

Original Research Paper

Estimation of Carbon Stock in Mangrove Seedling and Sediment in The Muara Gembong Area, Bekasi, West Java

Pahrurrozi^{1*}, Fitra Muazzasari¹, Eni Suyantri¹, Neza Okta Sania¹

¹Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, University of Mataram, Mataram, Indonesia

Sitasi : Pahrurrozi, Muazzasari, F., Suyantri, E., Sania, N. O.(2025). Estimation of Carbon Stock in Mangrove Seedling in The Muara Gembong Area, Bekasi, West Java. *Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism*, 1(1).

Article History

Received : February 7th, 2025

Revised : March 15th, 2025

Accepted: April 5th, 2025

Published: April 6th, 2025

*Corresponding Author:

Pahrurrozi,

Biology Education Study Program,
Faculty of Teacher Training and
Education, University of Mataram,
Mataram, Indonesia;

Email:pahrurrozi858@gmail.com

Abstract: Mangrove forests can reduce the amount of carbon in the air by absorbing some of the carbon dioxide through photosynthesis and storing it in the form of biomass and sediment. This study aims to determine the carbon stock of seedlings and sediment in the pond area that has been converted into an ecotourism location. The method of sampling seedlings is done by harvesting, while sediment uses a corer pipe on each transect. Analysis of seedling and sediment research data uses Loss on Ignition (LOI) with different oven volumes. The results of the study showed that carbon stocks were found in plot 1, namely seedlings of 0.34 tons/ha and sediment of 669.95 tons/ha. Meanwhile, the total estimated sediment carbon in all plots was 1.14 tons/ha and sediment of 1,781.68 tons/ha. This study concluded that high seedling carbon stocks were in line with sediment carbon as in plot 1. However, the results of the study showed that sediment stocks were higher than seedlings. Therefore, mangrove-based ecotourism management continues to be improved to maintain and optimize it as a carbon absorber and store.

Keywords: carbon mangrove; seedling; sediment.

Pendahuluan

Mangrove adalah ekosistem yang kaya karbon dan berkontribusi besar dalam mitigasi perubahan iklim secara global (Alongi, 2022; Taillardat et al., 2018; Zeng et al., 2021). Selain itu, mangrove juga memberikan sejumlah layanan dan fungsi ekologis seperti mencegah erosi, perlindungan pesisir, habitat spesies, daur ulang nutrisi, pemurnian air, pariwisata, rekreasi, dan budaya (Vinod et al., 2019). Lebih jauh lagi, mangrove menawarkan berbagai manfaat dalam keamanan pesisir dan ketahanan pangan (Choudhary et al., 2024). Namun, kondisi mangrove di Indonesia mengalami kerusakan kritis sekitar 5,9 juta ha dari total luas 8,6 juta hektare, mencakup 800.000 ha telah ditebang dan

dikonversi selama 30 tahun terakhir (Ilman et al., 2016). Oleh karena itu, pengelolaan mangrove secara berkelanjutan perlu dilakukan untuk meminimalisir kerusakan, menjaga stok karbon, dan jasa ekologis lainnya.

Mangrove memiliki kemampuan unik untuk menyimpan karbon biru dengan diserap dan disimpan oleh ekosistem pesisir seperti mangrove, padang lamun, dan rawa (Melati, 2021). Karbon biru ini berperan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan memperlambat perubahan iklim. Penelitian tentang kandungan karbon dalam berbagai komponen mangrove, baik vegetasi maupun sedimen, sangat penting untuk menentukan kontribusi mereka terhadap mitigasi perubahan iklim (Arifanti et al., 2022) Pendekatan yang

relevan adalah mengukur stok karbon pada fase pertumbuhan awal, yaitu bibit mangrove, dan pada sedimen tempat mereka tumbuh (Friess et al., 2020) Informasi ini dapat menjadi dasar untuk merancang kebijakan pengelolaan dan konservasi mangrove berbasis data (Pidgoen et al., 2014).

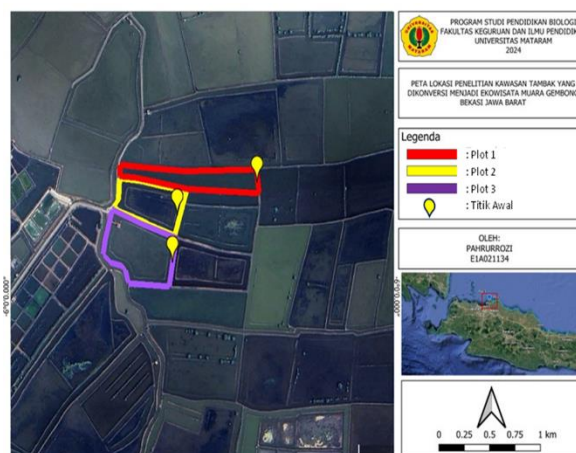
Kondisi ekosistem mangrove di Indonesia berada di bawah tekanan serius akibat aktivitas manusia yang tidak berkelanjutan (Jabbar et al., 2021; Koda et al., 2021). Menurut Ilman et al. (2016), sekitar 5,9 juta hektare hutan mangrove dari total luas 8,6 juta hektare di Indonesia telah mengalami degradasi, dengan setidaknya 800.000 hektare di antaranya telah ditebang dan dikonversi menjadi tambak, permukiman, serta berbagai infrastruktur pesisir selama tiga dekade terakhir. Kondisi ini telah menyebabkan penurunan kapasitas mangrove untuk memberikan jasa ekosistem, terutama dalam menyimpan karbon dan melindungi wilayah pesisir (Hasidu et al., 2021). Hilangnya tutupan vegetasi mangrove juga berdampak pada gangguan keseimbangan ekosistem dan penurunan kualitas lingkungan pesisir (Rahmawati et al., 2023). Untuk itu, diperlukan langkah-langkah strategis berbasis ilmiah untuk memulihkan dan mengelola mangrove secara berkelanjutan (Sapanli et al. 2023). Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengukur dan menganalisis cadangan karbon pada berbagai fase pertumbuhan mangrove sebagai dasar untuk membuat kebijakan restorasi dan konservasi (Sriwahyuni et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon yang terdapat pada semai mangrove dan sedimen di tambak Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. Wilayah ini merupakan salah satu daerah pesisir yang memiliki potensi mangrove cukup tinggi, namun juga mengalami tekanan lingkungan akibat aktivitas manusia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai potensi penyimpanan karbon di kawasan tersebut dan menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan perlindungan, rehabilitasi, dan pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Agustus hingga November 2024. Penelitian ini dilakukan di Kawasan Muara Gembong, Bekasi Jawa Barat yang terletak pada koordinat 5°58' S dan 107°03'E. Lokasi ini adalah hasil konversi lahan tambak yang telah direhabilitasi. Jenis semai mangrove yang ditanam untuk rehabilitasi adalah genus *Rhizophora* sp. yang berumur kurang lebih 2 tahun. Vegetasi mangrove yang ada tumbuh secara merata di sepanjang pesisir dan mulai menunjukkan adaptasi terhadap lingkungan sekitar. Kondisi tanah di lokasi ini didominasi oleh lumpur berpasir dengan kadar salinitas yang cukup stabil. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Kawasan Muara Gembong, Bekasi Jawa Barat

Desain penelitian

Desain penelitian deskriptif eksploratif. Pendekatan ini digunakan untuk mengeksplorasi dan memetakan potensi simpanan karbon yang tersimpan pada bibit mangrove serta sedimen di wilayah tersebut (Easteria et al., 2022). Penelitian ini tidak hanya menggambarkan jumlah atau estimasi cadangan karbon, tetapi juga menjelaskan kondisi ekologis, karakteristik habitat, dan faktor lingkungan yang memengaruhi akumulasi karbon. Penelitian ini memberikan gambaran awal yang penting mengenai peran ekosistem mangrove dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon di kawasan pesisir mangrove revegetasi di tambak Muara Gembong.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh komunitas semai *Rhizophora* sp. dan sedimen di area tambak hasil rehabilitasi yang berada di Ekowisata Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. Sampel penelitian terdiri dari semai mangrove dan substrat sedimen yang diambil dari tiga stasiun tambak yang dipilih berdasarkan kriteria lokasi yang merepresentasikan kondisi rehabilitasi yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan kuadran berukuran 10 meter × 10 meter untuk mengamati keberadaan dan kepadatan semai *Rhizophora* sp. secara sistematis. Setiap stasiun dilengkapi dengan satu transek dalam pengambilan sampel.

Pengambilan sampel semai mangrove dilakukan dengan metode destruktif melalui pemanenan sebanyak 6 semai pada setiap transek. Sedangkan pengambilan sampel sedimen menggunakan pipa corer berdiameter 3 inci dan panjang 1,5 meter di setiap transek. Proses ini dilakukan di setiap titik transek yang telah ditentukan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup furnace bersuhu 450°C, oven, pipa corer, roll meter, tali rafia, GPS, kamera, timbangan, tally sheet, dan alat tulis. Variabel penelitian terbagi menjadi dua, yaitu variabel semai dan sedimen. Variabel semai meliputi berat basah dan kering dari batang, akar, dan daun, sedangkan variabel sedimen terdiri dari berat basah dan kering berdasarkan kedalaman pengambilan. Semua variabel dianalisis di laboratorium dengan menggunakan peralatan yang sesuai, terutama oven untuk proses pengeringan sampel.

Prosedur penelitian

Sampel semai mangrove diambil menggunakan metode destruktif (pemanenan) dengan kriteria semai sehat, yaitu memiliki akar, batang, dan daun, serta tinggi kurang dari 150 cm (Mulyana et al., 2021). Sampel yang telah dipanen dibersihkan dan dipotong untuk memisahkan bagian daun, batang, dan akar. Setiap bagian ditimbang untuk mengetahui berat basah. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama kurang lebih lima hari hingga mencapai berat kering konstan. Setelah kering, sampel ditimbang kembali untuk memperoleh berat kering. Berat kering digunakan untuk menghitung biomassa dan

kandungan karbon semai mangrove sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (2019).

Perhitungan biomassa diawali dengan proses pengeringan sampel dari kondisi berat basah (Bbs) hingga mencapai berat konstan. Berat kering sampel (Bks) dari masing-masing bagian digunakan sebagai dasar analisis biomassa. Biomassa dan kandungan karbon dihitung menggunakan rumus total biomassa/bahan organik semai dan tumbuhan bawah (gram), serta kandungan karbon bahan organik semai dan tumbuhan bawah (gram).

Pengambilan sampel sedimen mangrove dilakukan pada 3 plot yang berukuran 10 x 10 m menggunakan alat *Corer* dengan diameter 3 inc dan panjang 1,5 m, sampel sedimen diambil pada tengah plot. Sampel sedimen yang telah diambil dibagi menjadi beberapa interval kedalaman, sampel 0–15 cm (sampel A), 15–30 cm (sampel B), 30–50 cm (sampel C), dan 50–100 cm (sampel D). Sampel sedimen yang akan diuji di laboratorium diambil sepanjang 10 cm dari masing-masing interval kedalaman (Irawati et al., 2023). Sampel sedimen yang telah diambil pada masing-masing interval kedalaman ditimbang untuk dicatat berat basah sampel. Sampel kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama kurang lebih 5 hari hingga sampel mencapai berat kering. Sampel sedimen kemudian digerus menggunakan mortar hingga halus dan ditimbang sebanyak 3 gram untuk dimasukkan ke dalam furnace selama 5 jam dengan suhu 450°C-550°C. Sampel didinginkan dan ditimbang untuk mengetahui nilai kandungan karbon organik yang hilang akibat pembakaran.

Analisis data penelitian

Analisis Karbon Semai

Analisis biomassa semai dilakukan dengan perhitungan total biomassa melalui berat kering, berat basah, dan berat basah total. Kandungan karbon semai dihitung menggunakan nilai %C sebesar 0,47 atau berdasarkan hasil analisis laboratorium. Kedua rumus tersebut digunakan untuk memperoleh nilai biomassa dan karbon organik secara kuantitatif.

Total Biomassa

$$Botb = \frac{Bks \times Bbt}{Bbs} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Bobt = total biomassa/ bahan organik tumbuhan bawah (kg).

Bks = berat kering contoh (kg).
 Bbt = berat basah total (kg).
 Bbs = berat basah contoh (kg).

Karbon Semai

$$Ctb = Botb \times \%C \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

Ctb = kandungan karbon bahan organik tumbuhan bawah (kg)
 Botb = total biomassa/bahan organik tumbuhan bawah (kg), dinyatakan dalam kilogram.
 %C = nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil analisis di laboratorium (kg).

Analisis Karbon Sedimen

Analisis kandungan karbon sedimen dilakukan dengan metode *Loss on Ignition* (LOI). Nilai %LOI yang diperoleh digunakan untuk menghitung kandungan karbon organik (%OC) berdasarkan hasil konversi. Selanjutnya, stok karbon organik sedimen dihitung menggunakan rumus SCO (g/cm²). Adapun rincian rumus untuk menganalisis karbon sedimen sebagai berikut:

Loss on Ignition (LOI)

$$\% LOI = \frac{(W_o - W_t)}{W_t} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

Wo = Berat sedimen sebelum pembakaran (kg)
 Wt = Berat sedimen setelah pembakaran (kg)

Data dari persamaan 3 sebagai inputan 4, untuk menghasilkan presentase organik karbonnya,

mengikuti konversi yang dilakukan oleh Ouyang dan Lee (2020).

$$\% OC = 0,21 \times \% LOI^{1,21} \dots\dots\dots(4)$$

Perhitungan sedimen organik karbon stok (menggunakan persamaan 3 dan konversinya persamaan 4) :

$$SCO (g/cm^2) = Botb \times \frac{\% OC}{100} \times SDI \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

SCO = stok karbon organik (kg/cm³).
 DBD = Dry Bulk Density (kg/cm³)
 %OC = kandungan Karbon Organik
 SDI = Soil Depth Interval (cm).

$$SCO (ton/ha) = 10^2 \times SCO (g/cm) \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

10² = Faktor Konversi (g/cm³) ke (ton/ha).
 SCO = stok karbon organik (g/cm³).

Hasil dan Pembahasan

Tinggi dan Diameter Semai Mangrove per Plot

Tabel 1 menyajikan data jumlah individu, tinggi, dan diameter batang semai mangrove pada tiga plot pengamatan. Parameter yang diamati meliputi tinggi dari pangkal ke ujung dan dari pangkal ke pucuk, serta diameter batang pada bagian pangkal. Jumlah individu semai mangrove yang ditemukan di suatu lokasi mencerminkan tingkat kepadatan populasi dan potensi regenerasi spesies tersebut. Semakin tinggi jumlah individu, semakin besar pula potensi biomassa yang dihasilkan, yang berbanding lurus dengan kemampuan penyimpanan karbon di lokasi tersebut (Hidayat et al., 2024).

Tabel 1. Tinggi dan Diameter Semai Mangrove per Plot

Plot	Jumlah Individu	Tinggi (cm)				Diameter Batang (cm)	
		Pangkal-Ujung		Pangkal-Pucuk		Mak.	Min.
		Mak.	Min.	Mak.	Min.		
I	35	48	34	150	90	11	9
II	35	67	32	124	45	8	6
III	25	47	15	92	27	6	5

Keterangan: Mak. :maksimal; Min. :minimal

Tabel 1 menyajikan data karakteristik semai mangrove pada tiga plot di lokasi penelitian. Data ini sangat penting sebagai dasar perhitungan biomassa dan estimasi cadangan karbon pada semai mangrove. Jumlah individu pada Plot I dan II sama, yaitu 35 individu, sedangkan Plot III lebih sedikit, yaitu 25 individu. Perbedaan jumlah ini dapat mempengaruhi total biomassa dan karbon yang tersimpan di masing-masing plot, karena semakin banyak individu, potensi akumulasi karbon juga meningkat. Plot I menunjukkan kisaran tinggi pangkal-pucuk tertinggi (90–162 cm), mengindikasikan pertumbuhan vertikal yang lebih baik dibandingkan dua plot lainnya. Tinggi semai yang lebih besar umumnya berkorelasi positif dengan akumulasi biomassa dan potensi simpanan karbon. Plot I memiliki diameter batang terbesar, yang mengindikasikan potensi biomassa dan karbon yang lebih tinggi dibandingkan Plot II dan III. Diameter batang yang lebih besar biasanya menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dan kapasitas penyimpanan karbon yang lebih besar. Tinggi rata-rata batang ke pucuk memberikan gambaran tentang laju pertumbuhan vegetatif semai. Jika semai memiliki tinggi pucuk sekitar 1,2 meter, hal ini menunjukkan fase pertumbuhan yang aktif dan kemampuan bersaing dengan vegetasi lain di sekitarnya. Namun, dalam penelitian ini, tinggi rata-rata batang ke pucuk hanya mencapai

49 cm, yang mengindikasikan bahwa semai berada dalam fase pertumbuhan yang kurang aktif. Pertumbuhan pucuk yang optimal akan meningkatkan jumlah daun, sehingga memperbesar laju fotosintesis dan akumulasi karbon dalam jaringan tanaman. Selain itu, diameter batang juga menjadi parameter penting karena memberikan informasi tentang kekokohan struktur dan umur tanaman. Rata-rata diameter batang sebesar 5 cm menunjukkan bahwa semai telah tumbuh cukup lama untuk mengembangkan sistem perakaran yang stabil dan efisien. Diameter batang yang lebih besar umumnya mencerminkan akumulasi biomassa yang lebih tinggi, yang secara langsung berkontribusi pada kapasitas penyimpanan karbon di dalam ekosistem mangrove.

Jumlah Daun dan Berat Organ Semai Mangrove

Tabel 2 menyajikan data jumlah daun dan selisih berat basah-kering organ semai mangrove pada tiga stasiun pengamatan. Parameter yang diamati meliputi jumlah daun serta perubahan biomassa pada daun, akar halus, akar tunjang, dan batang. Data ini digunakan untuk menganalisis kapasitas pertumbuhan vegetatif dan potensi penyimpanan karbon semai mangrove di masing-masing lokasi.

Tabel 2. Jumlah Daun dan Berat Organ Semai Mangrove

Stasiun	Jumlah Daun	Selisih Berat Basah dan Kering (Kg)			
		Daun	Akar Halus	Akar Tunjang	Batang
I	654	654	1.027,15	149,80	672,95
II	142	142	161,23	18,99	50,29
III	35	35	33,66	5,67	51,62

Jumlah daun pada semai mangrove mencerminkan kapasitas fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif, di mana semakin banyak daun, semakin besar potensi penyimpanan karbon. Kuantifikasi jumlah daun penting untuk memperkirakan produktivitas dan kapasitas penyimpanan dalam penyimpanan dan penyerapan karbon. pada plot 1 jumlah daun sebanyak 654 dengan berat daun 1.027 kg menunjukkan bahwa semai mangrove di lokasi

tersebut memiliki kapasitas penyerapan karbon yang cukup baik dan aktivitas pertumbuhan vegetatif yang signifikan. Jumlah daun yang tinggi menunjukkan bahwa tanaman memiliki kemampuan untuk fotosintesis secara efisien. Sedangkan pada plot 3 dengan jumlah daun sebanyak 35 dan berat 0,33 kg menunjukkan bahwa semai mangrove memiliki kapasitas penyerapan karbon yang kurang baik dan aktivitas pertumbuhan vegetative yang kurang

signifikan. Selisih berat akar halus penting untuk memahami kontribusi akar terhadap input karbon ke tanah melalui dekomposisi, sementara selisih berat akar tunjang menunjukkan perubahan biomassa akar utama yang berfungsi sebagai penyimpan karbon jangka panjang. Selisih berat batang mencerminkan perubahan biomassa batang yang berperan dalam penyimpanan karbon jangka menengah hingga panjang. Secara keseluruhan, analisis jumlah daun dan perubahan berat biomassa pada daun, akar halus, akar tunjang, dan batang memberikan gambaran lengkap tentang dinamika pertumbuhan dan penyimpanan karbon pada semai mangrove, yang penting untuk estimasi stok karbon dan mendukung strategi konservasi serta pemanfaatan berkelanjutan ekosistem mangrove dalam mitigasi perubahan iklim.

Total Biomassa dan Karbon Semai

Biomassa semai dihitung berdasarkan berat kering total semai mangrove, sementara kandungan karbon dihitung dari hasil analisis biomassa tersebut. Total kandungan karbon per hektar memberikan gambaran mengenai kapasitas penyimpanan karbon yang dimiliki oleh ekosistem mangrove di masing-masing plot. Semakin besar biomassa dan kandungan karbon, semakin tinggi potensi ekosistem tersebut dalam mendukung mitigasi perubahan iklim. Tabel 3 menyajikan data biomassa semai mangrove, kandungan karbon semai, dan estimasi kandungan karbon per hektar pada tiga plot pengamatan

Tabel 3. Total Biomassa dan Karbon Semai

Plot	Biomassa semai (kg)	Karbon Semai (kg)	Karbon Semai (ton/ha)
I	74,39	34,96	0,35
II	11,49	5,40	0,54
III	5,51	2,59	0,25
Total	91,39	42,95	1,14

Berdasarkan data yang diperoleh pada tiga plot penelitian, terlihat perbedaan signifikan dalam total biomassa dan kandungan karbon semai mangrove di masing-masing lokasi. Plot I memiliki total biomassa tertinggi sebesar 74,39 kg dengan kandungan karbon semai mencapai 34,96 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi di Plot I sangat mendukung pertumbuhan semai mangrove, menghasilkan akumulasi biomassa yang besar dan kemampuan penyimpanan karbon yang optimal. Sementara itu, Plot II menunjukkan total biomassa sebanyak 11,49 kg dan kandungan karbon semai sebesar 5,40 kg, yang secara substansial lebih rendah dibandingkan Plot I. Penurunan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor lingkungan atau kondisi pertumbuhan yang kurang ideal, seperti perbedaan jenis tanah, tingkat salinitas, atau gangguan ekologis.

Plot III memiliki nilai total biomassa terendah, yakni 5,51 kg dengan kandungan karbon semai sebesar 2,59 kg. Data ini mencerminkan bahwa pertumbuhan semai

mangrove di lokasi ini lebih terbatas, sehingga kapasitas penyimpanan karbonnya juga relatif kecil. Secara keseluruhan, total biomassa dari ketiga plot mencapai 91,39 kg dengan kandungan karbon semai sejumlah 42,95 kg. Perbedaan nilai biomassa dan karbon antar plot mengindikasikan variabilitas kondisi lingkungan dan potensi penyimpanan karbon dalam ekosistem mangrove yang perlu diperhatikan. Analisis lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan tersebut sangat penting untuk pengelolaan dan konservasi mangrove yang efektif sebagai upaya mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon yang berkelanjutan.

Interval Kedalaman Substrat

Interval kedalaman dibagi menjadi empat lapisan, yaitu 0–15 cm, 15–30 cm, 30–50 cm, dan 50–83,5 cm, untuk menggambarkan distribusi biomassa organik di dalam tanah. Berat basah dan kering substrat digunakan untuk

menghitung kadar air dan potensi kandungan bahan organik yang berperan dalam penyimpanan karbon tanah. Data ini penting untuk memahami kontribusi lapisan tanah

terhadap cadangan karbon ekosistem mangrove secara keseluruhan. Berat basah dan berat kering substrat pada berbagai interval kedalaman di tiga plot pengamatan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Interval Kedalaman Substrat

Plot	Interval Kedalaman Substrat									
	A (0-15) cm		B (15-30) cm		C (30-50) cm		D (50-83,5) cm		Total	
	Basah (kg)	Kering (kg)	Basah (kg)	Kering (kg)	Basah (kg)	Kering (kg)	Basah (kg)	Kering (kg)	Basah (kg)	Kering (kg)
I	1,44	0,91	1,26	0,74	1,75	1,10	1,49	0,84	5,93	3,60
II	0,91	0,44	1,06	0,45	1,52	0,70	1,06	0,64	4,55	2,23
III	1,31	0,77	1,21	0,67	1,55	0,81	1,34	0,62	5,42	2,87

Data yang diperoleh dari analisis kedalaman substrat pada tiga plot menunjukkan variasi signifikan dalam berat substrat basah dan kering pada interval kedalaman yang berbeda. Variasi ini memberikan wawasan penting mengenai kondisi lingkungan dan potensi pertumbuhan semai mangrove. Menurut Alongi (2012), substrat mangrove yang lebih basah dan kaya bahan organik berpotensi menyimpan karbon lebih besar karena dekomposisi bahan organik berlangsung lebih lambat pada kondisi anaerob di bawah permukaan tanah, memungkinkan akumulasi karbon organik dalam jangka panjang. Pada Plot I, total berat substrat basah mencapai 5,93 kg dan berat kering sebesar 3,60 kg. Distribusi berat substrat menunjukkan bahwa interval kedalaman A (0–15 cm) memiliki berat tertinggi, yaitu 1,44 kg, disusul interval D (50–83,5 cm) dengan 1,49 kg. Data ini menunjukkan bahwa lapisan atas substrat di Plot I memiliki kelembapan yang baik, yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan akar semai mangrove. Ketersediaan air yang cukup di lapisan atas dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan mendukung proses fotosintesis. Selain itu, kadar air dan berat kering substrat sangat berpengaruh terhadap kapasitas penyimpanan karbon di tanah mangrove, karena substrat yang memiliki kadar air tinggi cenderung mengandung bahan organik dan karbon yang lebih tinggi (Donato et al., 2011).

Plot II menunjukkan total berat substrat basah sebesar 4,55 kg dan berat kering sebesar 2,23 kg. Meskipun total berat substrat basahnya lebih rendah dibandingkan Plot I, interval kedalaman A (0–15 cm) masih menunjukkan

kontribusi yang signifikan sebesar 0,91 kg. Namun, penurunan berat kering di semua interval mengindikasikan bahwa kondisi di Plot II mungkin kurang optimal untuk pertumbuhan semai mangrove, kemungkinan disebabkan oleh salinitas yang lebih tinggi atau rendahnya ketersediaan nutrisi. Sementara itu, Plot III mencatat total berat substrat basah sebesar 5,42 kg dan berat kering sebesar 2,87 kg. Meskipun nilai total berat substrat basah lebih tinggi daripada Plot II, distribusi berat kering menunjukkan bahwa interval kedalaman A dan B memberikan kontribusi terbesar, masing-masing sebesar 1,31 kg dan 1,21 kg. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat kelembapan yang cukup, potensi penyimpanan nutrisi di Plot III belum seoptimal di Plot I. Secara keseluruhan, analisis berat substrat basah dan kering dari ketiga plot memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan semai mangrove. Kelembapan yang baik di lapisan atas substrat sangat penting dalam mendukung pertumbuhan akar dan proses fotosintesis, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap akumulasi biomassa dan penyimpanan karbon.

Presentase Karbon Organik Sedimen

Tabel 5 menyajikan data kandungan bahan organik tanah (%LOI), kandungan karbon organik (%OC), serta estimasi stok karbon organik tanah (SCO) dalam satuan kg/cm² dan ton/ha pada tiga transek pengamatan. Kandungan LOI dan OC merupakan indikator penting dalam menilai potensi tanah mangrove sebagai

penyimpan karbon. Nilai SCO mencerminkan kapasitas ekosistem mangrove dalam

menyimpan karbon di bawah permukaan tanah, yang berperan penting dalam mitigasi iklim.

Tabel 5. Presentase Karbon Organik Sedimen

Transek	% LOI	%OC	SCO (kg/cm ²)	SCO (ton/ha)
I	2,86	13,39	6,69	669,95
II	2,54	10,32	5,01	501,78
III	2,73	11,84	6,09	609,95
Total	8,13	35,55	17,79	1.781,68

Hasil analisis pada Tabel 5 menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan pada kandungan karbon organik sedimen pada tiga transek yang diamati. Nilai % LOI (Loss on Ignition) dan % OC (Organic Carbon) tertinggi ditemukan pada Transek I, masing-masing sebesar 2,86 dan 13,39. Transek ini juga memiliki stok karbon organik (SCO) terbesar, yaitu 6,69 g/cm² atau setara dengan 669,95 ton/ha. Hal ini mengindikasikan bahwa Transek I memiliki tingkat akumulasi bahan organik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dua transek lainnya. Donato et al. (2011) menyatakan bahwa kandungan karbon organik yang tinggi pada sedimen mangrove berkaitan erat dengan akumulasi serasah, akar, dan sisa-sisa organisme yang terdekomposisi secara lambat akibat kondisi anaerob di bawah permukaan tanah. Hal ini menjadikan ekosistem mangrove sebagai salah satu penyimpan karbon paling efisien di antara ekosistem pesisir lainnya.

Pada Transek II, terjadi penurunan yang cukup drastis dengan nilai % LOI sebesar 2,54, % OC sebesar 10,32, dan SCO sebesar 5,01 g/cm² atau setara dengan 501,78 ton/ha. Sementara itu, Transek III menunjukkan nilai lebih besar dari Transek II dengan % LOI sebesar 2,73, % OC sebesar 11,84, dan SCO sebesar 6,09 g/cm² atau setara dengan 609,95 ton/ha. Penelitian oleh Kauffman et al. (2011) menyebutkan bahwa stok karbon sedimen mangrove sangat bervariasi, tergantung pada kepadatan vegetasi, umur tegakan, dan kondisi hidrologi. Nilai SCO yang tinggi pada Transek I kemungkinan besar dipengaruhi oleh vegetasi mangrove yang lebih rapat dan kondisi lingkungan yang mendukung akumulasi bahan organik. Perbedaan karbon antar transek ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan bahan organik, tingkat dekomposisi,

serta kondisi lingkungan seperti kerapatan vegetasi dan aktivitas antropogenik. Transek I yang memiliki nilai tertinggi kemungkinan berada pada area dengan input bahan organik yang tinggi dan proses dekomposisi yang lebih lambat, sehingga karbon organik dapat terakumulasi lebih banyak dalam sedimen. Hasil ini memberikan gambaran bahwa distribusi karbon organik dalam sedimen sangat dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing transek. Upaya konservasi dan pengelolaan yang tepat pada area dengan kandungan karbon tinggi dapat berkontribusi signifikan terhadap penyimpanan karbon jangka panjang di lingkungan pesisir.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa stok karbon terdapat pada plot 1 yaitu semai sebesar 0,34 ton/ha dan sedimen sebesar 669,95 ton/ha. Sementara itu, total estimasi karbon sedimen pada seluruh plot sebesar 1,14 ton/ha dan sedimen sebesar 1.781,68 ton/ha. Penelitian ini menyimpulkan bahwa stok karbon semai yang tinggi sejalan dengan karbon sedimen seperti di plot 1. Namun, hasil penelitian menunjukkan stok sedimen lebih tinggi dari pada semai. Oleh karena itu, pengelolaan ekowisata berbasis mangrove terus ditingkatkan untuk menjaga dan mengoptimalkan perannya sebagai penyerap dan penyimpan karbon.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing, Program Studi Pendidikan Biologi, dan Badan Riset dan Inovasi Nasional

(BRIN) Ancol, untuk bimbingan dan pengalaman selama pelaksanaan kegiatan magang. Selanjutnya, ucapan terima kasih kepada pengelola Ekowisata Mangrove Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat karena telah memberikan izin melaksanakan penelitian hingga selesai.

Referensi

- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, 3(3), 313-322. DOI: <https://DOI.org/10.4155/cmt.12.20>
- Arifanti, V. B., Kauffman, J. B., Subarno, Ilman, M., Tosiani, A., & Novita, N. (2022). Contributions of mangrove conservation and restoration to climate change mitigation in Indonesia. *Global Change Biology*, 28(15), 4523-4538. DOI: <https://DOI.org/10.1111/gcb.16216>
- Choudhary, B., Dhar, V., & Pawase, A. S. (2024). Blue carbon and the role of mangroves in carbon sequestration: Its mechanisms, estimation, human impacts and conservation strategies for economic incentives. *Journal of Sea Research*, 199, 102504. DOI: <https://DOI.org/10.1016/j.seares.2024.102504>
- Diop, B., Sanz, N., Blanchard, F., Walcker, R., & Gardel, A. (2019). The role of mangrove in the French Guiana shrimp fishery. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8(2), 147-158. DOI: <https://hal.univ-antilles.fr/hal-01383024v2>
- 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. DOI: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/ngeo1123>
- Friess, D. A., Krauss, K. W., Taillardat, P., Adame, M. F., Yando, E. S., Cameron, C., ... & Sillanpää, M. (2020). Mangrove blue carbon in the face of deforestation, climate change, and restoration. *Annual Plant Reviews*, 3(10.1002), 9781119312994. DOI: <http://dx.DOI.org/10.1002/9781119312994.apr0752>
- Grace Easteria, Imran, Z., & Yulianto, G. (2022). Carbon stock estimation of rehabilitated mangrove in Harapan and Kelapa Island, Seribu Island National Park, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2), 217-226. <https://DOI.org/10.29244/jitkt.v14i2.39861>
- Hasidu, L. O. A. F., Ibrahim, A., Prasetya, A., Maharani, M., Asni, A., Agusriyadin, A., Mubarak, A. A., Kamur, S., & Kharisma, G. N. (2023). Analisis vegetasi, estimasi biomassa dan stok karbon ekosistem mangrove pesisir Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka. *Jurnal Sains dan Inovasi Pembangunan Indonesia (JSIPI)*, 5(2). DOI: 123-136. <https://DOI.org/10.33772/jsipi.v5i2.9371>
- Hidayat, X. Z. A., Santoso, D., & Syukur, A. (2024). Community Structure and Carbon Content of Mangrove Forest In The Bagek Kembar, Sekotong West Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 880-893. DOI: <http://dx.DOI.org/10.29303/jbt.v24i1.6748>
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emissions Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrasses.
- Ilman, M., Dargusch, P., Dart, P., Onrizal, O., 2016. A historical analysis of the drivers of loss and degradation of Indonesia's mangroves. *J. Land Use Policy* 54, 448-459. DOI: <https://DOI.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.010>.
- Jabbar, A., Nusantara, R. W., & Akbar, A. A. (2021). Valuasi Ekonomi Ekosistem Mangrove Berbasis Ekowisata pada Hutan Desa di Kecamatan Batu Ampar Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 140-152.

- <https://DOI.org/10.14710/jil.19.1.140-152>
- Koda, S. H. A. (2021). Analisis ekologis mangrove dan dampak perilaku masyarakat terhadap ekosistem mangrove di pesisir Pantai Kokar, Kabupaten Alor Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(1), 1-7. DOI: <https://DOI.org/10.56064/jps.v23i1.602>
- Kauffman, J. B., Heider, C., Cole, T. G., Dwire, K. A., & Donato, D. C. (2011). Ecosystem carbon stocks of Micronesian mangrove forests. *Wetlands*, 31, 343-352.
- Malik, A., Rahim, A., Jalil, A. R., Amir, M. F., Arif, D. S., Rizal, M., ... & Jihad, N. (2023). Mangrove blue carbon stocks estimation in South Sulawesi Indonesia. *Continental Shelf Research*, 269, 105139. DOI: <https://DOI.org/10.1016/j.csr.2023.105139>
- Melati, D. N. (2021). Mangrove Ecosystem and Climate Change Mitigation: A Literature Review. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 16(1), 1-8. DOI: <https://DOI.org/10.29122/jstmb.v16i1.4979>
- Pidgeon, E., Howard, J., & Nunez, M. E. (2014). D. Blue Carbon: An Opportunity for Coastal Conservation in the Philippines. *State of the Mangrove Summit*, 1(1), 73-77. DOI: <https://DOI.org/10.13185/SM2014.00120>
- Rahmawati, D., Sutikno, M. A. F., & Wulandari, H. U. (2023). Penanaman Mangrove Kawasan Pesisir Mangunharjo Bentuk Pelestarian Ekosistem Sebagai Upaya Penyelamatan Generasi. *Jurnal Dharma Indonesia*, 1(1), 13-19. DOI: <https://DOI.org/10.15294/jdi.v1i1.68445>
- Sapanli, K., Kusumastanto, T., Falatehan, A. F., Akhiranti, I., Mardiyani, Y., Indah, M. N., & Putra, A. H. (2023). Strategi Konservasi Mangrove di Pulau Bangka melalui Perdagangan Jasa Karbon. *Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika*, 5(3), 673-677. DOI: <https://DOI.org/10.29244/agro-maritim.0503.673-677>
- Sriwahyuni, E., Yulianda, F., & Widigdo, B. (2022). Mangrove ecosystem suitability for conservation in buffer zone TPK Kendawangan, West Kalimantan. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 6(1), 1-10. DOI: <https://DOI.org/10.29244/jpft.v6i1.39267>
- Taillardat, P., Friess, D. A., & Lupascu, M. (2018). Mangrove blue carbon strategies for climate change mitigation are most effective at the national scale. *Biology Letters*, 14(10), 20180251. DOI: <https://DOI.org/10.1098/rsbl.2018.0251>
- Vinod, K., Asokan, P. K., Zacharia, P. U., Ansar, C. P., Vijayan, G., Anasukoya, A., ... & Nikhiljith, M. (2019). Assessment of biomass and carbon stocks in mangroves of Thalassery estuarine wetland of Kerala, south west coast of India. *Journal of Coastal Research*, 86(SI), 209-217. DOI: <https://DOI.org/10.2112/SI86-031.1>
- Zeng, Y., Friess, D. A., Sarira, T. V., Siman, K., & Koh, L. P. (2021). Global potential and limits of mangrove blue carbon for climate change mitigation. *Current Biology*, 31(8), 1737-1743. DOI : <https://DOI.org/10.1016/j.cub.2021.01.070>