JIP
Jurnal Ilmiah PLATAX
Universitas Sam Ratulangi
Terakreditasi Ristekdikti No: 28/E/KPT/2019
ISSN : 2302-3589 (Online)
E_mail : jip_platax@unsrat.ac.id

Analysis of Carbon Stocks in Mangrove Biomass in Wori Village, North Sulawesi, Indonesia

(Analisis Cadangan Karbon Pada Biomassa Mangrove Desa Wori Sulawesi Utara, Indonesia)

Angel Spengki Lomba[1], Adnan S. Wantasen, Unstain N. W. J. Rembet*, Rene Charles Kepel, Khristin Fisye Ivone Kondoy, Stephanus Vianny Mandagi

Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado 95115, Indonesia
**Corresponding author:* onlyrembet@unsrat.ac.id

Manuscript received: 19 April. 2026. Revision accepted: 17 May 2026

Abstract. Mangrove ecosystems play an important role in maintaining coastal ecological balance, serving as coastal protection, providing habitat for various marine biota, and absorbing atmospheric carbon. Quantitative data on mangrove biomass and carbon stock in Wori Village are still very limited. This study aimed to estimate mangrove biomass and carbon stock potential as a contribution to climate change mitigation. A non-destructive method was applied by measuring *Diameter at Breast Height* (DBH) in the field. Biomass was calculated using the allometric equation of Komiyama et al. (2005) based on DBH and wood density values from the *Global Wood Density Database* (Zanne et al., 2009 in Malabrigo et al., 2017). Carbon stock estimation was obtained by multiplying biomass by a conversion factor of 0.47 (IPCC, 2006). Results identified four mangrove species: *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, and *Bruguiera gymnorrhiza*. *Sonneratia alba* had the highest biomass and carbon stock (1,307.45 kg/100m²) due to its large stem diameter, while *Rhizophora apiculata* had the lowest (247.48 kg/100m²). Total carbon stock from one observation plot was 3,077.43 kg/100m². The mangrove area of Wori Village covers 39.56 ha (satellite imagery via *ArcMap* 10.8), yielding a total carbon stock of 12,174 tons or 307.74 tons C/ha. This value is higher than Sungaitohor Village (131.08 tons C/ha) (Antonius et al., 2017), Kawal Village (182.81 tons C/ha) (Heriyanto et al., 2020), and Bontang Mangrove Park (283.04 tons C/ha) (Rahmawani et al., 2025), demonstrating high ecological potential as a carbon sink that requires sustainable management.

Keywords: *mangrove, biomass, carbon stock, climate change, Wori Village*

Abstrak. Ekosistem mangrove memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologi pesisir, bertindak sebagai perlindungan pantai, menyediakan habitat bagi berbagai biota laut, dan menyerap karbon atmosfer. Data kuantitatif tentang biomassa dan stok karbon mangrove di Desa Wori masih sangat terbatas. Studi ini bertujuan untuk memperkirakan biomassa dan potensi stok karbon mangrove sebagai kontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim. Metode non-destruktif digunakan, yaitu mengukur *Diameter at Breast Height* (DBH) di lapangan. Biomassa dihitung menggunakan persamaan alometrik Komiyama et al. (2005) berdasarkan DBH dan kepadatan kayu dari *Global Wood Density Database* (Zanne et al., 2009 dalam Malabrigo et al., 2017). Estimasi stok karbon dihitung dengan mengalikan biomassa dengan faktor konversi 0,47 (IPCC, 2006). Hasil penelitian menunjukkan empat spesies mangrove: *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, dan *Bruguiera gymnorrhiza*. *Sonneratia alba* memiliki biomassa dan stok karbon tertinggi (1.307,45 kg/100m²) karena diameter batangnya yang besar, sedangkan *Rhizophora apiculata* memiliki yang terendah (247,48 kg/100m²). Total stok karbon dari satu plot pengamatan adalah 3.077,43 kg/100m². Luas hutan mangrove Desa Wori adalah 39,56 ha (citra satelit melalui *ArcMap* 10.8) menghasilkan total stok karbon sebesar 12.174 ton atau 307,74 ton C/ha. Nilai ini lebih tinggi daripada Desa Sungaitohor (131,08 ton C/ha) (Antonius et al., 2017), Desa Kawal (182,81 ton C/ha) (Heriyanto et al., 2020), dan Taman Mangrove Bontang (283,04 ton C/ha) (Rahmawani et al., 2025), menunjukkan potensi ekologis yang tinggi sebagai penyimpan karbon yang perlu dikelola secara berkelanjutan.

Kata kunci: *mangrove, biomassa, stok karbon, perubahan iklim, Desa Wori*

PENDAHULUAN

Hutan bakau adalah ekosistem pesisir unik yang tumbuh di daerah dengan air payau dan substrat berlumpur (Djamaluddin, 2018). Ekosistem ini sangat produktif dan menyediakan layanan ekologis yang signifikan, termasuk perlindungan pantai, habitat bagi berbagai spesies, dan penyerapan karbon. Indonesia memiliki area bakau terbesar di dunia, sekitar 3,36 juta hektar, atau 22,6% dari total global (Giri et al., 2011; Murdiyarso et al., 2015).

Fungsi ekologis terpenting dari ekosistem bakau adalah kemampuannya untuk menyimpan karbon dalam jumlah besar. Bakau dikenal sebagai ekosistem karbon biru, menyerap karbon hingga empat kali lebih banyak daripada hutan darat (Donato et al., 2011). Bahkan, ekosistem mangrove mampu menyimpan hingga lima kali lebih banyak karbon per hektar dibandingkan hutan terestrial, menjadikannya komponen vital dalam mitigasi perubahan iklim dengan menurunkan gas rumah kaca di atmosfer (Imburi et al., 2024). Kapasitas ini menjadikan bakau sangat penting dalam mitigasi perubahan iklim global dengan mengurangi konsentrasi karbon dioksida di atmosfer. Penyimpanan karbon bakau terjadi di beberapa reservoir: biomassa di atas permukaan tanah (AGB), biomassa di bawah permukaan tanah (BGB), kayu mati, serasah, dan karbon organik tanah (Komiyama et al., 2005; Kauffman & Donato, 2012). Secara ekologis, mangrove juga berfungsi sebagai habitat berbagai jenis fauna laut dan menjadi tempat pemijahan, asuhan, serta tempat mencari makan bagi biota laut (Wantasen, 2013).

Desa Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, memiliki ekosistem mangrove di sepanjang pantainya. Namun, data kuantitatif tentang biomassa dan stok karbon masih sangat terbatas. Estimasi stok karbon yang akurat sangat penting untuk memahami nilai ekologis mangrove dan mendukung kebijakan pengelolaan konservasi berkelanjutan serta upaya mitigasi perubahan iklim nasional dan global. Studi ini dilakukan untuk mengestimasi stok karbon biomassa mangrove di Desa Wori menggunakan pendekatan alometrik non-destruktif.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ekosistem mangrove Desa Wori, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Survei lapangan dilakukan pada saat air surut terendah 0,4 m pada hari Sabtu, 6 Desember 2025, antara pukul 09.23 dan 11.37 WITA.

Rancangan Penelitian

Metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan non-destruktif (alometrik) digunakan. Pengukuran biomassa dilakukan tanpa menebang pohon, melainkan melalui pengukuran DBH dan perhitungan menggunakan persamaan alometrik Komiyama et al. (2005). Metode transek kuadrat digunakan dengan tiga petak berukuran 10 m × 10 m mengikuti zonasi mangrove dari darat ke laut. Diameter pohon diukur pada ketinggian 1,3 m di atas permukaan tanah menurut SNI (2011).

Analisis Data

Biomassa atas permukaan (AGB) dihitung menggunakan persamaan: $AGB = 0{,}251 \times \rho \times DBH^{2{,}46}$. Biomassa bawah permukaan (BGB) dihitung dengan: $BGB = 0{,}199 \times \rho^{0{,}899} \times DBH^{2{,}22}$. Estimasi stok karbon: $C = (AGB + BGB) \times 0{,}47$ (IPCC, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi dan Distribusi Spesies

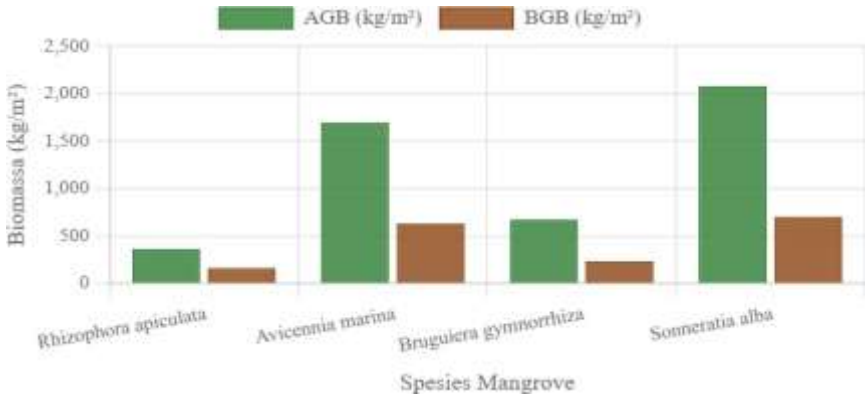
Empat spesies mangrove diidentifikasi: *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, dan *Bruguiera gymnorrhiza*. Keempat spesies ini merupakan jenis mangrove sejati yang umum dijumpai di kawasan pesisir Indonesia (Noor et al., 2007). *A. marina* (7 individu), *R. apiculata* (6 individu) dan *S. alba* (1 Individu) dengan substrat pasir berlumpur. Kuadrat 2 (tengah) didominasi oleh *R. apiculata* (7 individu), *A. marina* (2 individu) dan *B. gymnorrhiza* (2 individu) dengan substrat lumpur berpasir. Kuadrat 3 (depan) hanya berisi *S. alba* (3 individu) dengan diameter terbesar, substrat berpasir dengan puing-puing karang.

Biomasa Atas Permukaan (Above Ground Biomass/AGB)

Nilai biomassa atas permukaan dari empat spesies mangrove yang ditemukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Above Ground Biomass (AGB)

Jenis Mangrove	Rata-rata AGB/pohon (kg/pohon)	Total AGB/plot (kg/100m²)
Avicennia marina	565,23	1.695,69
Rhizophora apiculata	83,90	363,56
Sonneratia alba	1.559,65	2.079,53
Bruguiera gymnorrhiza	1.011,93	674,62



Gambar 1 Diagram perbandingan nilai AGB dan BGB

S. alba memiliki nilai AGB tertinggi (1.559,65 kg/pohon) dengan total 2.079,53 kg/100m² karena diameter batangnya yang besar (rata-rata DBH 47,70 cm). *A. marina* memiliki rata-rata AGB sebesar 565,23 kg/pohon (total 1.695,69 kg/100m²). Meskipun DBH-nya lebih kecil (15,43 cm), jumlah individu yang lebih banyak (9 pohon) memberikan kontribusi yang signifikan. *R. apiculata* menunjukkan nilai AGB terendah (83,90 kg/pohon) karena diameternya yang relatif kecil (rata-rata DBH 11,96 cm). Pola ini sejalan dengan Sari et al. (2022) yang menunjukkan bahwa kerapatan dan diameter batang berpengaruh nyata terhadap besarnya AGB setiap jenis mangrove.

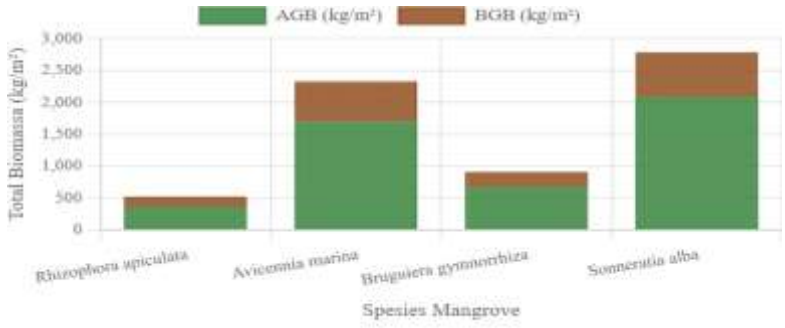
Biomassa Bawah Permukaan (Below Ground Biomass/BGB)

Nilai biomassa bawah permukaan berdasarkan biomassa akar disajikan pada Tabel 2.

Untuk BGB, *S. alba* juga tertinggi (526,71 kg/pohon; 702,28 kg/100m²), diikuti *A. marina* (210,58 kg/pohon; 631,73 kg/100m²). Pola distribusi BGB mengikuti pola AGB, di mana spesies dengan diameter lebih besar memiliki biomassa akar lebih tinggi. Pratiwi et al. (2023) juga menegaskan bahwa biomassa akar mangrove berkontribusi signifikan terhadap total stok karbon, khususnya pada spesies dengan sistem perakaran yang berkembang baik. Hal ini konsisten dengan temuan Malik et al. (2022) dan Mangore et al. (2022) yang menunjukkan bahwa BGB berkorelasi positif dengan AGB pada ekosistem mangrove di Sulawesi.

Tabel 2. Nilai Below Ground Biomass (BGB)

Jenis Mangrove	Rata-rataWR/pohon (kg/pohon)	Total WR/plot (kg/100m²)
Avicennia marina	210,58	631,73
Rhizophora apiculata	37,62	163,00
Sonneratia alba	526,71	702,28
Bruguiera gymnorrhiza	355,97	237,31



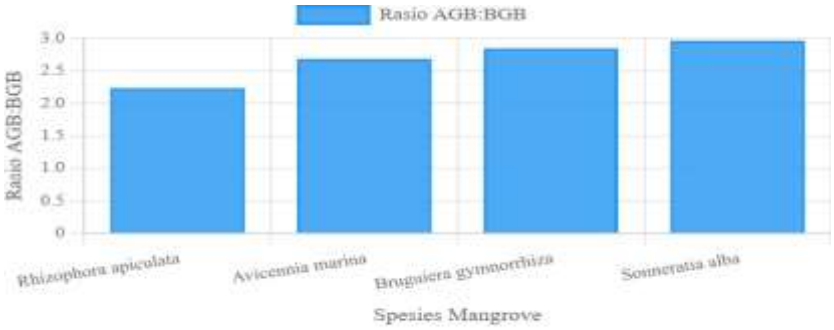
Gambar 2. Diagram perbandingan nilai karbon/spesies

Estimasi Stok Karbon

Estimasi stok karbon didapatkan dari perhitungan total biomassa (AGB + BGB) yang dikonversi dengan faktor 0,47 (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai Stok Karbon per Spesies

Jenis Mangrove	**Total Stok Karbon/Plot (kg/100m²)**
Avicennia marina	1.093,89
Rhizophora apiculata	247,48
Sonneratia alba	1.307,45
Bruguiera gymnorrhiza	428,61
TOTAL	**3.077,43**



Keterangan: Rasio menunjukkan perbandingan biomassa di atas tanah terhadap biomassa di bawah tanah

Gambar 3. biomassa di atas permukaan tanah (AGB) / biomassa di bawah permukaan tanah (BGB)

Total stok karbon dari satu plot pengamatan (100 m²) adalah 3.077,43 kg. *S. alba* menunjukkan nilai tertinggi (1.307,45 kg) karena diameter batangnya yang besar (26,46-58,92 cm), meskipun jumlah individunya sedikit. *A. marina* (1.093,89 kg) memberikan kontribusi signifikan karena jumlah individunya yang banyak. Sejalan dengan Prakoso et al. (2018), semakin banyak jumlah tegakan suatu jenis maka semakin besar pula kontribusinya terhadap total stok karbon. Dengan luas hutan mangrove 39,56 ha di Desa Wori (citra satelit melalui *ArcMap* 10.8), total stok karbon dihitung pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Konversi Nilai Stok Karbon

Parameter	**Nilai**
Luas mangrove (ha)	39,56
Jumlah plot (100m²)	3.956
Total C (kg/100m²)	3.077,43
Total C (ton/ha)	307,74
Total C (ton)	**12.174**

Total stok karbon untuk area seluas 39,56 hektar adalah 12.174 ton atau 307,74 ton C/ha. Nilai ini merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan beberapa lokasi di Indonesia: Desa Sungaitohor (131,08ton C/ha) (Antonius et al., 2017), Desa Kawal (182,81 ton C/ha) (Heriyanto et al., 2020), dan Taman Mangrove Bontang (283,04 ton C/ha) (Rahmawani et al., 2025). Nilai yang tinggi ini disebabkan oleh keberadaan pohon-pohon berdiameter besar, terutama *S. alba* dengan DBH 26,46-58,92 cm. Ekosistem mangrove Desa Wori merupakan aset penting untuk penyimpanan karbon pesisir di Sulawesi Utara yang perlu dipelihara dan dikelola secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Stok karbon biomassa mangrove Desa Wori adalah 3.077,43 kg/100m² (satu petak 10 m × 10 m) atau 307,74 ton C/ha. Total stok karbon yang diperkirakan untuk area seluas 39,56 ha adalah 12.174 ton. Empat spesies ditemukan: *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, dan *Bruguiera gymnorrhiza*. *S. alba* memberikan kontribusi tertinggi (1.307,45 kg/100m²) karena diameter terbesarnya. Nilai 307,74 ton C/ha menunjukkan potensi tinggi sebagai penyimpan karbon, yang menegaskan peran pentingnya dalam mitigasi perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, *4*(5), 293-297.

Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., ... & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, *20*(1), 154-159.

IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies.

Komiyama, A., Ong, J. E., & Poungparn, S. (2005). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, *89*(2), 128-137.

Malabrigo, P. L., Salmo, S. G., & Gevaña, D. T. (2017). Stand structure, biomass, and carbon stock of Rhizophora stand in Bakhawan Eco-Park, Kalibo, Aklan, Philippines. *Ecosystem Development Journal*, *3*(1), 1-12.

Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., ... & Kurnianto, S. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, *5*(12), 1089-1092.

SNI (Standar Nasional Indonesia). (2011). *Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon - Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. SNI 7724:2011. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., ... & Chave, J. (2009). *Global Wood Density Database*. Retrieved from http://hdl.handle.net/10255/dryad.235

Noor, Y. R., Khazali, M., & Susilo, I. (2007). Panduan karbonangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan Hidup*, *12*(2), 45-58.

Antonius, Yoswaty, D., & Mulyadi, A. (2017). Analysis of mangrove biomass in the eco-tourism area of mangrove ecosystem in Sungaitohor Village of Riau Province. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan*, 1–10.

Djamaluddin, R. (2018). *Mangrove: Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi* (1st ed.). Unsrat Press.

Heriyanto, T., Amin, B., Rahimah, I., & Ariani, F. (2020). Analisis biomassa dan cadangan karbon pada ekosistem mangrove di kawasan pantai berpasir Desa Kawal Kabupaten Bintan. *Jurnal Maritim*, *2*(1), 31–41. https://doi.org/10.51742/ojsm.v2i1.104

Imburi, C. S., Angrianto, R., Tanur, E. A., Widodo, I., & Sitompul, G. A. (2024). Peran hutan mangrove dalam menanggulangi dampak perubahan iklim di wilayah pesisir Indonesia. *Jurnal Geosains West Science*, *2*(03), 122–132. https://doi.org/10.58812/jgws.v2i03.1678

Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. Center for International Forestry Research (CIFOR). https://doi.org/10.17528/cifor/003749

Lahabu, Y., Schaduw, J. N. W., & Windarto, A. B. (2015). Kondisi ekologi mangrove di Pulau Mantehage Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, *3*(2), 41. https://doi.org/10.35800/jplt.3.2.2015.10851

Pratiwi, D., Hartoko, A., & Febrianto, S. (2023). Potensi serapan karbon hutan mangrove, Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*, *18*(2), 99. https://doi.org/10.15578/jkn.v18i2.10465

Rahmawani, R., Paputungan, M. S., & Bulan, D. E. (2025). Kondisi kesehatan mangrove dan stok karbon biomassa di area Bontang Mangrove Park. *Journal of Marine Research*, *14*(2), 283–293. https://doi.org/10.14710/jmr.v14i2.46545

Wantasen, A. S. (2013). Conditions of substrate and water quality supporting activities as a growth factor in mangrove at coastal Basaan I, South East District Minahasa. *Jurnal Ilmiah Platax*, *1*(4), 204–209. https://doi.org/10.35800/jip.1.4.2013.3704

Malik, A., Sideng, U., & Jaelani, J. (2022). Biomass carbon stock assessment of mangrove ecosystem in Pannikiang Island South Sulawesi Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, *54*(1). https://doi.org/10.22146/ijg.46989

Mangore, R., Rumengan, A. P., Angmalisang, P. A., Rumampuk, N. D. C., Djamaluddin, R., & Rondonuwu, A. B. (2022). Analisis struktur komunitas dan biomassa mangrove di Kelurahan Lirang Kecamatan Lembeh Utara Kota Bitung. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, *10*(2), 209–218. https://doi.org/10.35800/jplt.10.2.2022.54994

Prakoso, T. B., Afiati, N., & Suprapto, D. (2018). Biomassa kandungan karbon dan serapan CO2 pada tegakan mangrove di kawasan konservasi mangrove Bedono, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, *6*(2), 156–163. https://doi.org/10.14710/marj.v6i2.19824

Sari, D. P., Syaputra, M., & Webliana, K. (2022). Biomassa dan serapan karbon hutan mangrove Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat. *Journal of Forest Science Avicennia*, *5*(2), 95–103. https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i1.20569