



Estimasi Simpanan Karbon Atas Permukaan di Kawasan Wisata Alam Pulo Tareba Kota Ternate

(Estimation of Above Ground Carbon Storage in The Pulo Tareba Natural Tourism Area, Ternate City)

Fatima Ahz Zhahra¹, Andy Kurniawan² & Reyna Ashari^{3*}

¹ Mahasiswa Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Khairun Ternate

² Dosen Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Khairun Ternate

³ Dosen Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Khairun Ternate

* Corresponding Author: reyna.ashari@unkhair.ac.id

Article History

Received : December 30, 2025

Revised : March 6, 2026

Approved : April 16, 2026

Keywords:

Allometric, Biomass, Carbon Storage, Pulo Tareba, Ternate

© 2026 Authors

Published by the Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Palangka Raya University. This article is openly accessible under the license:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Sejarah Artikel

Diterima : 30 Desember 2025

Direvisi : 6 Maret 2026

Disetujui : 16 April 2026

Kata Kunci:

Allometrik, Biomassa, Pulo Tareba, Simpanan Karbon, Ternate

© 2026 Penulis

Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Kehutanan dan Perikanan Universitas Palangka Raya. Artikel ini dapat diakses secara terbuka di bawah lisensi:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ABSTRACT

Carbon is vital for mitigating climate change, and aboveground biomass represents one key form of its storage. This research was conducted in the Pulo Tareba Nature Tourism Area, a community forest managed by the Tolire Gam Jaha Forest Farmers Group within the Ternate-Tidore Forest Management Unit. As quantitative data regarding carbon stocks remain unavailable, this research aims to assess the potential of aboveground biomass and carbon storage at this location. The data collection uses the plot method according to the SNI 7724:2019, with a plot size of 20 × 20 m for live and dead trees, and 2 × 2 m for litter and undergrowth. Data analysis was performed using allometric calculations from Kettering et al. (2001) and SNI 7724:2019. The research results show that the total biomass in the Pulo Tareba Natural Tourism Area reaches 399.252 tons/ha, with a total carbon storage of 187.651 tons/ha. Carbon storage based on vegetation components shows that trees are the largest contributor with a value of 94.86 tons/ha, followed by litter at 77.21 tons/ha, undergrowth at 15.58 tons/ha, and dead trees (necromass) at 0.0009 tons/ha. The results of this research can be used as a consideration for the Ternate-Tidore Forest Management Unit (KPH) and area managers in designing conservation area preservation strategies.

ABSTRAK

Karbon merupakan unsur penting dan memiliki peran besar dalam pengendalian perubahan iklim. Salah satu bentuk penyimpanannya terdapat pada biomassa di atas permukaan tanah. Penelitian ini dilakukan di Kawasan Wisata Alam Pulo Tareba yang merupakan bagian dari Hutan Kemasyarakatan, Kelompok Tani Hutan Tolire Gam Jaha pada wilayah KPH Ternate-Tidore. Hingga saat ini, belum tersedia data kuantitatif mengenai simpanan karbon, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi biomassa dan simpanan karbon atas permukaan di lokasi tersebut. Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode plot sesuai dengan ketentuan SNI 7724:2019, dengan ukuran plot 20 × 20 m untuk pohon hidup dan pohon mati, serta 2 × 2 m untuk serasah dan tumbuhan bawah. Analisis data dilakukan menggunakan perhitungan allometrik Kettering et al. (2001) dan SNI 7724:2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biomassa di Kawasan Wisata Alam Pulo Tareba mencapai 399,252 ton/ha, dengan total simpanan karbon sebesar 187,651 ton/ha. Simpanan karbon berdasarkan komponen vegetasi menunjukkan bahwa pohon merupakan penyumbang terbesar dengan nilai 94,86 ton/ha, diikuti oleh serasah sebesar 77,21 ton/ha, tumbuhan bawah sebesar 15,58 ton/ha, dan pohon mati (nekromassa) sebesar 0,0009 ton/ha. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi KPH Ternate-Tidore dan pengelola kawasan dalam merancang strategi pelestarian Kawasan konservasi.

1. Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan isu lingkungan global yang semakin mengkhawatirkan, salah satunya disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida (N_2O), ozon (O_3), hidrofluorokarbon (HFC), perfluorokarbon (PFC), dan sulfur heksafluorida (SF_6) di atmosfer (Lugina, et al 2011). Aktivitas manusia seperti deforestasi, penggunaan bahan bakar fosil, dan konversi lahan telah mempercepat akumulasi GRK yang berdampak pada kenaikan suhu global, perubahan pola cuaca, naiknya permukaan laut, dan terganggunya keseimbangan ekosistem (Manuri et al., 2011). Upaya mitigasi perubahan iklim tidak hanya mencakup pengurangan emisi, tetapi juga peningkatan penyerapan karbon oleh ekosistem alami, salah satunya melalui mempertahankan dan memperluas tutupan vegetasi di dalam maupun di luar kawasan hutan. Tumbuhan mampu menyerap CO_2 dari atmosfer melalui fotosintesis, mengubahnya menjadi karbohidrat, dan menyimpannya sebagai biomassa dalam proses yang dikenal sebagai sekuestrasi karbon (C-Sequestration) (Hairiah et al., 2011). Dalam penelitian ini, fokus kajian diarahkan khusus pada karbon sebagai salah satu komponen utama GRK yang berperan besar terhadap perubahan iklim.

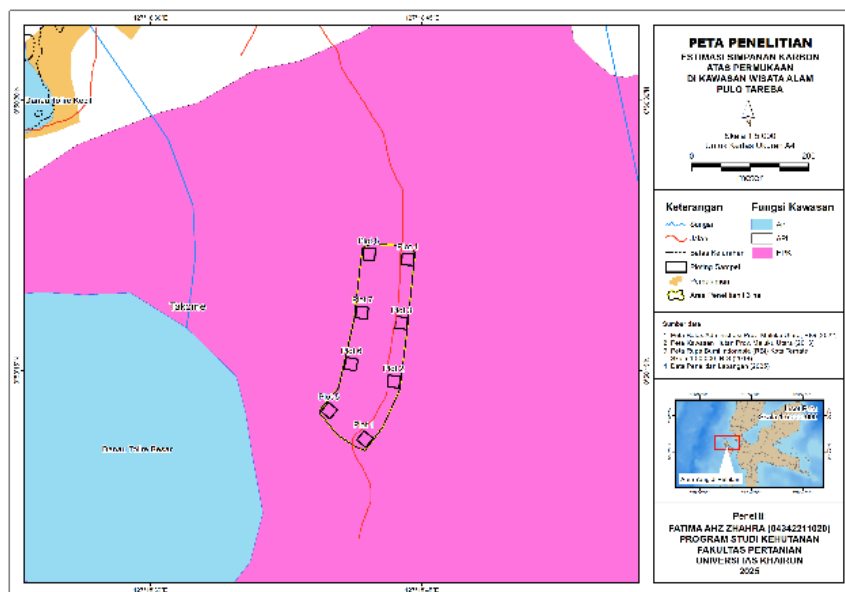
Karbon yang tersimpan dalam biomassa vegetasi di atas permukaan tanah disebut karbon di atas permukaan (above-ground carbon). Komponen di atas permukaan ini mencakup pohon hidup, tumbuhan bawah, serasah (litter) dan pohon mati (nekromasa) (Hairiah et al., 2011). Pengukuran simpanan karbon ini sangat penting untuk mengetahui kontribusi suatu kawasan terhadap pengurangan emisi karbon. Semakin tinggi simpanan karbon suatu ekosistem, maka semakin besar pula potensi wilayah tersebut dalam menyerap CO_2 dan menekan laju perubahan iklim (Hairiah et al., 2011).

Pulo Tareba merupakan kawasan wisata alam dengan luas sekitar 3 ha yang terletak di Kelurahan Takome, Kecamatan Ternate Barat. Sebagai destinasi wisata berbasis masyarakat dengan tutupan vegetasi campuran, kawasan ini bernilai rekreasional sekaligus menyimpan potensi ekologis yang belum banyak dieksplorasi. Laporan jurnalistik terdahulu menunjukkan kekayaan keanekaragaman hayati di wilayah ini, termasuk keberadaan burung endemik Maluku Utara dan spesies khas hutan sekunder (Ekuatorial, 2024). Meskipun ekosistemnya relatif terjaga dengan struktur vegetasi yang beragam, data kuantitatif mengenai estimasi simpanan karbon atas permukaan di Pulo Tareba masih belum tersedia. Informasi ini penting sebagai dasar upaya riset dan manajemen konservasi di masa depan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengukur dan menganalisis potensi biomassa serta simpanan karbon atas permukaan pada berbagai komponen vegetasi, meliputi tegakan pohon, tumbuhan bawah, serasah, dan nekromassa di kawasan tersebut.

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan wisata alam Pulo Tareba, Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara (Gambar 1). Lokasi ini seluas 3 ha dan merupakan bagian dari Hutan Kemasyarakatan Kelompok Tani Hutan Tolire Gam Jaha (luas total 102 ha) pada kawasan Hutan Produksi yang dapat dikonversi (HPK). Kondisi tapaknya berupa ekosistem hutan sekunder dengan vegetasi yang cukup rapat serta topografi datar hingga berbukit pada ketinggian 70 – 100 m dpl. Analisis sampel serasah dan tumbuhan bawah dilakukan di UPA Laboratorium Universitas Khairun. Pengambilan data lapangan dan analisis di laboratorium dilakukan pada Agustus hingga Oktober 2025.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Obyek, Alat dan Bahan Penelitian

Objek penelitian ini meliputi komponen biomassa atas permukaan yang terdiri atas pohon hidup dan pohon mati (diameter batang ≥ 20 cm), semai, tumbuhan bawah, serta serasah. Alat yang digunakan yaitu aplikasi Avenza Maps, haga hypsometer, roll meter, pita meter, tali rafia, kantong plastik sampel, timbangan digital, oven, serta lembar isian data. Bahan yang digunakan adalah sampel serasah dan tumbuhan bawah untuk analisis kandungan biomassa di laboratorium.

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1 Prosedur Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan berpedoman pada SNI 7724:2019. Penentuan titik sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* pada area yang dinilai representatif dalam mewakili variasi tutupan vegetasi dan kerapatan tegakan di lokasi penelitian. Berdasarkan total luas area sebesar 3 ha di Pulo Tareba, ditetapkan sebanyak 8 petak ukur sebagai sampel penelitian.

Pengambilan data lapangan diawali dengan pembuatan petak contoh bersarang (*nesting plot*) dan perekaman koordinat geografis di setiap pusat petak. Petak utama berukuran 20×20 m digunakan untuk

inventarisasi pohon hidup dengan diameter setinggi dada ($DBH \geq 20$ cm), yang meliputi pengukuran diameter batang dan tinggi pohon. Jika di dalam petak tersebut terdapat pohon mati berdiameter ≥ 20 cm, dilakukan pengukuran diameter batang, tinggi total, tinggi bebas cabang, serta penentuan faktor koreksi pohon mati. subpetak berukuran 2×2 m ditempatkan khusus untuk pemanenan tumbuhan bawah dan serasah. Seluruh tumbuhan bawah dan serasah pada subpetak tersebut dipanen dan ditimbang berat basah totalnya secara terpisah, kemudian diambil sampel sub-petak masing-masing seberat 300 gram (berat basah contoh) untuk dikeringkan di laboratorium menggunakan oven bersuhu 70–105°C selama 48–72 jam hingga mencapai berat konstan, lalu ditimbang kembali untuk mendapatkan nilai berat kering total contoh.

2.3.2 Analisis Data

a. Pohon hidup

Perhitungan biomassa menggunakan persamaan Allometrik (Kettering *et al.*, 2001) dan karbon menggunakan persamaan Allometrik (SNI 7724, 2019). Persamaannya sebagai berikut:

$$BK = 0,11 \times \rho \times dbh^{2,62}$$

$$Cv = BK \times \% C$$

Ket:

BK : biomassa (ton);
 ρ : berat jenis kayu (kg/m^3)
 dbh : diameter setinggi dada pada tinggi 1,3 m dari tanah (cm);
 Cv : kandungan karbon dari biomassa vegetasi (ton/ha);
 BK : total biomassa vegetasi (ton);
 % C : nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47.

Berat jenis kayu (ρ) merujuk pada Martawijaya (1989) dan Martawijaya (2005).

b. Pohon mati

Perhitungan biomassa dan karbon untuk pohon mati menggunakan persamaan Alometrik (SNI 7724, 2019):

$$\begin{aligned} V_{pm} &= 1/4 \pi (\text{dbh} / 100)^2 \times t \times f \\ B_{opm} &= V_{pm} \times B_{Jpm} \times f_k \\ C_{pm} &= B_{opm} \times \% C \end{aligned}$$

Ket:

V_{pm} : volume pohon mati (m^3);
 dbh : diameter setinggi dada pohon mati 1,3 m (cm);
 t : tinggi total pohon (m);
 f : faktor koreksi;
 B_{opm} : total bahan organik pohon mati (ton/ha);
 B_{Jpm} : berat jenis kayu pohon mati;
 f_k : faktor koreksi pohon mati;
 C_{pm} : kandungan karbon pohon mati (ton/ha);
 % C : nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47.

c. Serasah dan tumbuhan bawah

Hitungan biomassa dan karbon serasah dan tumbuhan bawah menggunakan persamaan alometrik (SNI 7724, 2019):

$$\begin{aligned} B_{os} &= \frac{B_{ks} \times B_{bt}}{B_{bs}} \\ C_s &= B_{os} \times \% C \end{aligned}$$

Ket:

B_{os} : biomassa (ton/ha);
 B_{ks} : berat kering contoh (ton);
 B_{bt} : berat basah total (ton);
 B_{bs} : berat basah contoh (ton);

C_s : kandungan karbon serasah dan tumbuhan bawah (ton/ha);
 % C : nilai persentase karbon (0,47).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komposisi Jenis Pohon

Hasil penelitian menunjukkan empat jenis utama dengan tingkat dominansi yang berbeda, yaitu jambang (*Syzygium cumini*) 70,83%, surian (*Toona sureni*) 18,06%, nyato (*Palaquium spp.*) 5,56%, dan jati (*Tectona grandis*) 5,56%. Komposisi ini menandakan bahwa struktur tegakan di kawasan wisata alam Pulo Tareba sangat didominasi oleh satu spesies, yaitu jambang. Dominansi tunggal tersebut berhubungan dengan kemampuan adaptasi tinggi, daya regenerasi cepat, dan toleransi lingkungan yang luas dari *S. cumini* (Irmayanti *et al.*, 2022). Meskipun demikian, kehadiran jenis lain seperti turut memberikan variasi struktur vertikal sehingga meningkatkan kompleksitas habitat tersebut (Dinanti *et al.*, 2018).

3.2. Biomassa dan Simpanan Karbon di Kawasan Wisata Alam Pulo Tareba

Hasil penelitian menunjukkan total biomassa sebesar 399,252 ton/ha dan total simpanan karbon 187,651 ton/ha (Tabel 1). Komponen dengan kontribusi terbesar adalah pohon hidup (201,83 ton/ha biomassa; 94,86 ton/ha karbon), diikuti serasah (164,27 ton/ha; 77,21 ton/ha karbon), tumbuhan bawah (33,15 ton/ha; 15,58 ton/ha karbon), dan pohon mati (0,002 ton/ha; 0,0009 ton/ha karbon).

Tabel 1. Total Biomassa dan Simpanan Karbon untuk seluruh *Carbon pool*

Komponen Penyimpanan (<i>Carbon Pool</i>)	Total Biomassa (Ton/ha)	Total Simpanan Karbon (ton C/ha)	Persentase (%)
Pohon	201,83	94,86	50,5513
Pohon mati	0,002	0,0009	0,0005
Serasah	164,27	77,21	41,1456
Tumbuhan Bawah	33,15	15,58	8,3027
Jumlah	399,252	187,651	100

Besarnya kontribusi pohon hidup dalam simpanan karbon di Pulo Tareba (Tabel 1) menunjukkan bahwa vegetasi utama di lokasi ini masih mampu berfungsi optimal dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer. Jika dibandingkan dengan nilai stok karbon di hutan sekunder lain di Hutan Lindung Sirimau Maluku (Luhulima et al. 2020) sebesar 418,98 ton/ha, nilai di Pulo Tareba tergolong tinggi dan menandakan bahwa kawasan wisata ini tetap berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim. Perbedaan kontribusi antar-komponen dipengaruhi oleh struktur tegakan, kepadatan pohon, dan tingkat dekomposisi bahan organik pada lantai hutan (Luhilima et al., 2020).

Tabel 2. Nilai Biomassa dan Simpanan Karbon untuk *Carbon Pool* Pohon

Jenis	Total Biomassa (Ton/ha)	Total Simpanan Karbon (Ton/ha)	Persentase (%)
<i>S. cumini</i>	184,86	86,89	91,60
<i>T. sureni</i>	8,29	3,90	4,11
<i>Palaquium spp</i>	5,78	2,72	2,86
<i>T. grandis</i>	2,89	1,36	1,43
Jumlah	201,83	94,86	100,00

Biomassa pohon hidup mencapai 201,83 ton/ha dengan simpanan karbon 94,86 ton/ha (Tabel 1 dan Tabel 2). Dari keempat jenis yang ditemukan, jambang (*Syzygium cumini*) memiliki biomassa dan simpanan karbon tertinggi (Tabel 2). Hasil ini memperlihatkan dominansi besar *S. cumini* yang berperan sebagai penyumbang utama simpanan karbon di kawasan tersebut, terutama karena jenis ini mendominasi di lokasi penelitian. Akurasi estimasi biomassa sangat tergantung pada karakteristik spesies dan distribusi ukuran pohon, sehingga dominansi beberapa spesies dalam hal ukuran dan jumlah individu akan menyumbang proporsi besar terhadap stok biomassa dan simpanan karbon total (Mujahidah et al., 2020; Simmavong et al., 2025).

Tabel 3. Biomassa dan Simpanan Karbon untuk *Carbon Pool* Pohon Mati

Jenis	Total Biomassa (Ton/ha)	Total Simpanan Karbon (Ton/ha)	Persentase (%)
<i>S. cumini</i>	0,002	0,0009	0,002
Jumlah	0,002	0,0009	0,002

Komponen pohon mati hanya ditemukan satu individu *S. cumini* (Tabel 3). Nilai ini sangat kecil dibandingkan komponen lain, namun keberadaan nekromassa tetap penting dalam proses ekologi. Pohon mati berfungsi sebagai sumber bahan organik yang akan mengalami dekomposisi menjadi unsur hara tanah, sekaligus menyediakan habitat bagi berbagai jenis jamur dan organisme pengurai (Irawan & Purwanto, 2020; Wallwork et al. 2022). Material dari pohon mati yang terdekomposisi juga berperan penting dalam mendorong penyimpanan karbon jangka panjang dan menjaga stabilitas tanah, karena menyusun lebih dari separuh bahan organik tanah dan bertindak sebagai penyerap karbon berkelanjutan yang membantu memitigasi perubahan iklim (Xu et al., 2024; Rubin et al., 2026). Dengan demikian, pohon mati tetap memiliki peran ekologis penting dalam mendukung keseimbangan siklus karbon di kawasan wisata alam Pulo Tareba.

Tabel 4. Biomassa dan Simpanan Karbon untuk *Carbon Pool* Serasah

Plot	Total Biomassa (Ton/ha)	Total Simpanan Karbon (Ton/ha)	Persentase (%)
1	16,06	7,55	9,78
2	23,06	10,84	14,04
3	13,15	6,18	8,01
4	19,36	9,10	11,78
5	21,10	9,92	12,85
6	21,15	9,94	12,88
7	23,61	11,10	14,37
8	26,78	12,59	16,30
Jumlah	164,27	77,21	100,00

Total biomassa serasah mencapai 164,27 ton/ha dengan total simpanan karbon 77,21 ton/ha (Tabel 4). Nilai tertinggi ditemukan pada plot 8 dengan biomassa 26,78 ton/ha dan karbon 12,59 ton/ha, sedangkan nilai terendah pada plot 3 dengan biomassa 13,15 ton/ha dan karbon 6,18 ton/ha. Variasi antar plot ini disebabkan oleh perbedaan tutupan vegetasi dan struktur kanopi, dan komposisi serasah (daun atau ranting) yang memengaruhi produksi dan akumulasi serasah pada lantai hutan. Spesies dengan daun yang mengandung lignin tinggi atau bertekstur kaku seperti *Syzygium cumini* umumnya memiliki laju dekomposisi yang lebih lambat (Dawi & Uthman 2024), sehingga mempercepat akumulasi serasah di lantai hutan (Samaniego et al. 2024). Hal ini selaras dengan studi Saputro (2018) yang menunjukkan bahwa karakteristik lokal seperti kanopi, jenis vegetasi, serta kondisi tanah sangat menentukan tingkat akumulasi serasah pada tiap petak pengamatan.

Tabel 5. Biomassa dan Simpanan Karbon Tumbuhan Bawah

Plot	Total Biomassa (Ton/ha)	Total Simpanan Karbon (Ton/ha)	Persentase (%)
1	16,06	7,55	9,78
2	23,06	10,84	14,04
3	13,15	6,18	8,01
4	19,36	9,10	11,78
5	21,10	9,92	12,85
6	21,15	9,94	12,88
7	23,61	11,10	14,37
8	26,78	12,59	16,30
Jumlah	164,27	77,21	100,00

Total biomassa tumbuhan bawah di lokasi penelitian sebesar 33,15 ton/ha dengan simpanan karbon 15,58 ton/ha (Tabel 5). Nilai tertinggi terdapat pada plot 3 (6,24 ton/ha biomassa; 2,93 ton/ha karbon) dan terendah pada plot 5 (2,89 ton/ha biomassa; 1,36 ton/ha karbon). Beberapa faktor seperti keanekaragaman spesies pohon, kepadatan struktur tegakan, dan ketinggian tempat menjadi kontrol utama yang memengaruhi variasi simpanan karbon di lantai hutan (Ullah

et al., 2024; Darmawan et al. 2021; Wen et al., 2022). Meskipun kontribusinya relatif kecil dibandingkan tegakan pohon, keberadaan tumbuhan bawah tetap mendukung total stok karbon di kawasan wisata alam Pulo Tareba.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di kawasan wisata alam Pulo Tareba, diperoleh total biomassa sebesar 399,252 ton/ha dan total simpanan karbon 187,651 ton/ha. Komponen penyimpan karbon terbesar berasal dari pohon hidup (94,86 ton/ha), diikuti serasah (77,21 ton/ha), tumbuhan bawah (15,58 ton/ha), dan pohon mati (0,0009 ton/ha). Jenis *Syzygium cumini* merupakan spesies dominan yang memberikan kontribusi tertinggi terhadap total simpanan karbon kawasan. Hasil ini menunjukkan bahwa kawasan wisata alam Pulo Tareba memiliki potensi ekologis yang besar dalam penyimpanan karbon di atas permukaan tanah dan dapat mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui konservasi vegetasi yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 7724:2019. Pengukuran Dan Penghitungan Cadangan Karbon- Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Berbasis Lahan (Land-Based Carbon Accounting). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Darmawan, A. A., Ariyanto, D. P., Basuki, T. M., & Syamsiyah, J. (2021). Measuring of leaf litter decomposition rate and flux of carbon dioxide in various land cover in Gunung Bromo Education Forest, Karanganyar. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 824, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- Dawi, H. A., & Uthman, T. O. (2024). Characterization, compositional and thermogravimetric analyses of lignocellulosic fibers of *Syzygium cumini* (L.) leaf litter: investigating the potential for biofuel Production. *Green*

- Energy and Environmental Technology*, 3(1), 1–15. Doi: 10.5772/geet.20240061
- Ekuatorial. (2024). Menyaksikan Fauna Endemik Langka Maluku Utara Di Pulo Tareba: Ekuatorial. <https://www.ekuatorial.com/en/2024/01/watching-rare-endemic-fauna-of-north-maluku-at-pulo-tareba/?utm>. Tanggal akses 30 Mei 2025.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan*. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Irawan, U. S., & Purwanto, E. (2020). Pengukuran dan pendugaan cadangan karbon pada ekosistem hutan gambut dan mineral, studi kasus di Hutan Rawa Gambut Pematang Gadung dan Hutan Lindung Sungai Lesan, Kalimantan. Yayasan Tropenbos Indonesia.
- Irmayanti, L., Ashari, R., Umanailo, F., Rangkuti, A. B., Fatrawana, A., Nurdin, A. S., & Nur, M. (2022). Flora composition and diversity in Mount Sibela Educational Forest, South Halmahera, North Maluku. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 959, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Ketterings, Q. M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagau, Y dan Palm, C. 2001. Reducing uncertain in the use of allometric biomass equation for predicting above ground tree biomass in mixed secondary forest. *Forest Ecology and Management* 146:199- 209. DOI 10.1016/S0378- 1127(00)00460-6.
- Lugina, M., Ginoga, K. L., Wibowo, A., Bainnaura, A., Partiani, T., & Indonesia, R. (2011). *Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk pengukuran dan perhitungan stok karbon di kawasan konservasi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Luhulima, S. H., Osok, R. M., & Kaya, E. (2020). Simpanan karbon di atas permukaan pada berbagai penggunaan lahan di Hutan Lindung Sirimau, Pulau Ambon. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 16(2), 215-223.
- Manuri, S., Putra, C. A. S., & Saputra, A. D. (2011). *Teknik pendugaan cadangan karbon hutan*. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation–GIZ. Palembang.
- Martawijaya A, Kartasujana YI, Iding, Kadir K, Prawira A dan Soewanda A. (2005). *Atlas Kayu Indonesia Jilid 1*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor, Indonesia.
- Martawijaya, A. Kartasujana, I., Mandang, Y.I., Prawira, S.A. dan Kadir, K. (1989) *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor, Indonesia
- Mujahidah, MSZ, Tatang, TT, & Muhdin, MM (2020). Model alometrik untuk pendugaan biomassa pohon di hutan sekunder lahan kering di Halmahera Timur. *Jurnal Wasian*, 7 (2), 87-101.
- Rubin, L., Nowack, R., Lang, F., Stiasny, P., & Puhlmann, H. (2026). Deadwood effects on dissolved organic carbon in forest soils depend on bedrock type, tree species, and microclimate. *Scientific reports*, 16(1), 13647.
- Saputro, S. E. (2018). Saputro, S. E. (2018). *Ragam Spesies Mangrove Dan Estimasi Stok Karbon Yang Tersimpan Pada Hutan Mangrove Di Desa Labuhan, Kec. Brondong, Kab. Lamongan. Skripsi*. Jurusan Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.
- Simmavong, T., Su, Y., Deng, Y., Wang, B., Yao, Z., Wu, J., Sha, L., Cao, M., & Lin, L. (2025). Forest structure predicts aboveground biomass better than community-weighted mean of traits, functional diversity, topography, and soil in a tropical forest across spatial

- scales. *Forest Ecology and Management*, 578, 122457.
- Ullah, S., Wu, J., Shah, J. A., Wang, X., Lyu, Y., Guo, Z., Ali, K., Chen, D., & Sun, H. (2024). Tree diversity drives understory carbon storage rather than overstory carbon storage across forest types. *Journal of Forestry Research*, 35(1), 125. <https://doi.org/10.1007/s11676-024-01776-w>
- Wallwork, A., Banin, L. F., Dent, D. H., Skiba, U., & Sayer, E. (2022). Soil carbon storage is related to tree functional composition in naturally regenerating tropical forests. *Functional Ecology*, 36(12), 3175-3187.
- Wen, Z., Jiang, Z., Zheng, H., & Ouyang, Z. (2022). Tropical forest strata shifts in plant structural diversity-aboveground carbon relationships along altitudinal gradients. *Science of the Total Environment*, 838, 155907.
- Xu, S., Song, X., Zeng, H., & Wang, J. (2024). Soil microbial necromass carbon in forests: A global synthesis of patterns and controlling factors. *Soil Ecology Letters*, 6(4), 240237.