

Carbon Stock of Mangrove Vegetation Derived from Aboveground and Belowground Biomass in Tulehu Waters, Central Maluku

Nur Alim Natsir^{1*}, Nina Y. Mulyawati¹, Asyik Nur Allifah AF¹, Zamrin Jamdin¹, Selti Arifin¹, Rukaya Kilbaren¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Institut Agama Islam Negeri Ambon, Maluku, Indonesia;

Article History

Received : September 09th, 2025

Revised : October 24th, 2025

Accepted : October 10th, 2025

*Corresponding Author: **Nur Alim Natsir**, Program Studi Pendidikan Biologi, Institut Agama Islam Negeri Ambon, Maluku, Indonesia;
Email:
nuralimnatsir@gmail.com

Abstract: The role of mangroves in mitigating climate change is realized through their carbon storage capacity, but deforestation carried out for the expansion of the Tulehu pier threatens the existence of these carbon reserves. This study aims to estimate mangrove vegetation carbon stocks based on aboveground biomass and belowground biomass in Tulehu Waters, Central Maluku. Sampling was conducted using purposive sampling using a non-destructive allometric model on a 10 x 10 m plot. Aboveground and belowground biomass were calculated and then converted into mangrove carbon stocks. Data evaluation was carried out by measuring mangrove biomass and carbon stocks in the Tulehu Waters. Research findings show that the average carbon reserves of mangrove vegetation are the highest on the surface were found at station II (17,571 tC/ha), and underground were found at station (15,222 tC/ha). These findings confirm that mangrove vegetation in Tulehu Waters has significant potential as a carbon sink and support conservation strategies and sustainable coastal management.

Keyword: Biomassa, carbon stock, mangrove.

Pendahuluan

Indonesia memiliki hutan mangrove seluas 3,48 juta hektar, yang mencakup sekitar 23% dari total mangrove dunia dan 59,8% di Asia Tenggara. Dengan cakupan yang luas tersebut, ekosistem mangrove Indonesia menjadi penyimpan karbon biru yang sangat besar (Lead & Spalding, 2024) dan berperan strategis dalam upaya konservasi dan pengelolaan stok karbon mangrove (FAO, 2007) (Bunting *et al.*, 2018). Indonesia memiliki 22,4% mangrove dunia yang mampu menyerap karbon biru rata-rata 891,70 tC per hektar, dengan total simpanan karbon biru nasional sekitar 2,89 TtC (Wahyudi *et al.*, 2018).

Mangrove dikenal sebagai tumbuhan yang berperan signifikan baik segi ekonomis maupun ekologis. Ekosistem mangrove adalah satu diantara ekosistem pesisir tropis yang berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim global melalui kemampuannya menyimpan dan menyerap karbon organik dalam jumlah besar atau *blue carbon* (Yaqin *et al.*, 2022). Potensi blue karbon potensial mangrove ini tergantung

pada karakteristik ekosistem diantaranya kepadatan, jenis spesies dan diameter mangrove (Rahman *et al.*, 2024). Karbon diketahui tersimpan pada tiga komponen utama mangrove yakni sedimen tanah, sebagai karbon organik tanah, akar sebagai karbon bawah tanah dan tegakan pohon sebagai karbon atas tanah. Hal ini menunjukkan bahwa stok karbon bagian atas lebih tinggi dibandingkan bagian bawah (Asiah-Z.A. *et al.*, 2024). Karbon terserap dan tersimpan dalam biomassa mangrove hingga mencapai 77,9% diantaranya pada bagian batang, daun dan sedimen (Bachmid *et al.*, 2018). Mangrove mampu menyerap karbon tidak hanya pada biomassa atas permukaan (*aboveground biomass*) dan bawah permukaan (*belowground biomass*), tetapi juga dalam bentuk simpanan *organic carbon (OC)* pada serasah dan sedimen (Griffiths *et al.*, 2021).

Ekosistem mangrove di Indonesia terus menghadapi tekanan yang berujung pada degradasi yang cukup besar (Tharieq *et al.*, 2023). Ekosistem pesisir ini memiliki berbagai permasalahan lingkungan seperti konversi lahan

(seperti dijadikan sebagai tempat wisata, pembangunan dermaga), penebangan pohon, antropogenik, serta terjadinya pemanasan global. Perairan Tulehu merupakan kawasan pesisir yang memiliki ekosistem mangrove yang potensial, namun konversi lahan untuk pelebaran dermaga yang menghubungkan antar wilayah secara langsung akan berdampak pada ekosistem mangrove di kawasan ini. Kegiatan antropogenik oleh masyarakat pesisir dan buangan limbah tentunya berdampak pada fluktuasi lingkungan yang mempengaruhi kehidupan mangrove. Arifanti *et al.*, (2021) menyatakan bahwa degradasi ekosistem terutama dipicu oleh aktivitas antropogenik berupa alih fungsi lahan menjadi tambak /akuakultur (80.696 ha), permukiman dan infrastruktur (8.295 ha), pertanian (50.834 ha), serta penebangan kayu (167,5ha).

Konsekuensi lain dari degradasi mangrove yaitu terjadinya penurunan luas ekosistem, berkurangnya cadangan karbon biru (Arifanti *et al.*, 2019; Humber *et al.*, 2024), serta hilangnya keanekaragaman hayati flora dan fauna (Yudha *et al.*, 2021). Lebih lanjut, Rahman *et al.*, (2020b) menjelaskan bahwa kondisi tersebut terutama memengaruhi potensi karbon biru pada spesies *Sonneratia* dan *Rhizophora*. Ekosistem mangrove yang mengalami tekanan akan berpotensi menurunkan kapasitas ekosistem ini dalam menyimpan karbon (Friess *et al.*, 2019).

Sejauh ini penelitian yang telah dilakukan, masih sebatas peran mangrove sebagai bioakumulator logam berat Pb dan Cd (Natsir *et al.*, 2020) dan kemampuan menyerap logam berat Cromium (Alifah *et al.*, 2025). Namun, penelitian terkait stok karbon organik berbasis AGB dan BGB pada ekosistem mangrove di wilayah ini masih sangat terbatas. Padahal, informasi tersebut penting untuk memahami kapasitas mangrove lokal dalam menyerap karbon serta kontribusinya terhadap mitigasi perubahan iklim. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini dilaksanakan guna memperkirakan cadangan karbon organik pada ekosistem mangrove di Perairan Tulehu, Maluku Tengah. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan ilmiah dalam memperluas pengetahuan tentang data cadangan karbon mangrove di Indonesia serta menjadi pondasi pengelolaan ekosistem mangrove yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Kajian ini bersifat kuantitatif deskriptif yang dilakukan pada Juli - Agustus 2025 di Perairan Pantai Tulehu Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. Peta lokasi penelitian tersaji pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Desain penelitian

Penelitian menggunakan metode survei, yang mencakup kegiatan observasi serta pengumpulan data lapangan. Penentuan titik pengamatan dilakukan secara *purposive*, yakni pemilihan lokasi yang disengaja dengan memperhatikan karakteristik area penelitian (Fachrul, 2007). Dasar pemilihan lokasi penelitian adalah Stasiun I, kawasan yang terdampak langsung industri pelebaran Pelabuhan Tulehu, gangguan antropogenik dan mangrove tua dengan struktur tegakan jarang, stasiun II yakni area dekat Pelabuhan Tulehu, area pasar ikan, buangan limbah antropogenik dan tegakan mangrove dewasa dengan jarak tumbuh rapat, stasiun III adalah daerah mangrove yang berlokasi di sekitar muara sungai yang berbatasan dengan perairan Tulehu. Kawasan rehabilitasi mangrove tahun 2023.

Populasi dan sampel penelitian

Populasi penelitian adalah keseluruhan mangrove yang berada di Perairan Tulehu. Sampel mangrove diamati dari tiga stasiun penelitian menggunakan metode jalur transek kuadrat berukuran 10m x 10m sebanyak 3 kuadrat untuk masing-masing stasiun (Araújo & Shideler, 2019). Selanjutnya dilaksanakan pengukuran diameter batang pohon

menggunakan meteran serta penentuan jenis mangrove (Noor et al., 2006) sesuai dengan ketentuan titik lokasi. AGB dan BGB diukur dengan metode non destruktif (*allometric equation*) dengan cara mengestimasi (Sutaryo, 2009). Peralatan dan materi kajian meliputi GPS untuk memastikan titik koordinat stasiun, *phi-band* sebagai alat ukur diameter batang pohon pada tinggi dada, meteran untuk mengukur jarak di lapangan, tali raffia untuk membatasi kuadran plot, spidol permanen untuk memberi tanda pada contoh, serta kamera untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian.

Prosedur penelitian

Penentuan lokasi penelitian

Stasiun penelitian sebanyak tiga lokasi ditentukan secara sengaja yakni dengan menimbang dan mengamati kondisi kawasan penelitian di sekelilingnya (Fachrul, 2007).

Identifikasi jenis dan kerapatan mangrove

Ragam spesies mangrove dikenali berdasarkan ciri morfologi batang, daun, bunga, dan buah dengan bantuan buku acuan identifikasi berjudul “Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia” (Noor et al., 2006). Asesmen kerapatan mangrove dilakukan pada setiap stasiun pada luasan plot bujursangkar $10 \times 10 \text{ m}^2$.

Pengukuran diameter pohon mangrove

Diameter batang mangrove dicatat pada level 1,3 meter dari permukaan tanah atau permukaan akar pangkal pohon (Badan Standarisasi Nasional, 2019). Pita ukur diameter dipastikan dalam kedaaan rata, tidak terlipat dan dipasang melingkar pada batang. *Phi band* dilingkarkan secara horizontal dengan posisi tidak miring untuk mendapatkan pengukuran yang akurat. Nilai diameter kemudian dicatat pada lembar data

Pengukuran biomassa mangrove dan karbon tersimpan

Penentuan biomassa dan kandungan karbon mangrove menggunakan teknik *non destructive test* (NDT), dengan asumsi bahwa persamaan allometrik dari spesies yang diukur telah diketahui. Perhitungan biomassa dan kandungan karbon mangrove di permukaan tanah menggunakan persamaan allometrik yang

disesuaikan dengan jenis tanaman menurut (Elecho et al., 2024).

Analisis data

Analisis Diameter Batang (*Diameter at Breast Height*).

Tegakan pohon sampel dihitung lingkaran batang pada titik DBH (*Diameter at Breast Height*). *Asesmen output* dianalisis menggunakan persamaan 1.

$$D = \frac{\text{Keliling}}{\pi} \quad (1)$$

Keterangan:

D = Diameter

π = phi (3,14)

Analisis Stok Karbon Biomassa Mangrove

Taksiran karbon tersimpan yang terkandung dalam vegetasi mangrove diestimasi dengan mengacu pada massa atas pohon (*Above Ground Biomass, AGB*) dan biomassa sistem perakaran (*Below Ground Biomass*). *Allometrik model* biomassa pohon diselaraskan dengan ciri-ciri habitat dan jenis pohon (Tabel 1). Pendugaan biomassa akar bawah tanah dilakukan berdasarkan hubungan regresi antara WR dan pD^2 yang memunculkan persamaan alometrik bobot akar (Komiyama et al., 2008) 2.

$$WR = 0.199 \times \rho^{(0,899)} \times D^{(2,22)} \quad (2)$$

Keterangan: WR = biomassa BGB bobot akar; ρ = massa jenis (Tabel 1); D diameter batang (cm)

Tabel 1. *Allometric Biomass of Mangrove Trees and Rotts*

Jenis Mangrove	Persamaan Biomassa Atas	Referensi
<i>Sonneratia alba</i>	Ba = $0,3841 * DBH^{2,101} * \rho$ Bb = $0.199 * \rho^{0,899} * DBH^{2,22}$ (p = 0,475)	Kauffman and Cole, 2010 Kauffman dan Donato, 2012
<i>Rhizophora apiculata</i>	Ba = $0,0695 * DBH^{2,644} * \rho$ Bb = $0.199 * \rho^{0,899} * DBH^{2,22}$ (p = 1,050)	Kauffman dan Donato, 2012 World Agroforestry Centre, 2011

Keterangan: W = Biomassa, D = Diameter pohon, ρ = bobot jenis spesies

Tabel 2. *Wood Density in Mangrove Species*

<i>Mangrove Species</i>	<i>Wood Density (ρ)</i>
<i>Sonneratia alba</i>	0,4110 ± 0,042 (n = 5)
<i>Rhizophora apiculata</i>	0,7417 ± 0,032 (n = 6)

Cadangan karbon permukaan diasumsikan berkontribusi sekitar 45% dari biomassa (Kauffman, J.B &Donato, 2012). Akumulasi biomassa merupakan total dari biomassa pohon mangrove (AGB) dan akar mangrove (BGB). Estimasi stok karbon dinyatakan dalam tonC/ha. Penghitungan karbon berbasis biomassa dilakukan melalui rumus berikut sesuai standar SNI (Standar Nasional Indonesia) 7724:2011.

$$Cb = B \times \%C \text{ organik} \quad (3)$$

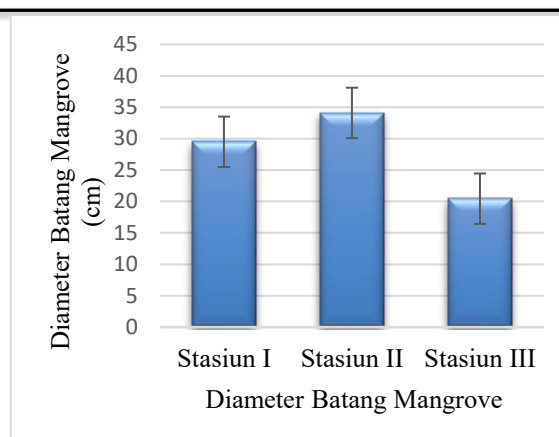
Keterangan: Cb = karbon tersimpan (ton/ha); B= total biomassa (ton/ha); %C organik = kadar karbon (0,45).

Hasil dan Pembahasan

Diameter dan Biomassa Pohon

Diameter batang mangrove (*Diameter at Breast Height (DBH)*), memiliki ukuran yang bervariasi tergantung jenisnya. Diameter batang (DBH) merupakan faktor paling berpengaruh dalam penentuan biomassa pohon. Pohon besar memiliki kontribusi terhadap total biomassa hutan dibandingkan pohon kecil. Hutan dengan pohon berdiameter besar memiliki biomassa dan stok karbon jauh lebih tinggi dibandingkan diameter kecil meskipun kerapatan tinggi. Hubungan keduanya bersifat eksponensial yang menunjukkan semakin besar diameter maka biomassa akan meningkat tajam (Gusfi *et al.*, 2025).

Adapun rata-rata diameter batang pada Stasiun I yaitu 29,498±15,967, Stasiun II adalah 34,098±14,764 dan Stasiun III adalah 20,446 ± 8,831 (**Gambar 2**). Stasiun II menunjukkan diameter batang > 30cm dan lebih besar dibandingkan Stasiun yang lain. Umur dan jumlah tegakan di lokasi ini menentukan besarnya diameter batang. Diameter batang mangrove merupakan faktor yang mempengaruhi besar biomassa melalui persamaan allometric (Chave *et al.*, 2014).



Gambar 2. Diameter Batang Mangrove

Stasiun II didominasi oleh mangrove jenis *Sonneratia alba*. Jenis ini biasanya memiliki diameter batang yang dapat tumbuh sangat besar dan lokasi penelitian ini memiliki tegakan yang tidak terlalu rapat sehingga diameter pohon akan cenderung membesar lebih cepat. Sedangkan komposisi mangrove pada Stasiun I didominasi oleh tegakan jenis *Sonneratia alba* namun tegakannya termasuk jarang sehingga berdampak pada besaran diameter mangrove di lokasi penelitian. Untuk Stasiun III terdiri dari dua jenis mangrove yakni *Sonneratia alba* dan *Rhizophora apiculata*. Tegakan di lokasi tersebut termasuk mangrove muda sehingga diameter yang dimiliki tergolong kecil dibandingkan kedua stasiun yang lain.

Diameter pohon mangrove juga tergantung pada jenisnya. Djamaluddin, (2019) melaporkan bahwa *Sonneratia alba* memiliki laju pertumbuhan diameter yang lebih tinggi dibandingkan beberapa jenis *Rhizophora*. Komposisi jenis mangrove di lokasi penelitian teridentifikasi dari jenis *Sonneratia alba* dan *Rhizophora apiculata*. Jumlah individu dan rata-rata DBH kedua jenis tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah pohon (individu) dan Rerata Diameter Batang Mangrove

<i>Spesies Mangrove</i>	<i>Jumlah Individu</i>	<i>Average of DBH</i>
<i>Sonneratia alba</i>	34	30,029 ± 13,101
<i>Rhizophora apiculata</i>	4	8,280 ± 0,450

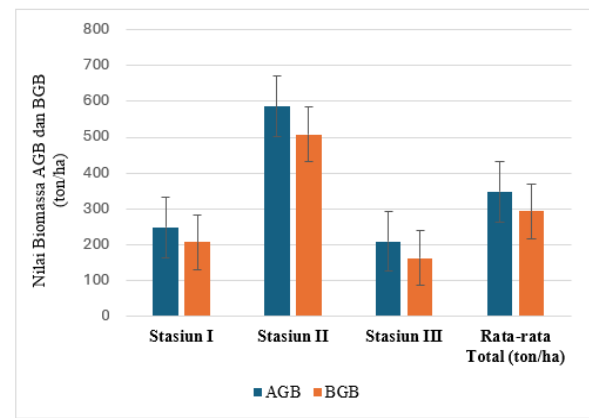
Diameter batang mempunyai ukuran yang berbeda tergantung spesiesnya. Hal tersebut terjadi karena pengaruh sejumlah faktor, di antaranya adalah umur tegakan, diketahui bahwa

meningkatnya umur tegakan, terjadi variasi ukuran pohon (termasuk diameter, tinggi) (Lee *et al.*, 2023), 2023), jenis (Ainindya *et al.*, 2024) dan kerapatan mangrove (Schaduw *et al.*, 2024), kondisi lingkungan, tekstur dan kedalaman tanah, kompetisi tegakan (Kairo *et al.*, 2020) dan gangguan lingkungan (Amelia *et al.*, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Sonneratia alba* adalah jenis yang mendominasi ekosistem mangrove di Perairan Tulehu dengan jumlah individu terbanyak di setiap stasiun dengan rata-rata diameter lebih besar dibandingkan *Rhizophora apiculata*. Fase pertumbuhan (usia tegakan) dan kerapatan tegakan mangrove diduga mempengaruhi besaran diameter pohon di kawasan ini. Sejalan dengan keterangan yang disampaikan oleh (Malabrigo *et al.*, 2017) bahwa seiring pertumbuhan, diameter pohon membesar tetapi jumlah pohon per hektar (kerapatan) menurun. Kompetisi interspesifik untuk pemenuhan cahaya, sumber hara akan menentukan besaran diameter batang mangrove.

Pohon berdiameter besar menyumbang proporsional lebih banyak terhadap penyimpanan karbon, meskipun jumlahnya sedikit dibandingkan pohon berdiameter kecil. Nilai biomassa setiap jenis berbeda tergantung spesiesnya. Pohon jenis *Sonneratia alba* menunjukkan biomassa lebih tinggi dibandingkan jenis *Rhizophora apiculata*. Kondisi ini menginformasikan jika diameter pohon memiliki korelasi positif dengan biomassa dan stok karbon, sehingga peningkatan diameter akan diikuti oleh bertambahnya biomassa serta kapasitas pohon dalam menyimpan karbon. Cadangan karbon pada AGB mengandung biomassa paling tinggi mengingat cakupannya meliputi berbagai komponen pembentuk biomassa yaitu daun, cabang, dan batang.

Biomassa kumulatif diperoleh dari besaran biomassa permukaan tanah (AGB) dan biomassa bawah tanah (BGB). Nilai AGB pada vegetasi mangrove untuk Stasiun I adalah sebesar 248,637 ton/ha dan nilai BGB adalah 207,625 ton/ha. Stasiun II menunjukkan AGB sebesar 585,711 ton/ha dan BGB sebesar 507.391 ton/ha. Stasiun III diperoleh angka AGB 209,632 ton/ha dan BGB sebesar 163.287 ton/ha (**Gambar 3**). Nilai biomassa AGB menunjukkan lebih besar dibandingkan nilai biomassa BGB karena AGB adalah total dari biomassa batang, cabang, tangkai dan daun. (Abadía *et al.*, 2025)

menyatakan bahwa terdapat hubungan linier antara diameter dan biomassa pohon, di mana pertambahan lingkaran batang sejalan dengan peningkatan biomassa. Selain itu peran AGB potensial untuk pertumbuhan tinggi, fotosintesis, kompetisi cahaya dan reproduksi sedangkan BGB sebagai penopang tegakan (Conroy *et al.*, 2025). Akar hanya menyumbang 20-30% dari total biomassa pohon selebihnya 70-80% biomassa pohon (Komiya *et al.*, 2008; Guay *et al.*, 2020) namun berperan besar dalam menopang tegakan yang memungkinkan AGB tumbuh (Wang *et al.*, 2023).



Gambar 3. Nilai Biomassa AGB dan BGB (ton/ha)

Biomassa mangrove merupakan indikator langsung dari jumlah karbon yang tersimpan pada vegetasi dan salah satu komponen stok karbon. Semakin besar biomassa mangrove maka *carbon stock* vegetasi juga mengalami kenaikan. (Yaqin *et al.*, 2022) menemukan hasil bahwa biomassa tegakan mangrove dan stok karbon menunjukkan korelasi positif sempurna ($R=1,0$). (Harishma *et al.*, 2020) menyatakan terdapat hubungan positif antara biomassa dan penyimpanan karbon. Data global menunjukkan hubungan positif signifikan antara *above-ground carbon* (AGC) dan *below-ground carbon* (BGC) (Meng *et al.*, 2021).

Nilai AGB dan BGB tertinggi terdapat pada Stasiun II. Jumlah individu, umur tegakan dan diameter batang di lokasi penelitian merupakan faktor yang mempengaruhi kandungan biomassa vegetasi. Sejalan dengan pernyataan (Komiya *et al.*, 2008) bahwa jumlah pohon, diameter batang dan umur tegakan menentukan besar kecilnya biomassa. Demikian juga pada Stasiun I menunjukkan biomassa yang lebih besar dibandingkan Stasiun III. Jenis

mangrove di lokasi penelitian yang didominasi oleh *Sonneratia alba* baik Stasiun I dan Stasiun II merupakan faktor penentu besar kecilnya biomassa mangrove. Dalam penelitian ini, AGB pada *Sonneratia alba* lebih besar dibandingkan *Rhizophora apiculata* karena memiliki ukuran. Sejalan pernyataannya (Diniyatushoalika *et al.*, 2023) bahwa besarnya diameter pohon mangrove pada suatu lokasi pengamatan berimplikasi pada peningkatan biomassa dan stok karbon dibandingkan lokasi lain. Jenis mangrove juga dilaporkan menunjukkan nilai AGB dan BGB berbeda. Besaran diameter, usia tegakan dan jumlah tegakan menentukan kandungan biomasanya Nilai biomassa AGB dan BGB mangrove berdasarkan jenisnya terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Biomassa Tegakan Tiap Spesies

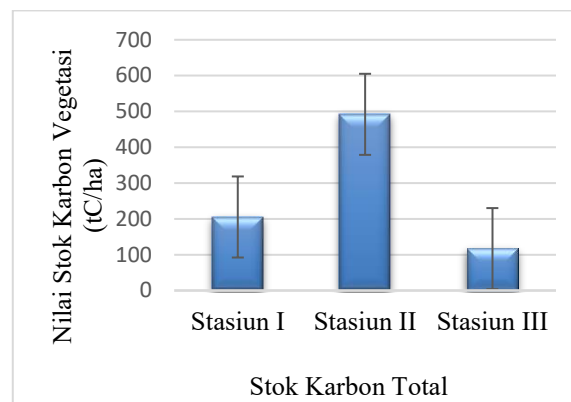
Spesies Mangrove	Above Ground Biomass (ton/ha)	Below Ground Biomass (ton/ha)	Total Biomassa (ton/ha)
<i>Sonneratia alba</i>	342,572	246,652	589,223
<i>Rhizopora apiculata</i>	16,265	0,883	17,147

Estimasi Stok Karbon Mangrove Berdasarkan Nilai AGB dan BGB

Ekosistem mangrove berperan signifikan dalam fungsi ekologisnya sebagai penyerap karbon (*carbon sequestration*) sekaligus sebagai penyimpan cadangan karbon (*carbon stock*) yang stabil dalam biomasanya. Dilaporkan bahwa variasi stok karbon vegetasi mangrove teridentifikasi pada masing-masing stasiun penelitian. Total stok karbon mangrove berdasarkan nilai AGB dan BGB pada Stasiun I sebesar 205.318 tC/ha, Stasiun II menunjukkan nilai sebesar 491,896tC/ha dan stasiun III sebesar 116,975tC/ha (**Gambar 4**). Cadangan karbon mangrove per hektar tercatat 3–5 kali lebih besar daripada hutan tropis daratan. CO₂ diserap oleh mangrove melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jangka waktu yang lama.

Mangrove termasuk ke dalam ekosistem karbon biru (*blue carbon*) berkat kemampuannya mengakumulasi karbon dalam jumlah signifikan serta mempertahankannya dalam jangka waktu lama (Alongi, 2012). Mangrove merupakan ekosistem yang paling efisien dalam menyerap

dan menyimpan karbon. Ketersediaan karbon vegetasi mangrove tergantung pada kandungan biomasaa masing-masing jenis pohon. Stasiun II menunjukkan nilai rata-rata total biomasaa pohon paling besar sehingga tumbuhan di stasiun ini memiliki kontribusi besar terhadap ketersediaan karbon vegetasi. (Donato *et al.*, 2011) menyatakan bahwa biomassa vegetasi atas (AGB) dan biomassa vegetasi bawah (BGB) merupakan komponen karbon tersimpan mangrove. Besaran *carbon stock* vegetasi mangrove pada tiap stasiun penelitian tersaji pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Stok Karbon Vegetasi Mangrove (tC/ha)

Kandungan karbon pada Stasiun II lebih besar dibandingkan Stasiun I dan Stasiun III. Hasil ini berkorelasi linier dengan diameter batang pada Stasiun II yang menunjukkan lebih besar dibandingkan Stasiun yang lain. Kauffman & Donato (2012) menyatakan bahwa stok karbon ditentukan oleh sejumlah faktor, termasuk jenis dan umur tegakan, kerapatan tegakan, lingkungan dan gangguan manusia. Usaha mitigasi perubahan iklim, vegetasi mangrove memfiksasi karbon dioksida melalui proses fotosintesis dan mengalihkannya menjadi biomassa (daun, batang, akar) serta dalam tanah, sehingga mengurangi CO₂ di atmosfer dan membantu menurunkan efek rumah kaca global. Ekosistem vegetative terutama hutan mangrove menyerap karbon (*carbon sink*) dan menyimpan karbon dalam jumlah besar dalam jangka waktu panjang, mengurangi akumulasi gas rumah kaca, serta menjadi mitigasi alami terhadap pemanasan global (Wigner & Cia, 2023).

Stok karbon yang terdapat pada biomassa mangrove dalam jumlah yang tinggi mencerminkan ekosistem yang sehat dan

melindungi serta memperkaya stok karbon berarti menjaga kestabilan alam, keanekaragaman hayati, serta kualitas air dan tanah. Stok karbon mangrove berperan signifikan dalam pemeliharaan ekosistem dan biodiversitas (Rahman *et al.*, 2024), degradasi dan keragaman hayati (*biodiversity*) (Eddy *et al.*, 2023), habitat suatu spesies (Royna *et al.*, 2024) dan memiliki karagaman hayati signifikan serta berkontribusi terhadap biodiversitas dan manfaat social ekonomi (Manan *et al.*, 2025). Selain itu, data stok karbon menjadi acuan penting dalam penyusunan kebijakan iklim seperti target emisi dan perdagangan karbon (Murdiyarso *et al.*, 2023). Mengurangi risiko banjir, erosi, dan meningkatkan keamanan komunitas lokal (Pelckmans *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Merujuk pada hasil penelitian, terangkum informasi bahwa Stasiun I Nilai AGB (*Above Ground Biomass*) adalah 248,637 ton/ha dan Nilai BGB (*Below Ground Biomass*) adalah 207,625 ton/ha. Stasiun II menunjukkan nilai AGB yaitu 585,711 ton/ha dan biomassa BGB sebesar 507.391 ton/ha. Stasiun III diperoleh biomassa AGB 209,632 ton/ha dan biomassa BGB sebesar 163.287 ton/ha. Sedangkan stok karbon Stasiun I sebesar 205.318 tC/ha, Stasiun II menunjukkan nilai sebesar 491,896tC/ha dan stasiun III sebesar 116,975tC/ha.

Ucapan Terima Kasih

Riset ini dilakukan sebagai salah satu bagian dari program hibah penelitian Bantuan LITAPDIMAS Kementerian Agama Republik Indonesia yang difasilitasi melalui LP2M IAIN Ambon Nomor 106 Tahun 2025, Tahun Anggaran 2025. Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Ketua LP2M IAIN Ambon beserta seluruh jajarannya, serta para dosen Program Studi Pendidikan Biologi IAIN Ambon atas dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

Referensi

Abadía, D. P., Mosquera, H. Q., & Arco, J. M. Del. (2025). Influence of Environmental Factors on the Aboveground Biomass of

- Mature and Postmining Forests in Chocó. *Life*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/life15010098>
- Ainindya, D. G., Rarasti, K. A., Farikha, K. N., Wiraatmaja, M. F., Yap, C. K., & Setyawan, A. D. (2024). Characteristics of mangroves and carbon stocks estimation in Sampang and Pamekasan Districts, Madura Island, Indonesia. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 14(1), 19–24. <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w140103>
- Alifah, A. N. A., Jamdin, Z., Natsir, N. A., & Rosmawati, T. (2025). Pola Sebaran Logam Berat Kromium (Cr) Di Perairan Tulehu Maluku Tengah. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 9(1), 21–33. <https://doi.org/10.29080/biotropic.v9i1.2249>
- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Amelia, R., Basyuni, M., Alfinsyahri, A., Sulistiyono, N., Slamet, B., Bimantara, Y., Harahap, S. S. H., Harahap, M., Harahap, I. M., Al Mustaniroh, S. S., Sasmito, S. D., & Arifanti, V. B. (2023). Evaluation of Plant Growth and Potential of Carbon Storage in the Restored Mangrove of an Abandoned Pond in Lubuk Kertang, North Sumatra, Indonesia. *Forests*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/fl4010158>
- Araújo, R. J., & Shideler, G. S. (2019). An r package for computation of mangrove forest structural parameters using plot and plotless methods. *Madera y Bosques*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511696>
- Arifanti, V. B., Kauffman, J. B., Hadriyanto, D., Murdiyarso, D., & Diana, R. (2019). Carbon dynamics and land use carbon footprints in mangrove-converted aquaculture: The case of the Mahakam Delta, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 432(January 2018), 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.047>
- Arifanti, V. B., Novita, N., Subarno, & Tosiani, A. (2021). Mangrove deforestation and

- CO2emissions in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012006>
- Asiah-Z.A., S., Puna, S. H., Lestariningsih, W. A., & Rahman, I. (2024). Perbandingan Jumlah Cadangan Karbon Mangrove Aboveground dan Belowground di Gili Petagan, Sambelia, Lombok Timur. *Journal of Marine Research*, 13(2), 301–310. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.43504>
- Bachmid, F., Sondak, C., & Kusen, J. (2018). Estimasi penyerapan karbon hutan mangrove Bahowo Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 6(1), 8. <https://doi.org/10.35800/jplt.6.1.2018.19463>
- Badan Standarisasi Nasional, B. (2019). Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon- Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Berbasis Lahan (land-based carbon accounting). *Badan Standarisasi Nasional, SNI 7724:2*.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R. M., Rebelo, L. M., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A., Itoh, T., Shimada, M., & Finlayson, C. M. (2018). The global mangrove watch - A new 2010 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/rs10101669>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Conroy, B. M., Hamylton, S. M., Kelleway, J. J., Asbridge, E. F., Woodroffe, C. D., & Rogers, K. (2025). Mangrove Above-Ground Biomass and Production Are Related to Forest Age at Low Isles, Great Barrier Reef. *Ecology and Evolution*, 15(9). <https://doi.org/10.1002/ece3.72048>
- Diniyatushoaliha, A., Al Idrus, A., & Santoso, D. (2023). Carbon Content Potential of Mangrove Species in Gili Sulat, East Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), 392–400. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5275>
- Djamaluddin, R. (2019). Growth pattern in tropical mangrove trees of Bunaken National Park, North Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(6), 1713–1720. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200630>
- 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. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Eddy, S., Setiawan, A. A., Taufik, M., Oktavia, M., Utomo, B., & Milantara, N. (2023). Loss of carbon stock as an impact of anthropogenic activities in a protected mangrove forest. *Biodiversitas*, 24(12), 6493–6501. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241211>
- Elecho, F. E. E., Orbita, M. L. S., Lacuna, M. L. D. G., Guihawan, J. Q., & Orbita, R. R. (2024). Generating site-specific allometric equations for aboveground and belowground biomass of mangroves in Siargao Island, Surigao del Norte, Mindanao, Phillipines. *AACL Bioflux*, 17(1), 23–29.
- FAO. (2007). Mangroves of Africa 1980-2005: country reports. *Forest Resources Assessment Programme. Working Paper*, 149.
- Fachrul, M.F. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2019). The State of the World's Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44(August), 89–115. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302>
- Griffiths, L. N., Hernandez, E., Cuevas, E., & Mitsch, W. J. (2021). Above- and below-ground carbon storage of hydrologically altered mangrove wetlands in puerto rico

- after a hurricane. *Plants*, 10(9), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/plants10091965>
- Gusfi, M., Efriyeldi, E., & Mulyadi, A. (2025). Relationship Between Tree Diameter and Mangrove Vegetation Carbon Stock in Apar Village, Pariaman City, West Sumatra. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 6(1), 16–22.
<https://doi.org/10.31258/jocos.6.01.16-22>
- Harishma, K. M., Sandeep, S., & Sreekumar, V. B. (2020). Biomass and carbon stocks in mangrove ecosystems of Kerala, southwest coast of India. *Ecological Processes*, 9(1).
<https://doi.org/10.1186/s13717-020-00227-8>
- KAIRO, J. G., GITHAIGA, M. N., KOTUT, K., & KARIUKI, F. (2020). Structure and biomass accumulation of natural mangrove forest at Gazi Bay, Kenya. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 10(1).
<https://doi.org/10.13057/bonorowo/w100102>
- Kauffman, J.B &Donato, D. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*.
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128–137.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.006>
- Lee, Y. J., Lee, C. B., & Lee, M. K. (2023). Tree size variation induced by stand age mainly regulates aboveground biomass across three major stands of temperate forests in South Korea. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6(July), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1229661>
- Malabrigo, P. L., Galang, Marco, A., Urriza, R. C., Umali, A. G. A., Replan, E. L., Dida, J. J. V., Bermudo, R. A. Q., Tobias, A. B., & Boncodin, J. C. (2017). *Mangrove Forest Inventory and Estimation of Carbon Storage and Sedimentation in Pagbilao WAVES Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services WAVES Technical Report Mangrove Account. April*. www.wavespartnership.org
- Manan, A., Sudia, L. B., Hasani, U. O., Kete, S. C. R., Gandri, L., Yasin, A., Agusri, & Isabela. (2025). Diversity, carbon stock and economic value of the mangrove ecosystem in Wakatobi Biosphere Reserve, Indonesia. *Biodiversitas*, 26(3), 1095–1104.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d260308>
- Meng, Y., Bai, J., Gou, R., Cui, X., Feng, J., Dai, Z., Diao, X., Zhu, X., & Lin, G. (2021). Relationships between above- and below-ground carbon stocks in mangrove forests facilitate better estimation of total mangrove blue carbon. *Carbon Balance and Management*, 16(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1186/s13021-021-00172-9>
- Murdiyarso, D., Krisnawati, H., Adinugroho, W. C., & Sasmito, S. D. (2023). Deriving emission factors for mangrove blue carbon ecosystem in Indonesia. *Carbon Balance and Management*, 18(1).
<https://doi.org/10.1186/s13021-023-00233-1>
- NATSIR, N. A., HANIKE, Y., RIJAL, M., & BACHTIAR, S. (2020). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air, Sedimen Dan Organ Mangrove Di Perairan Tulehu. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(2), 149.
<https://doi.org/10.33477/bs.v8i2.1144>
- Pelckmans, I., Belliard, J. P., Gourgue, O., Dominguez-Granda, L. E., & Temmerman, S. (2024). Mangroves as nature-based mitigation for ENSO-driven compound flood risks in a large river delta. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28(6), 1463–1476.
<https://doi.org/10.5194/hess-28-1463-2024>
- Rahman, R., Tuahatu, J. W., & Tuhehay, C. (2024). Blue Carbon Potential of Mangrove Ecosystem on the Coast of Negeri Waai, Central Maluku Regency. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 18(1), 7–15.
<https://doi.org/10.22146/jik.v18i1.8814>
- Royna, M., Murdiyarso, D., Sasmito, S. D., Arriyadi, D., Rahajoe, J. S., Zahro, M. G., & Ardhani, T. S. P. (2024). Carbon stocks and effluxes in mangroves converted into aquaculture: a case study from Banten province, Indonesia. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12(February), 1–12.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2024.134053>

- 1
- Schaduw, J. N. W., Tallei, T. E., & Sumilat, D. A. (2024). Mangrove Health Index, Community Structure and Canopy Cover in Small Islands of Bunaken National Park, Indonesia: Insights into Dominant Mangrove Species and Overall Mangrove Condition. *Tropical Life Sciences Research*, 35(2), 187–210. <https://doi.org/10.21315/tlsr2024.35.2.9>
- Sutaryo, D. (2009). *PENGHITUNGAN BIOMASSA Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon*.
- Tharieq, M. A., Bambang, A. N., Wardhani, L. T. A. L., Redjeki, S., & Pribadi, R. (2023). Vegetation Analysis as Indicator of Mangrove Degradation Level in Keboromo Village, Tayu. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(2), 283–292. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i2.17575>
- Wahyudi, J., Rahmawati, S., Irawan, A., Wayan, I., & Dharmawan, E. (2018). *Potensi Cadangan Dan Serapan Karbon Ekosistem Mangrove Dan Padang Lamun Indonesia (Intisari bagi Pengambil Kebijakan) COREMAP-CTI Project View project Identification of potentially harmful microalgal species and eutrophication status update in Benoa Bay*, July. <https://www.researchgate.net/publication/326649366>
- Wang, X., Chen, X., Xu, J., Ji, Y., Du, X., & Gao, J. (2023). Precipitation Dominates the Allocation Strategy of Above- and Belowground Biomass in Plants on Macro Scales. *Plants*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/plants12152843>
- Wigneron, J.-P., & Ciais, P. (2023). *Role of forests in the planet ' s carbon balance*. 1–16. DOI:10.3389/frsen.2024.1338618
- Yaqin, N., Rizkiyah, M., Putra, E. A., Suryanti, S., & Febrianto, S. (2022). Estimasi Serapan Karbon pada Kawasan Mangrove Tapak di Desa Tugurejo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1), 19–29. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.38256>
- Yudha, R. P., Sugito, Y. S., Sillanpää, M., & Nurvianto, S. (2021). Impact of logging on the biodiversity and composition of flora and fauna in the mangrove forests of Bintuni Bay, West Papua, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 488(November 2020), 38. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119038>