun atas karbon (Chave *et al.*, 2014). Pohon dewasa berperan sebagai penyimpan karbon jangka panjang, sedangkan vegetasi tingkat pancang menjadi indikator regenerasi dan potensi cadangan karbon di masa depan (Stephenson *et al.*, 2014). Dengan demikian, pengukuran biomassa dan kandungan karbon vegetasi menjadi variabel kunci dalam penelitian mitigasi perubahan iklim (Sun & Liu, 2020).

Ekosistem karst merupakan ekosistem yang memiliki peran ekologis penting karena menyimpan keanekaragaman hayati tinggi serta fungsi hidrologi dan geokimia yang kompleks (Sulistiyowati *et al.*, 2021). Kawasan karst juga memiliki potensi dalam penyerapan karbon melalui vegetasi dan proses pelarutan batuan karbonat yang membentuk sistem penyimpanan karbon anorganik (Danardono *et al.*, 2022). Vegetasi di kawasan karst memiliki adaptasi khusus terhadap kondisi tanah dangkal dan miskin unsur hara sehingga berperan dalam menjaga stabilitas tanah, keanekaragaman hayati, serta penyerapan karbon (Prabowo *et al.*, 2024). Penelitian di Sanctuary Maleo Hungayono menunjukkan bahwa vegetasi hutan primer di kawasan karst memiliki biomassa tinggi dan struktur vegetasi kompleks yang berkontribusi besar terhadap serapan karbon (Hamid *et al.*, 2024).

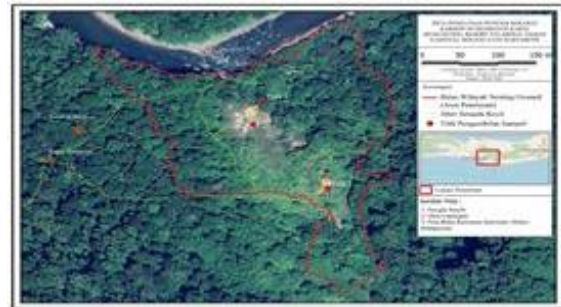
Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji biomassa dan serapan karbon pada ekosistem hutan dan karst, data mengenai kerapatan vegetasi, biomassa, serta potensi serapan karbon pada tingkat pohon dan pancang di ekosistem karst Hungayono, Resort Tulabolo, Taman Nasional Bogani Nani Wartabone masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada aspek keanekaragaman vegetasi atau fungsi geokimia karst, sehingga kajian yang mengintegrasikan analisis kerapatan vegetasi, biomassa, dan serapan karbon secara kuantitatif di kawasan ini masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab bagaimana kerapatan dan biomassa vegetasi tingkat pohon dan pancang pada ekosistem karst Hungayono serta bagaimana potensi serapan karbon yang dihasilkan berdasarkan kandungan biomassa vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan dan biomassa vegetasi tingkat pohon dan pancang serta mengestimasi potensi serapan karbon di ekosistem karst Hungayono, Resort Tulabolo, Taman Nasional Bogani Nani Wartabone sebagai dasar ilmiah dalam mendukung kebijakan konservasi dan pengelolaan ekosistem karst secara berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2025 di kawasan karst Hungayono, Desa Tulabolo, Kecamatan

Suwawa Timur, Kabupaten Bone Bolango, Resort Tulabolo Pinogu, Taman Nasional Bogani Nani Wartabone.



Gambar. 1 Peta lokasi penelitian Kars Hungayono

Pendekatan Penelitian

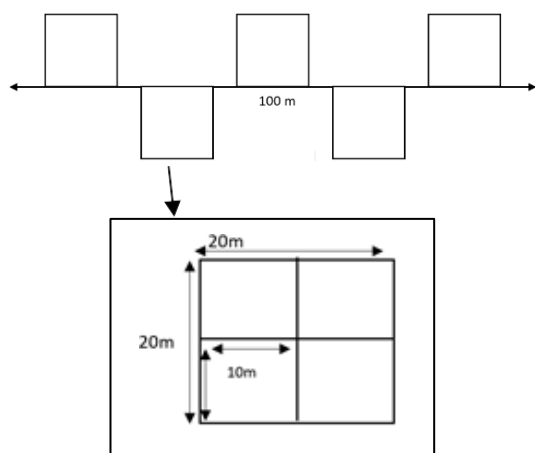
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis kerapatan vegetasi, biomassa, dan potensi serapan karbon pada ekosistem karst Hungayono. Subjek penelitian adalah vegetasi tingkat pohon dan pancang yang terdapat pada ekosistem karst Hungayono. Vegetasi tingkat pohon ditetapkan dengan diameter setinggi dada (DBH ≥ 20 cm) menggunakan plot berukuran 20×20 m, sedangkan vegetasi tingkat pancang ditetapkan dengan DBH $10 < \text{DBH} < 20$ cm menggunakan plot berukuran 10×10 m. Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi Global Positioning System (GPS) untuk menentukan koordinat lokasi, roll meter dan meteran untuk mengukur plot dan diameter batang, kamera digital untuk dokumentasi, termometer dan hygrometer untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, soil tester untuk parameter tanah, serta alat tulis untuk pencatatan data.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan metode kuadran transek dengan teknik purposive sampling, yaitu penentuan titik pengamatan berdasarkan kondisi topografi kawasan karst yang terdiri dari bagian bawah, tengah, dan atas karst. Pada setiap titik dibuat petak ukur vegetasi sebagai unit pengamatan untuk mencatat jenis tumbuhan, jumlah individu, diameter setinggi dada (DBH), dan tinggi pohon.

Metode pengamatan dilakukan secara non-destruktif karena lokasi penelitian berada pada kawasan konservasi, sehingga vegetasi tidak ditebang selama proses pengambilan data. Data yang dikumpulkan meliputi jenis vegetasi, jumlah individu, diameter batang, tinggi pohon,

serta kondisi lingkungan. Variabel yang diukur dalam penelitian ini meliputi kepadatan vegetasi, biomassa pohon dan pancang, cadangan karbon, serta potensi serapan karbon dioksida (CO₂).



Gambar. 2 Desain Line Transek Penelitian

Pengambilan data vegetasi menggunakan metode plot berpetak, di mana pada setiap titik pengamatan dibuat 5 plot utama dengan ukuran 20 m × 20 m untuk tingkat pohon, dan di dalamnya terdapat subplot 10 m × 10 m untuk tingkat pancang. Kepadatan vegetasi dihitung berdasarkan jumlah individu dalam plot yang kemudian dikonversi ke satuan hektar (ind/ha).

Analisis Data

Kepadatan vegetasi dihitung berdasarkan jumlah individu dalam plot yang kemudian dikonversi ke satuan hektar (ind/ha) menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$K = \frac{n}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

K= Kepadatan (individu/ha)

n= Jumlah individu yang ditemukan dalam plot

A= Luas plot pengamatan (ha)

Perhitungan biomassa dilakukan menggunakan persamaan alometrik (Chave *et al.*, 2014; Kettering *et al.*, 2001) sebagai berikut:

$$AGB = 0,0673 \times (\rho \times D^2 \times H)^{0,976} \quad (2)$$

Keterangan:

AGB = Above Ground Biomass (biomassa atas permukaan tanah)

(kg)

ρ = berat jenis kayu (g/cm³)

D = diameter batang pada

tinggi dada (cm) H= pohon

(m)

0,0673 dan 0,976 = konstanta

persamaan alometri (Chave *et al.*, 2014).

Total biomassa diperoleh dengan menjumlahkan biomassa seluruh individu dalam plot (Hairiah *et al.*, 2011). Cadangan karbon dihitung sebesar 50% dari biomassa kering (Brown, 1997), sedangkan potensi serapan karbon dioksida dihitung menggunakan faktor konversi 3,67 sesuai pedoman IPCC (2006). Rumus perhitungan karbon dan CO₂ adalah sebagai berikut :

Karbon

(C) =

Biom

assa ×

0,5

CO₂ =

Karbo

n ×

3,67

(3)

Alur perhitungan dilakukan secara bertahap sebagai berikut:

Biomassa vegetasi → Karbon (Biomassa × 0,5)
 → CO₂ (Karbon × 3,67)

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan kepadatan vegetasi, biomassa, cadangan karbon, dan potensi serapan karbon di setiap titik pengamatan. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel an grafik untuk memudahkan interpretasi serta mendukung pembahasan mengenai peran ekosistem karst Hungayono dalam menyerap karbon dan mitigasi perubahan iklim.

Hasil dan Pembahasan

Klasifikasi Spesies vegetasi pada ekosistem Kars Hungayono

Hasil klasifikasi vegetasi menunjukkan bahwa seluruh spesies yang ditemukan termasuk

dalam Kingdom Plantae dengan dominasi Divisi Tracheophyta, serta sebagian berasal dari kelompok Magnoliophyta dan Coniferophyta. Vegetasi yang teridentifikasi mencakup kelas Equisetopsida, Liliopsida, Magnoliopsida, dan Pinopsida dengan berbagai ordo, yaitu Sapindales, Arecales, Poales, Rosales, Gentianales, Malvales, Magnoliales, Lamiales, Scrophulariales, dan Pinales, serta tersebar dalam beberapa famili seperti Burseraceae, Arecaceae, Poaceae, Moraceae, Apocynaceae, Rubiaceae, Dipterocarpaceae, Anacardiaceae, Annonaceae, Lamiaceae, Acanthaceae, dan *Araucariaceae*.

Berdasarkan habitusnya, vegetasi didominasi oleh tingkat pohon, meliputi Garuga

floribunda, Calamus manan, Arenga pinnata, Bambusa vulgaris, Bambusa multiplex, Ficus thonningii, Ficus benjamina, Cerbera manghas, Neolamarckia cadamba, Shorea spp., Dracontomelon dao, Mangifera indica, Cananga odorata, dan Agathis dammara, sedangkan tingkat pancang terdiri atas Tabernaemontana divaricata, Premna serratifolia, dan Graptophyllum pictum. Dominasi vegetasi tingkat pohon menunjukkan bahwa kawasan penelitian memiliki struktur vegetasi yang cukup berkembang, sementara keberadaan tingkat pancang mengindikasikan adanya proses regenerasi vegetasi di lokasi penelitian.

Tabel 1. Klasifikasi Spesies Vegetasi Pada Ekosistem Kars Hungayono

Divisi	Class	Order	Family	Genus	Spesies	Nama Lokal	Habitus
Tracheophyta	Equisetopsida	Sapindales	Burseraceae	Garuga	<i>Garuga floribunda</i>	Kayu Kambing	Pohon
Tracheophyta	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	Calamus	<i>Calamus manan</i> Miq.	Rotan	Pohon
Tracheophyta	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	Arenga	<i>Arenga pinnata</i>	Aren / Waolo	Pohon
Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Bambusa	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl.	Bambu Wowohu	Pohon
Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Bambusa	<i>Bambusa multiplex</i> (Lour.) Raeusch.	Bambu Hulapa	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Rosales	Moraceae	Ficus	<i>Ficus thonningii</i> Blume	Malahengo	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Rosales	Moraceae	Ficus	<i>Ficus benjamina</i> L.	Beringin	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Apocynaceae	Cerbera	<i>Cerbera manghas</i>	Bintaro	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Apocynaceae	Tabernaemontana	<i>Tabernaemontana divaricata</i>	Montere	Pancang
Tracheophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Rubiaceae	Neolamarckia	<i>Neolamarckia cadamba</i>	Jabon Putih	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Dipterocarpaceae	Shorea	<i>Shorea spp.</i>	Meranti	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Sapindales	Anacardiaceae	Dracontomelon	<i>Dracontomelon dao</i>	Loyo / Rao	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Sapindales	Anacardiaceae	Mangifera	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangga	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Magnoliales	Annonaceae	Cananga	<i>Cananga odorata</i>	Kenanga	Pohon
Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	Premna	<i>Premna serratifolia</i> L.	Buas-buas	Pancang
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Scrophulariales	Acanthaceae	Graptophyllum	<i>Graptophyllum pictum</i> (L.) Griff.	Wungune	Pancang
Coniferophyta	Pinopsida	Pinales	Araucariaceae	Agathis	<i>Agathis dammara</i> (Lamb.) Rich.	Damar	Pohon

Kerapatan Vegetasi, Kandungan dan Serapan Karbon

Hasil analisis kerapatan vegetasi dilihat pada tabel 2 menunjukkan variasi nilai pada setiap titik pengamatan untuk masing-masing tingkat vegetasi. Pada tingkat pohon, kerapatan tertinggi ditemukan pada Titik 1 sebesar 265 ind/ha, kemudian menurun secara signifikan pada Titik 2 sebesar 20 ind/ha, dan menjadi paling rendah pada Titik 3 sebesar 5 ind/ha, dengan total kerapatan mencapai 290 ind/ha.

Sementara itu, pada tingkat pancang, kerapatan vegetasi menunjukkan pola yang relatif lebih merata dibandingkan tingkat pohon, dengan nilai sebesar 150 ind/ha pada Titik 1, meningkat menjadi 160 ind/ha pada Titik 2, dan menurun pada Titik 3 sebesar 25 ind/ha, sehingga total kerapatan pada tingkat pancang mencapai 335 ind/ha.

Tabel 2. Kerapatan Vegetasi

Tingkat vegetasi	Hasil total analisis kerapatan			Total
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Pohon	265 ind/ha	20 ind/ha	5 ind/ha	290 ind/ha
Pancang	150 ind/ha	160 ind/ha	25 ind/ha	335 ind/ha

Hasil analisis biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon menunjukkan adanya variasi nilai pada setiap titik pengamatan baik pada tingkat pohon maupun pancang. Pada Titik 1 diperoleh nilai biomassa tertinggi, yaitu sebesar 666,10 ton/ha pada tingkat pohon dan 3,60 ton/ha pada tingkat pancang. Kandungan karbon pada titik ini mencapai 414,20 ton/ha untuk pohon dan 1,82 ton/ha untuk pancang, sedangkan nilai serapan karbon masing-masing sebesar 1520,12 ton CO₂e/ha pada pohon dan 6,68 ton CO₂e/ha pada pancang. Tingginya nilai biomassa dan karbon pada Titik 1 menunjukkan bahwa vegetasi pada lokasi tersebut memiliki kerapatan dan ukuran vegetasi yang lebih besar dibandingkan titik lainnya sehingga kemampuan penyimpanan karbonnya juga lebih tinggi.

Titik 2, nilai biomassa mengalami penurunan menjadi 3,47 ton/ha pada tingkat pohon dan 3,41 ton/ha pada tingkat pancang,

dengan kandungan karbon sebesar 1,73 ton/ha pada pohon dan 1,70 ton/ha pada pancang, serta serapan karbon masing-masing sebesar 6,37 ton CO₂e/ha dan 6,26 ton CO₂e/ha. Sementara itu, Titik 3 menunjukkan nilai biomassa paling rendah, yaitu 0,35 ton/ha pada tingkat pohon dan 0,85 ton/ha pada tingkat pancang. Kandungan karbon pada titik ini sebesar 0,18 ton/ha untuk pohon dan 0,43 ton/ha untuk pancang, sedangkan serapan karbon sebesar 0,65 ton CO₂e/ha pada pohon dan 1,56 ton CO₂e/ha pada pancang. Secara keseluruhan, total biomassa yang diperoleh sebesar 677,79 ton/ha, total kandungan karbon sebesar 420,06 ton/ha, dan total serapan karbon sebesar 1541,63 ton CO₂e/ha, yang menunjukkan bahwa vegetasi pada lokasi penelitian memiliki kemampuan yang cukup besar dalam menyimpan dan menyerap karbon dari atmosfer.

Tabel 3 Hasil Analisis Biomassa, Kandungan Karbon dan Serapan Karbon

Analisis Variabel	Titik 1		Titik 2		Titik 3		Total
	Pohon	Pancang	Pohon	Pancang	Pohon	Pancang	
Biomassa	666,10 ton/ha	3,60 ton/ha	3,47 ton/ha	3,41 ton/ha	0,35 ton/ha	0,85 ton/ha	677,79 ton/ha
Kandungan karbon	414,20 ton/ha	1,82 ton/ha	1,73 ton/ha	1,70 ton/ha	0,18 ton/ha	0,43 ton/ha	420,06 ton/ha
Serapan karbon	1520,12 ton CO ₂ e/ha	6,68 ton CO ₂ e/ha	6,37 ton CO ₂ e/ha	6,26 ton CO ₂ e/ha	0,65 ton CO ₂ e/ha	1,56 ton CO ₂ e/ha	1541,63 ton CO ₂ e/ha

Pembahasan

Klasifikasi Spesies vegetasi pada ekosistem Kars Hungayono

Vegetasi yang ditemukan pada ekosistem karst Hungayono menunjukkan dominasi kelompok *Tracheophyta*, dengan keterwakilan dari *Magnoliophyta* dan *Coniferophyta*. Pola ini mencerminkan kecenderungan umum ekosistem karst yang memiliki komposisi vegetasi beragam dan kompleks sebagaimana ditunjukkan dalam studi karst di Wonogiri (IPB University, 2023). Keberadaan kelas tumbuhan seperti *Equisetopsida*, *Liliopsida*, *Magnoliopsida*, dan *Pinopsida* memperlihatkan tingginya keragaman taksonomi. Keragaman ini sejalan dengan pandangan Deng (2025) bahwa variasi spesies dan sifat morfologi maupun fisiologi yang

berbeda berperan penting dalam meningkatkan resiliensi ekosistem hutan terhadap tekanan lingkungan.

Sebaran spesies dalam berbagai ordo, seperti *Sapindales*, *Arecales*, *Poales*, *Rosales*, *Gentianales*, *Malvales*, *Magnoliales*, *Lamiales*, *Scrophulariales*, dan *Pinales*, serta keterwakilan famili seperti *Burseraceae*, *Arecaceae*, *Poaceae*, *Moraceae*, *Apocynaceae*, *Rubiaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Lamiaceae*, *Acanthaceae*, dan *Araucariaceae*, menunjukkan bahwa ekosistem Hungayono memiliki struktur vegetasi yang kompleks. Menurut He *et al.* (2025), keragaman vegetasi karst merupakan faktor penting dalam menghadapi kekeringan, sehingga keberadaan berbagai ordo dan famili di Hungayono dapat dipandang sebagai bentuk adaptasi ekosistem

terhadap kondisi iklim ekstrem.

Selain itu, dominasi vegetasi tingkat pohon seperti *Garuga floribunda*, *Calamus manan*, *Arenga pinnata*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa multiplex*, *Ficus thonningii*, *Ficus benjamina*, *Cerbera manghas*, *Neolamarckia cadamba*, *Shorea* spp., *Dracontomelon dao*, *Mangifera indica*, *Cananga odorata*, dan *Agathis dammara* menunjukkan bahwa struktur tegakan cenderung membentuk kanopi rapat. Kondisi ini berperan penting dalam pembentukan biomassa dan potensi serapan karbon, sesuai dengan pandangan Pakhira et al. (2024) yang menekankan bahwa struktur tegakan hutan merupakan faktor utama dalam adaptasi ekosistem terhadap perubahan iklim sekaligus meningkatkan kapasitas mitigasi karbon.

Dengan demikian, keragaman taksonomi dan dominasi pohon di ekosistem karst Hungayono tidak hanya menunjukkan kompleksitas vegetasi, tetapi juga menegaskan peran penting ekosistem karst dalam mendukung keanekaragaman hayati, menjaga resiliensi ekosistem, serta berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim.

Berdasarkan habitus atau tingkat pertumbuhannya, vegetasi yang ditemukan didominasi oleh tingkat pohon, sedangkan sebagian lainnya berada pada tingkat pancang. Spesies tingkat pohon meliputi *Garuga floribunda*, *Calamus manan*, *Arenga pinnata*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa multiplex*, *Ficus thonningii*, *Ficus benjamina*, *Cerbera manghas*, *Neolamarckia cadamba*, *Shorea* spp., *Dracontomelon dao*, *Mangifera indica*, *Cananga odorata*, dan *Agathis dammara*. Sementara itu, spesies tingkat pancang terdiri atas *Tabernaemontana divaricata*, *Premna serratifolia*, dan *Graptophyllum pictum*. Dominasi vegetasi tingkat pohon menunjukkan bahwa struktur tegakan pada ekosistem karst Hungayono cenderung membentuk kanopi yang relatif rapat dan berperan penting dalam pembentukan biomassa serta potensi serapan karbon. Uraian klasifikasi dan habitus vegetasi tersebut selanjutnya disajikan secara rinci dalam Tabel 1. klasifikasi vegetasi ekosistem Karst Hungayono.

Kerapatan Vegetasi

Analisis kerapatan vegetasi pada ekosistem karst Hungayono menunjukkan adanya variasi antara strata pohon dan pancang pada setiap titik pengamatan. Pada Titik 1,

kerapatan vegetasi pada tingkat pohon tercatat sebesar 265 ind/ha, lebih tinggi dibandingkan tingkat pancang sebesar 150 ind/ha, yang menunjukkan dominasi tegakan pohon pada lokasi ini. Pada Titik 2, kerapatan vegetasi pada tingkat pancang sebesar 160 ind/ha lebih tinggi dibandingkan tingkat pohon sebesar 20 ind/ha, sehingga mengindikasikan dominasi vegetasi pada fase regenerasi. Sementara itu, pada Titik 3, kerapatan vegetasi pada tingkat pancang sebesar 25 ind/ha juga lebih tinggi dibandingkan tingkat pohon sebesar 5 ind/ha, yang menunjukkan kondisi vegetasi dengan dominasi individu muda meskipun dalam jumlah yang relatif rendah.

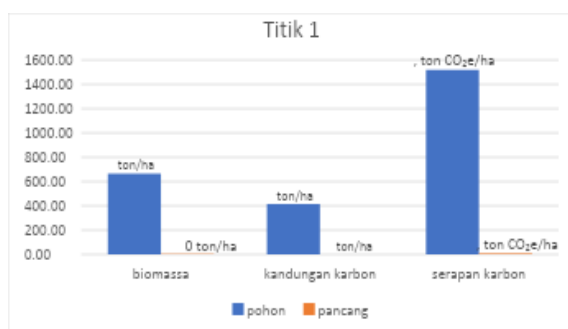
Secara keseluruhan, total kerapatan vegetasi menunjukkan bahwa tingkat pancang sebesar 335 ind/ha lebih tinggi dibandingkan tingkat pohon sebesar 290 ind/ha. Nilai ini menggambarkan bahwa jumlah individu pada tingkat pancang lebih tinggi dibandingkan dengan pohon dalam satuan luas yang sama, sehingga menunjukkan adanya potensi regenerasi vegetasi di lokasi penelitian. Menurut Odum (1993), dominasi pohon dalam suatu ekosistem dapat menjadi indikator stabilitas ekologis karena perannya dalam membentuk kanopi serta mengatur kondisi iklim mikro, seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nugroho dan Setyawan (2021) di kawasan karst Gunung Sewu yang menunjukkan bahwa dominasi vegetasi pohon berkontribusi dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

Biomassa, Kandungan Karbon dan Serapan Karbon

Gambar pada Titik 1 menunjukkan bahwa nilai biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon pada tingkat pohon jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat pancang. Biomassa pada tingkat pohon tercatat sebesar 666,10 ton/ha kg, sedangkan pada tingkat pancang hanya sebesar 3,60 ton/ha kg. Perbedaan yang sangat mencolok ini menunjukkan bahwa kontribusi biomassa terbesar pada titik ini berasal dari vegetasi tingkat pohon. Biomassa tersebut mencerminkan total massa kering vegetasi yang diperoleh melalui pendekatan alometrik berdasarkan ukuran diameter dan tinggi tanaman, sehingga tingginya nilai pada pohon mengindikasikan struktur vegetasi yang lebih besar dan kompleks dibandingkan pancang.

Sejalan dengan nilai biomassa, kandungan

karbon pada tingkat pohon juga jauh lebih tinggi yaitu sebesar 414,20 ton/ha kg dibandingkan pancang sebesar 1,82 ton/ha kg. Hal ini berimplikasi langsung terhadap nilai serapan karbon, di mana tingkat pohon memiliki serapan sebesar 1520,12 ton CO₂e/ha kg, sedangkan pancang hanya sebesar 6,68 ton CO₂e/ha kg. Tingginya nilai ini menunjukkan bahwa vegetasi tingkat pohon memiliki peran dominan dalam menyerap dan menyimpan karbon di lokasi penelitian. Brown (1997) menyatakan bahwa biomassa merupakan salah satu indikator produktivitas ekosistem, di mana nilai biomassa yang tinggi berkaitan dengan besarnya potensi penyimpanan energi dan karbon. Hasil ini juga didukung oleh penelitian Ansari et al. (2024) di karst Bulusaraung, Sulawesi Selatan, yang menunjukkan bahwa pohon memberikan kontribusi terbesar terhadap total biomassa dan berperan penting dalam dinamika karbon ekosistem.

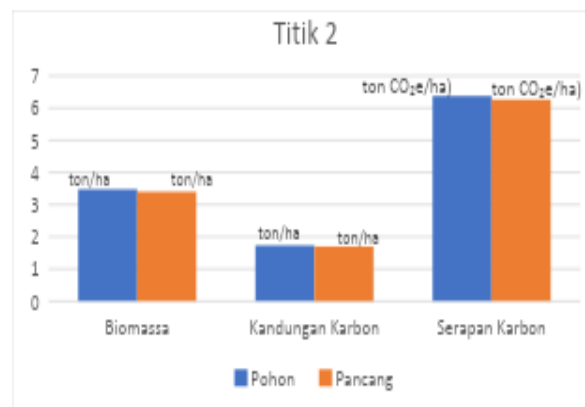


Gambar 1. Grafik biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon

Titik 1 berdasarkan Strata (pohon dan pancang) (CO₂), tingkat pohon juga menunjukkan nilai Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon (CO₂) pada tingkat pohon cenderung lebih tinggi dibandingkan tingkat pancang. Pada parameter biomassa, tingkat pohon memiliki nilai sebesar 3,47 ton/ha kg, sedangkan pancang sebesar 3,41 ton/ha kg. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa vegetasi tingkat pohon, yang umumnya memiliki diameter batang dan tinggi lebih besar, berkontribusi lebih dominan terhadap akumulasi biomassa dibandingkan vegetasi tingkat pancang (IPCC, 2006).

Pola yang sama juga terlihat pada kandungan karbon, di mana tingkat pohon memiliki nilai sebesar 1,73 ton/ha kg dan pancang sebesar 1704,70 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan karbon vegetasi memperlihatkan pola yang serupa dengan

biomassa, karena karbon merupakan hasil konversi dari biomassa yang mencerminkan jumlah karbon yang terakumulasi dalam jaringan tumbuhan. Dengan demikian, semakin besar biomassa suatu vegetasi, maka semakin besar pula kandungan karbon yang tersimpan di dalamnya. Besarnya kandungan karbon pada tingkat pohon menunjukkan bahwa vegetasi ini memiliki kemampuan penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan pancang (IPCC, 2006; Fuady dan Arsyad, 2025).



Gambar 2. Grafik biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon pada Titik 2 berdasarkan Strata (pohon dan pancang)

Selanjutnya, pada parameter serapan karbon yang lebih tinggi yaitu sebesar 6,37 ton CO₂e/ha kg dibandingkan pancang sebesar 6,26 ton CO₂e/ha kg. Hal ini mengindikasikan bahwa vegetasi tingkat pohon memiliki kapasitas yang lebih besar dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer melalui proses fotosintesis. Tingginya serapan karbon ini berkaitan dengan luas permukaan daun dan struktur tajuk yang lebih berkembang pada tingkat pohon (Donsi et al., 2025). Meskipun selisih antara tingkat pohon dan pancang pada Titik 2 relatif kecil, dominasi tingkat pohon tetap terlihat pada seluruh parameter. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur vegetasi di lokasi penelitian cukup seimbang, di mana vegetasi tingkat pancang juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penyimpanan karbon. Hal ini mengindikasikan adanya proses regenerasi yang berjalan dengan baik dalam ekosistem tersebut (Fuady dan Arsyad, 2025).

Secara ekologis, hasil ini memperkuat bahwa karbon yang tersimpan dalam biomassa vegetasi berperan sebagai *carbon sink* yang penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, keberadaan vegetasi tingkat pohon pada Titik 2 memiliki peran strategis

dalam menjaga kestabilan siklus karbon di ekosistem hutan karst (IPCC, 2006; Donsi et al., 2025).

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok antara tingkat pancang dan tingkat pohon pada parameter biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon (CO₂). Berbeda dengan Titik 2, pada lokasi ini nilai tertinggi justru didominasi oleh vegetasi tingkat pancang. Pada parameter biomassa, pancang memiliki nilai sebesar 0,85 ton/ha kg, sedangkan pohon hanya sebesar 0,35 ton/ha kg. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi biomassa pada Titik 3 lebih banyak berasal dari vegetasi tingkat pancang, yang mengindikasikan dominasi vegetasi muda dalam struktur tegakan (Agniy et al., 2026).

Pola yang sama juga terlihat pada kandungan karbon, di mana pancang memiliki nilai sebesar 0,43 ton/ha kg, lebih tinggi dibandingkan pohon sebesar 0,18 ton/ha kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa kandungan karbon vegetasi mengikuti pola biomassa, di mana semakin besar biomassa maka semakin besar pula karbon yang tersimpan dalam jaringan tumbuhan. Dominasi pancang pada parameter ini mengindikasikan bahwa akumulasi karbon di Titik 3 lebih banyak tersimpan pada vegetasi dengan ukuran lebih kecil, yang kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan karst yang membatasi pertumbuhan pohon besar (IPCC, 2006).



Gambar 3. Grafik biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon pada Titik 3 berdasarkan Strata (pohon dan pancang)

Selanjutnya, pada parameter serapan karbon (CO₂), pancang juga menunjukkan nilai yang jauh lebih tinggi yaitu sebesar 1,56 ton CO₂e/ha kg dibandingkan pohon sebesar 0,65 ton CO₂e/ha kg. Tingginya serapan karbon pada

tingkat pancang menunjukkan bahwa vegetasi muda memiliki peran penting dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer, terutama pada fase pertumbuhan aktif. Hal ini berkaitan dengan laju fotosintesis yang relatif tinggi pada vegetasi muda yang sedang mengalami pertumbuhan intensif (Agniy et al., 2026).

Kesimpulan

Ekosistem karst Hungayono memiliki keragaman vegetasi yang cukup tinggi dengan dominasi kelompok Tracheophyta serta berbagai kelas, ordo, dan famili tumbuhan yang menunjukkan struktur vegetasi yang kompleks. Vegetasi didominasi oleh tingkat pohon, seperti *Garuga floribunda*, *Ficus benjamina*, *Shorea spp.*, dan *Agathis dammara*, sedangkan tingkat pancang terdiri atas beberapa spesies regeneratif. Hasil kerapatan vegetasi menunjukkan bahwa Titik 1 didominasi tingkat pohon, sedangkan Titik 2 dan Titik 3 didominasi tingkat pancang yang mengindikasikan adanya proses regenerasi vegetasi. Analisis biomassa, kandungan karbon, dan serapan karbon menunjukkan bahwa tingkat pohon memiliki kontribusi terbesar terhadap penyimpanan biomassa dan karbon, terutama pada Titik 1, sedangkan pada Titik 3 vegetasi tingkat pancang lebih dominan. Secara keseluruhan, ekosistem karst Hungayono memiliki potensi penting sebagai penyerap dan penyimpan karbon (carbon sink) yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung mitigasi perubahan iklim.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada pihak Taman Nasional Bogani Nani Wartabone atas izin serta dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian di kawasan ekosistem karst Hungayono. Apresiasi juga disampaikan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Biologi, yang telah memberikan dukungan akademik dan fasilitas selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan ilmiah selama proses penelitian hingga penyusunan naskah artikel. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam kegiatan pengambilan data di lapangan. Dukungan dan kontribusi yang

diberikan sangat membantu kelancaran seluruh rangkaian kegiatan penelitian dan penulisan artikel.

Referensi

- Ansari, F., Narendra, B. H., Putri, I. A. S. L. P., Tata, H. L., Dharmawan, I. W. S., Rachmat, H. H., Suharti, S., Windyoningrum, A., Khotimah, H., Sayektiningsih, T., & Tappa, S. (2024). Perubahan tutupan hutan dan dinamika karbonnya di daerah karst Bulusaraung, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Ilmu dan Teknologi Kehutanan*, 20(2), 179–193. <https://doi.org/10.1080/21580103.2024.2343344>
- Brown, S. (1997). Estimasi biomassa dan perubahan biomassa hutan tropis: Sebuah pengantar. Makalah Kehutanan FAO 134. Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa. Tersedia dari: Publikasi Resmi FAO
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., ... & Vieilledent, G. (2014). Model alometrik yang ditingkatkan untuk memperkirakan biomassa di atas permukaan tanah pohon tropis. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Danardono, D., Haryono, E., & Adji, T. N. (2022). Dinamika karbon karst: Peran pelarutan karbonat dalam penyerapan karbon. *Environmental Earth Sciences*, 81(3), 1–12.
- Deng, H. (2025). Keanekaragaman tumbuhan dan ketahanan ekosistem di hutan tropis di bawah tekanan iklim. *Jurnal Ekologi dan Lingkungan*, 49(2), 112–124.
- Donsi, K.C., Baderan, D.W.K., Hamidun, MS, Ahmad, J., & Rosalia, N. (2025). Analisis struktur vegetasi dan potensi serapan karbon tumbuhan di kawasan Cagar Alam Tangale Kabupaten Gorontalo. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian dan Teknologi dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 188–201. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.260>
- Fuady, S., & Arsyad, M. (2025). Analisis Potensi Penyerapan Karbon Hutan Di Atas Tanah Kawasan Karst Taman Nasional Maros Bantimurung Bulusaraung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1525(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1525/1/012026>
- Hairiah, K., Sitompul, S. M., van Noordwijk, M., & Palm, C. (2011). Metode untuk pengambilan sampel stok karbon di atas dan di bawah tanah. *Pusat Agroforestri Dunia (ICRAF)*. <https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/29177/>
- Hamid, M., Yusuf, R., & Lintang, A. (2024). Biomassa dan potensi penyerapan karbon vegetasi hutan primer di suaka karst Hungayono. *Jurnal Penelitian Hutan Tropis*, 18(1), 45–56.
- He, J., Wang, Y., & Li, X. (2025). Keanekaragaman vegetasi di ekosistem karst dan perannya dalam adaptasi kekeringan. *Indikator Ekologi*, 70(3), 211–220.
- Universitas IPB. (2023). Komposisi dan keanekaragaman vegetasi di ekosistem karst Wonogiri. Prosiding Seminar Ekologi Karst.
- IPCC. (2006). Pedoman IPCC 2006 untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Katili, A. S., Mamu, H. D., & Husain, I. H. (2020). Potensi struktur vegetasi mangrove dan nilai serapan biomassa karbon. Ideas Publishing. 978-623-234-091-6. Tersedia di: https://repository.ung.ac.id/get/simlit_res/3/106/Potensi-Struktur-Vegetasi-Mangrove-dan-Nilai-Serapan-Biomassa-Karbon.pdf
- Katili, A. (2008). Degradasi ekosistem dan dampaknya terhadap perubahan iklim. *Jurnal Ekologi Tropika*, 12(1), 33–42.
- Ketterings, QM, Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, CA (2001). Mengurangi ketidakpastian dalam penggunaan persamaan biomassa alometrik untuk memprediksi biomassa pohon di atas permukaan tanah pada hutan sekunder campuran. *Ekologi dan Manajemen Hutan*, 146(1–3), [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6)
- Nugroho, A., & Setyawan, A. D. (2021). Komposisi vegetasi dan estimasi biomassa di ekosistem karst Gunung Sewu, Jawa, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kehutanan Tropis*, 33(4), 389–400.

- Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi* (edisi ke-5). W.B. Saunders. Perpustakaan Terbuka – Dasar-Dasar Ekologi
- Pakhira, D., Singh, R., & Sharma, P. (2024). Struktur tegakan hutan dan perannya dalam adaptasi iklim dan mitigasi karbon. *Ekologi dan Konservasi Hutan*, 55(2), 87–99.
- Prabowo, R., Santosa, B., & Haryono, E. (2024). Adaptasi vegetasi di ekosistem karst dengan tanah dangkal. *Jurnal Ilmu Lingkungan Indonesia*, 22(1), 15–27
- Stephenson, N. L., Das, A. J., Condit, R., Russo, S. E., Baker, P. J., Beckman, N. G., ... & Alvarez, E. (2014). Laju akumulasi karbon pohon meningkat terus menerus seiring dengan ukuran pohon. *Nature*, 507(7490), 90–93. <https://doi.org/10.1038/nature12914>
- Sulistiyowati, R., Adji, T. N., & Haryono, E. (2021). Keanekaragaman hayati dan fungsi ekologis ekosistem karst di Indonesia. *Biodiversitas*, 22(5), 2558–2567.
- Sun, J., & Liu, Y. (2020). Penilaian biomassa dan penyimpanan karbon di ekosistem hutan tropis. *Ekosistem Hutan*, 7(1), 1–12.