Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
5 (3) 2025, Page: 32062-32066

Potensi Karbon Tumbuhan Bawah Di Arboretum Taman Nasional Kelimutu

Yohanes Erwin Amleni[1], Lusia Sulo Marimpan[2], Fadlan Pramatana[3],
Bertila Avila Delvion [4]
Universitas Nusa Cendana
amlenierwin@gmail.com

Published: November, 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi serapan karbon dan nilai ekonominya pada tumbuhan bawah di Arboretum Taman Nasional Kelimutu, Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur. Hutan berperan penting sebagai penyerap dan penyimpan karbon, tidak hanya melalui pohon tetapi juga lapisan vegetasi bawah seperti semak, herba, dan rerumputan yang turut berkontribusi meskipun dalam skala kecil. Penelitian dilakukan pada Juni 2025 dengan metode kuantitatif menggunakan teknik destruktif pada 30 plot berukuran 1×1 meter dengan metode line transek. Sampel ditimbang dan dianalisis di laboratorium untuk menentukan biomassa, kandungan karbon, dan potensi serapan CO_2. Hasil menunjukkan biomassa tumbuhan bawah sebesar 17,33 ton/ha dengan rata-rata 0,58 ton/ha, kandungan karbon 0,27 ton/ha, serta total serapan karbon dioksida 4,45 ton/ha. Nilai Ekonomi Karbon (NEK) yang diperoleh mencapai Rp 261.660 atau sekitar US$17 berdasarkan harga karbon internasional. Meskipun kontribusi tumbuhan bawah relatif kecil dibandingkan tegakan pohon, keberadaannya penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung mitigasi perubahan iklim, sehingga pengelolaan arboretum perlu memperhatikan keberlanjutan vegetasi bawah sebagai bagian dari strategi konservasi hutan

Kata Kunci: Potensi Karbon, Tumbuhan Bawah, Biomassa, Nilai Ekonomi Karbon, Taman Nasional Kelimutu

ABSTRACT

This study aimed to determine the carbon sequestration potential and its economic value of understory vegetation in the Kelimutu National Park Arboretum, Ende Regency, East Nusa Tenggara. Forests play a crucial role as carbon sinks and reservoirs, not only through tree stands but also through the understory layer composed of shrubs, herbs, and grasses, which contribute to carbon storage despite their relatively small proportion. The research was conducted in June 2025 using a quantitative method with destructive sampling across 30 plots measuring 1×1 meter arranged using the line transect technique. Samples were weighed and analyzed in the laboratory to determine biomass, carbon content, and CO_2 absorption potential. The results showed that the total biomass of understory vegetation reached 17.33 tons/ha with an average of 0.58 tons/ha, while the carbon content was 0.27 tons/ha, resulting in a total carbon dioxide sequestration potential of 4.45 tons/ha. The Carbon Economic Value (CEV) was estimated at Rp 261,660 or approximately US$17 based on the international carbon price. Although the contribution of understory vegetation is relatively small compared to tree stands, its presence is vital for maintaining ecosystem balance and supporting climate change mitigation. Therefore, arboretum management should prioritize the sustainability of understory vegetation as an integral part of forest conservation and management strategies.

Keywords: Carbon Potential, Understory Plants, Biomass, Carbon Economic Value, Kelimutu National Park.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Hutan memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem global, salah satunya sebagai penyerap dan penyimpan karbon dioksida (CO_2) yang berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim. Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), vegetasi hutan, baik berupa pohon, semak, maupun tumbuhan bawah, memiliki kemampuan menyerap karbon melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Aktivitas ini menjadikan ekosistem hutan sebagai salah satu penyerap karbon (carbon sink) terbesar di dunia.

Namun, sebagian besar penelitian penyerapan karbon selama ini masih berfokus pada komponen tegakan pohon, sementara peranan tumbuhan bawah sering kali diabaikan (Hendrayana et al., 2020).

Tumbuhan bawah, yang terdiri dari rumput, semak, paku-pakuan, dan herba, sesungguhnya memiliki kontribusi yang signifikan terhadap dinamika karbon di lantai hutan. Nofrianto et al. (2018) menyatakan bahwa vegetasi bawah berperan dalam siklus hara melalui proses dekomposisi serasah dan penambahan bahan organik tanah. Selain itu, keberadaan tumbuhan bawah membantu menjaga kelembapan tanah, menahan erosi, serta mendukung keberlangsungan proses fotosintesis di lapisan bawah kanopi hutan. Dengan demikian, meskipun biomassa tumbuhan bawah lebih kecil dibandingkan dengan pohon, peran ekologisnya tidak dapat diabaikan.

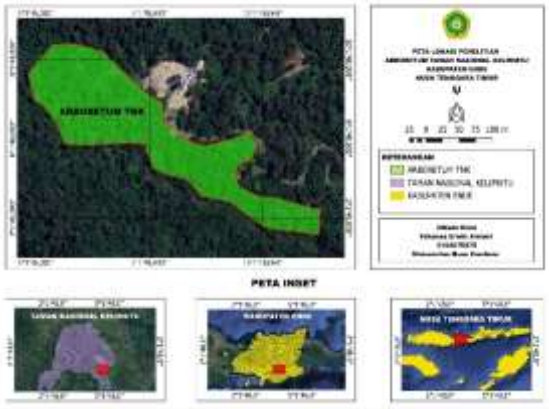
Arboretum Taman Nasional Kelimutu merupakan salah satu kawasan konservasi yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi dan berfungsi sebagai ruang edukatif, penelitian, dan pelestarian ekosistem. Kawasan ini berperan penting sebagai penyimpan karbon dan pengatur iklim mikro di sekitarnya. Kondisi vegetasi yang beragam menjadikan arboretum ini potensial untuk penelitian mengenai cadangan karbon, termasuk kontribusi tumbuhan bawah yang belum banyak diteliti secara mendalam. Keberadaan vegetasi bawah di kawasan ini perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui sejauh mana kontribusinya terhadap total cadangan karbon ekosistem hutan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa potensi karbon dari vegetasi bawah dapat memberikan kontribusi nyata terhadap cadangan karbon total. Misalnya, Sari dan Prasetyo (2019) menemukan bahwa tumbuhan bawah di Taman Nasional Bukit Dua Belas memiliki peran dalam meningkatkan kandungan bahan organik tanah melalui dekomposisi biomassa, yang berimplikasi langsung terhadap peningkatan kandungan karbon tanah. Hasil serupa dilaporkan oleh Hendrayana et al. (2020), bahwa tumbuhan bawah di Taman Nasional Ciremai mampu menyimpan karbon hingga 0,27 ton per hektar, dengan serapan CO_2 mencapai 4,5 ton per hektar.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian mengenai potensi karbon tumbuhan bawah di Arboretum Taman Nasional Kelimutu menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengukur besarnya biomassa dan kandungan karbon dari vegetasi bawah, tetapi juga untuk mengetahui nilai ekonomi karbon (NEK) yang dihasilkan. Informasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran kontribusi tumbuhan bawah terhadap mitigasi perubahan iklim dan menjadi acuan bagi pengelolaan kawasan konservasi berbasis cadangan karbon. Selain itu, hasil penelitian ini dapat mendukung strategi nasional pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) melalui pengelolaan ekosistem hutan yang berkelanjutan.

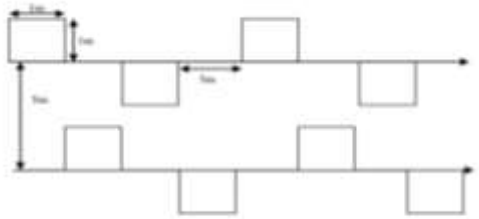
METODE

Penelitianinisudahdilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2024,berlokasi di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Oelsonbai, KelurahanFatukoa, Kota Kupang.



Penelitian ini menggunakan berbagai alat seperti *roll meter* untuk mengukur plot, tali dan patok untuk membatasi area, GPS untuk menentukan titik koordinat, timbangan digital dan oven listrik untuk menimbang serta mengeringkan sampel, kamera HP untuk dokumentasi, alat tulis dan laptop untuk pencatatan serta analisis data. Bahan penelitian meliputi *tally sheet* dan sampel tumbuhan bawah (batang dan daun) sebagai data utama.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif, dengan sumber data primer (hasil observasi lapangan dan pengukuran langsung) serta sekunder (buku, jurnal, dan artikel ilmiah). Penelitian ini mengikuti metode dari Hairiah & Rahayu (2007) dengan tahapan: survei pra-penelitian, pembagian plot sampling, pengambilan sampel, dan analisis laboratorium. Plot berukuran 1 m × 1 m disusun secara line transek tegak lurus terhadap topografi. Sebanyak 30 plot diambil dari luas arboretum 4,5 ha untuk memastikan data representatif.



Gambar 3.2 Contoh Line Transek
Sumber: Sari & Hidayati, (2021)

Pengambilan sampel dilakukan secara destruktif, yaitu memotong seluruh bagian tumbuhan bawah untuk dianalisis. Berat basah total (BBT) dan berat basah contoh (BBC) diukur, kemudian sebagian sampel (300 g) dikeringkan dengan oven pada suhu 60–70°C hingga mencapai berat konstan. Data yang diperoleh dicatat dalam *tally sheet* dan dianalisis di laboratorium.

Analisis data dilakukan dengan beberapa rumus:

1. **Biomassa total tumbuhan bawah (Harris, 1992)**

$$BKt = \frac{BKc}{BBc} XBBt$$

Untuk memperoleh berat kering total (Ton/ha).

2. **Kandungan karbon dari biomassa (SNI, 2011)**

$Cb = B \times \%Corganik$ sekitar 0,47.

3. **Penyerapan CO_2 (IPCC, 2014)**

$$CO_2 = C \times 3{,}67$$

Faktor 3,67 berasal dari rasio massa molar CO_2 dan C.

4. **Nilai Ekonomi Karbon (Kumar & Singh, 2015)**

$$NEK = CO_2 \times \text{Harga Karbon}$$

Nilai ini menunjukkan nilai finansial dari karbon yang terserap.

Metode tersebut menghasilkan perhitungan biomassa, kandungan karbon, serta nilai ekonomi karbon tumbuhan bawah secara akurat dan sistematis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arboretum Taman Nasional Kelimutu (TNK) merupakan kawasan konservasi seluas 4,5 hektar yang berfungsi sebagai laboratorium alam untuk kegiatan pendidikan, penelitian, dan konservasi keanekaragaman hayati. Arboretum ini memiliki lima strata vegetasi (A–E), dengan stratum E atau lantai hutan yang ditumbuhi berbagai jenis tumbuhan bawah, seperti Oplismenus compositus dari famili Poaceae, Murdannia nudiflora dari famili Commelinaceae, dan Spilanthes acmella dari famili Asteraceae. Keberadaan vegetasi bawah memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan ekosistem, terutama dalam proses penyerapan karbon dan penyimpanan biomassa.

Famili Poaceae dikenal memiliki adaptasi luas karena bijinya yang ringan dan mudah tersebar oleh angin (Fatimatuzzahra dkk., 2014 dalam Rachmalia dkk., 2023), sedangkan Asteraceae mempunyai kemampuan fotosintesis yang tinggi sehingga efektif dalam menyerap karbon dioksida (Nikolić & Stevović, 2015 dalam Rachmalia dkk., 2023). Keragaman vegetasi tersebut menunjukkan tingginya potensi ekologis arboretum ini sebagai kawasan penyimpan karbon. Faktor lingkungan seperti kesuburan tanah, kelembaban, serta tingkat keterbukaan kanopi juga berperan besar dalam menentukan persebaran dan pertumbuhan vegetasi bawah (Romadhon, 2025).

Penelitian ini menggunakan 30 plot pengamatan yang ditentukan secara sistematis dengan metode line transek dari wilayah bertopografi rendah hingga tinggi.



Hasil pengukuran laboratorium menunjukkan bahwa biomassa total tumbuhan bawah mencapai 17,33 ton/ha dengan rata-rata 0,58 ton/ha, sementara kandungan karbon rata-rata sebesar 0,27 ton/ha. Nilai biomassa tertinggi ditemukan pada area dengan kanopi terbuka, di mana cahaya matahari dapat menembus lantai hutan dengan optimal. Hal ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara kerapatan kanopi dan tingkat akumulasi biomassa (Donsi dkk., 2025). Sebaliknya, pada area dengan kanopi rapat, pertumbuhan tumbuhan bawah terhambat akibat keterbatasan cahaya dan kompetisi antarspesies.

Perbandingan hasil penelitian dengan lokasi lain menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Penelitian oleh Nofrianto dkk. (2018) di Arboretum Universitas Lancang Kuning memperoleh nilai biomassa kering rata-rata 0,67 ton/ha, sedikit lebih tinggi dibandingkan TNK. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh kondisi ekologis yang berbeda, seperti tingkat kesuburan tanah dan kerapatan tegakan pohon. Di sisi lain, penelitian Hendrayana dkk. (2020) di kawasan hutan pinus Taman Nasional Gunung Ciremai menemukan nilai karbon sebesar 1,45 ton/ha, lebih tinggi daripada yang ditemukan di TNK, menunjukkan bahwa struktur kanopi dan kondisi tanah menjadi faktor pembatas penting bagi produktivitas vegetasi bawah. Studi lain yang dilakukan oleh Lense & Rahmadaniarti (2022) serta Rahawarin & Irwanto (2025) juga menegaskan bahwa kondisi edafik dan struktur kanopi berpengaruh besar terhadap kapasitas penyimpanan karbon.

Kandungan Karbon (ton/ha)	**Faktor Konversi 3,67**	**Serapan CO_2 ton/ha**
0,27	3,67	0,99

Berdasarkan hasil analisis karbon, tingkat serapan karbon oleh tumbuhan bawah di Arboretum TNK mencapai 0,99 ton/ha, setara dengan 4,45 ton CO_2 untuk luas total 4,5 hektar. Angka ini menunjukkan kontribusi signifikan vegetasi bawah terhadap mitigasi perubahan iklim, meskipun nilainya relatif kecil dibandingkan dengan strata pohon. Peran tumbuhan bawah tidak dapat diabaikan karena memiliki laju pertumbuhan yang cepat serta kemampuan regenerasi tinggi, sehingga mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan (Rusdiana dkk., 2023; Junaedi dkk., 2020). Kondisi tanah yang subur dan ketersediaan cahaya yang cukup akan mempercepat akumulasi biomassa, sedangkan kelembaban tanah yang stabil mendukung proses fotosintesis dan penyerapan karbon yang lebih efisien (Rahawarin & Irwanto, 2025).

Berdasarkan perhitungan ekonomi karbon yang mengacu pada harga pasar karbon di Indonesia sebesar Rp 58.800 per ton CO_2 atau setara US$ 3,81/ton (IDXCarbon, 2025), diperoleh Nilai Ekonomi Karbon (NEK) sebesar Rp 261.660 atau sekitar US$ 17 untuk total serapan karbon di Arboretum TNK. Jika dibandingkan dengan Arboretum Universitas Lancang Kuning yang memiliki nilai ekonomi karbon sebesar Rp 570.948 dan hutan pinus Gunung Ciremai yang mencapai Rp 9.384.480 (Nofrianto dkk., 2018; Hendrayana dkk., 2020), nilai ekonomi karbon TNK tergolong lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kondisi ekologi yang kurang optimal, seperti kesuburan tanah yang rendah dan keterbatasan cahaya akibat kanopi yang menutupi sebagian area.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa vegetasi bawah tetap memiliki nilai ekologis dan ekonomi yang penting. Dengan pengelolaan arboretum yang lebih efektif melalui peningkatan kesuburan tanah, pengaturan tingkat kanopi, dan pelestarian keragaman spesies potensi penyerapan karbon serta nilai ekonominya dapat ditingkatkan. Penelitian ini sekaligus menegaskan bahwa faktor struktur kanopi, kondisi edafik, dan keragaman spesies merupakan elemen utama yang menentukan variasi cadangan dan serapan karbon tumbuhan bawah di ekosistem hutan tropis Indonesia..

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa arboretum Taman Nasional Kelimutu (TNK) memiliki potensi biomassa yang signifikan dalam penyerapan karbon. Total biomassa tumbuhan bawah mencapai 17,33 ton/ha dengan rata-rata 0,58 ton/ha. Kandungan karbon yang dihasilkan sebesar 0,27 ton/ha, dan dengan luas area 4,5 ha, total penyerapan karbon mencapai 4,45 ton. Nilai Ekonomi Karbon (NEK) yang dihitung berdasarkan harga karbon internasional mencapai Rp 261.660 atau setara US$17, menunjukkan bahwa vegetasi bawah memiliki nilai ekonomi dan ekologis penting meskipun relatif kecil dibanding tegakan pohon. Hasil ini menegaskan peran tumbuhan bawah dalam mendukung siklus nutrien, menjaga struktur tanah, serta membantu regenerasi hutan. Oleh karena itu, pengelolaan strata bawah perlu dipertahankan untuk menjamin keberlanjutan ekosistem jangka panjang dan mendukung program konservasi berbasis karbon.

Saran penelitian meliputi dua hal utama:

1. **Bagi peneliti selanjutnya**, disarankan melakukan studi jangka panjang guna memantau dinamika biomassa dan serapan karbon di arboretum TNK untuk memahami faktor-faktor ekologis yang memengaruhi pertumbuhan vegetasi bawah.

2. **Bagi Balai TNK**, penting meningkatkan edukasi dan kesadaran masyarakat sekitar melalui program konservasi dan pelatihan agar keterlibatan masyarakat dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF).

Harris, D. (1992). Carbon Flow in the Environment. London: Blackwell Scientific Publications.

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kumar, P., & Singh, R. (2015). Valuation of Carbon Sequestration and Its Economic Benefits. Journal of Environmental Economics, 6(2), 45–53.

Sari, D., & Hidayati, E. (2021). Teknik Line Transek dalam Pengambilan Sampel Vegetasi. Jurnal Biologi Tropis, 21(3), 112–118.

Syahroni, M. (2022). Metodologi Penelitian Kuantitatif. Jakarta: Prenada Media.

Standar Nasional Indonesia. (2011). SNI 7724: Pengukuran Cadangan Karbon di Hutan Tropis. Badan Standardisasi Nasional.

Donsi, E., Rahmawati, N., & Chairul, A. (2025). Analisis Keanekaragaman Vegetasi Bawah dan Hubungannya dengan Serapan Karbon di Kawasan Hutan Tropis Indonesia. Jurnal Ekologi Tropika, 12(1), 22–33.

Fatimatuzzahra, N., dkk. (2014). Pola Persebaran Famili Poaceae di Ekosistem Terbuka Tropis. Dalam Rachmalia, L., dkk. (2023). Ekofisiologi Tumbuhan Tropis. Jakarta: Prenadamedia.

Hendrayana, A., dkk. (2020). Pendugaan Karbon Tumbuhan Bawah di Tegakan Pinus Bumi Perkemahan Pasir Batang TNGC. Jurnal Sylva Lestari, 8(2), 157–165.

IDXCarbon. (2025). Harga Karbon Indonesia Tahun 2025. Indonesia Carbon Exchange.

Junaedi, T., dkk. (2020). Biomassa dan Cadangan Karbon di Hutan Rawa Gambut Kalimantan Tengah. Jurnal Hutan Tropis, 11(3), 101–110.

Kurpis, J., dkk. (2019). Diversity of Asteraceae in Mexican Highland Ecosystems. Biodiversity Review, 7(1), 45–59.

Lense, Y., & Rahmadaniarti, F. (2022). Variasi Biomassa dan Karbon Vegetasi Bawah pada Hutan Pendidikan Unipa. Jurnal Kehutanan Papua, 5(2), 55–67.

Nikolić, N., & Stevović, S. (2015). Asteraceae Species as Potential CO_2 Phytoremediators. Environmental Research, 142, 1–9.

Nofrianto, E., dkk. (2018). Pendugaan Potensi Karbon Tumbuhan Bawah dan Serasah di Arboretum Universitas Lancang Kuning. Jurnal Hutan Lestari, 6(2), 120–132.

Pangestu, R. (2025). Dinamika Biomassa Vegetasi Bawah pada Berbagai Umur Tanaman Kelapa Sawit di Sumatera. Jurnal Agroforestri Nusantara, 14(1), 88–97.

Rahawarin, M., & Irwanto, S. (2025). Variasi Biomassa Tumbuhan Bawah pada Hutan Alam Negeri Hatusua, Maluku. Jurnal Konservasi Tropika, 9(2), 77–89.

Romadhon, A. (2025). Faktor Edafik dan Distribusi Vegetasi Bawah di Hutan Pegunungan Flores Timur. Jurnal Ekologi Hutan, 13(1), 11–23.

Rusdiana, R., dkk. (2023). Kontribusi Tumbuhan Bawah terhadap Cadangan Karbon di Hutan Sekunder Kabupaten Pinrang. Jurnal Penelitian Kehutanan, 15(2), 33–42.