

Sediment Organic Carbon Stock at the Muara Gembong Mangrove Area of Bekasi, West Jawa

Fitra Muazzasari¹, Lalu Japa^{1*}, Eni Suyantri¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : January 04th, 2025

Revised : January 23th, 2025

Accepted : February 14th, 2025

*Corresponding Author:

Lalu Japa,

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia; Email: japa@unram.ac.id

Abstract: Mangrove ecosystems have a crucial role in absorbing and storing carbon, which contributes to controlling greenhouse gas emissions, especially carbon dioxide (CO₂) as the largest contributor to greenhouse gases. This research aims to measure sediment organic carbon stocks (SOCS) in the Muara Gembong mangrove area, Bekasi, West Jawa. Sediment samples were taken by purposive sampling from three locations with different mangrove characteristics, namely Station 1, Station 2 and Station 3. Samples were analyzed using the Loss on Ignition (LOI) method to determine the organic carbon content in the sediment. The research results showed that the highest carbon stock 669.95 tonnes/ha was found at Station 1, while the lowest carbon stock 2 501.78 tonnes/ha was at Station. In general, organic carbon content increases in deeper sediment layers. The dominant sediment texture is silty and silty loam, which supports carbon storage capacity. This research highlights the importance of preserving mangrove ecosystems as an effort to mitigate climate change through optimizing carbon storage in mangrove sediments.

Keywords: Climate change mitigation, loss on ignition, mangrove, muara gembong bekasi, organic carbon stock sedimen.

Pendahuluan

Perubahan iklim global merupakan perubahan pola iklim secara global maupun regional yang tampak mulai pertengahan hingga akhir abad 20 (Ainurrohmah & Sudarti, 2022). Faktor utama perubahan iklim disebabkan oleh pemanasan global. Aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas, menghasilkan emisi gas rumah kaca. Gas-gas ini berperan seperti lapisan yang menyelimuti bumi, menangkap panas matahari, dan meningkatkan suhu (Abdilllah *et al.*, 2024). Karbon dioksida (CO₂) merupakan gas rumah kaca dengan konsentrasi tertinggi di atmosfer. Berdasarkan data IPCC (2007), pada tahun 2004 emisi CO₂ berkontribusi sebesar 76,7% terhadap total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas manusia, sementara emisi metana (CH₄) menyumbang sekitar 14,3% (Wahyudi, 2016). Melalui fotosintesis, karbon dioksida diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa (Arfina *et al.*, 2020). Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem

pesisir yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan karbon dari atmosfer sehingga dapat berperan dalam upaya mitigasi pemanasan global.

Hutan mangrove memiliki kemampuan menyimpan karbon lebih dari tiga kali lipat dibandingkan dengan rata-rata hutan tropis daratan. Fungsi optimal dalam menyerap karbon oleh mangrove mencapai 77,9%, dimana karbon terserap akan disimpan dalam bentuk biomassa yang terdapat pada beberapa bagian pohon seperti batang, daun, dan sedimen (Apriliana *et al.*, 2016). Dibandingkan dengan penyimpanan karbon pada jaringan tubuh hutan mangrove, simpanan karbon tertinggi terdapat pada sedimen. Sedimen berperan sebagai media tumbuh dan tempat berbagai komponen termasuk karbon tersimpan dan terakumulasi. Kemampuan sedimen dalam menyimpan karbon di ekosistem pesisir diperkirakan di atas 50% (Tahir *et al.*, 2023). Ekosistem mangrove mengandung cadangan karbon yang substansial karena jumlah bahan organik *autochthonous* dan *allochthonous* yang signifikan dalam sedimen dan kondisi

anoksik yang memperlambat proses dekomposisi, jika dibandingkan dengan hutan daratan, ekosistem mangrove merupakan salah satu penyerap karbon yang paling efektif karena faktor-faktor tersebut (Putri *et al.*, 2024).

Pengelolaan dan rehabilitasi kawasan pesisir, seperti yang dilakukan di Muara Gembong, menjadi upaya strategis dalam memaksimalkan peran mangrove untuk penyerapan karbon dan perlindungan lingkungan. Desa Pantai Bakti merupakan salah satu dari enam desa yang termasuk dalam Kecamatan Muara Gembong. Abrasi berpotensi tinggi merusak lahan di desa ini. Pantai Muara Bungin di Desa Pantai Bakti merupakan salah satu dari sekian banyak proyek penanaman mangrove yang kerap dilakukan di daerah ini karena rawan abrasi (Maulani *et al.*, 2021). Air laut masuk ke daratan dikarenakan tidak adanya pembatas yang memadai akibat hilangnya *green belt* mangrove di wilayah pesisir. Wilayah desa ini dulunya merupakan tambak yang produktif tempat udang, bandeng, dan komoditas lainnya dibudidayakan. Namun akibat abrasi, lahan terkikis, permukaan air naik, dan pepohonan semakin sedikit. Abrasi yang diakibatkan oleh perubahan iklim telah menggerus hampir 2.500 hektare lahan di dua desa, Desa Pantai Bakti dan Desa Pantai Bahagia.

Sebagai upaya mitigasi, kawasan tambak tersebut dikonversi menjadi area rehabilitasi mangrove seluas 10 hektare yang berlokasi di Desa Pantai Bakti, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Proses konservasi ini dimulai pada 25 Januari 2023 dan masih berlangsung hingga saat ini. Selain berfungsi sebagai *green belt* untuk melindungi wilayah dari abrasi, mangrove juga memiliki kapasitas penyerapan karbon yang lebih efisien dibandingkan dengan hutan daratan. Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam mengenai potensi stok karbon mangrove di setiap wilayahnya. Penelitian terkait stok karbon sedimen di kawasan mangrove Muara Gembong, Jawa Barat, sangat diperlukan mengingat pentingnya peran mangrove dalam mitigasi perubahan iklim.

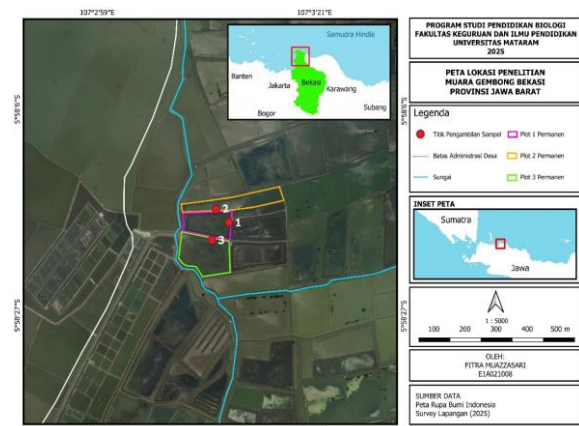
Bahan dan Metode

Penelitian berlangsung pada bulan Oktober hingga Desember 2024, di kawasan ekosistem mangrove Pantai Bakti, Muara

Gembong, Bekasi, Jawa Barat (5°58'18.4"S 107°03'07.4"E). Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* (Gambar 1). Metode *purposive sampling* dipilih untuk memastikan bahwa sampel mewakili variasi kondisi ekosistem mangrove di lokasi penelitian, sehingga hasilnya dapat menggambarkan karakteristik sedimen mangrove pada masing-masing kondisi. Sampel yang di ambil berupa sedimen pada kawasan mangrove dari tiga lokasi yang berbeda di Pantai Bakti, Muara Gembong. Pemilihan ketiga titik lokasi didasarkan pada kriteria sebagai berikut: 1). Lokasi pertama berada di area dengan mangrove yang tumbuh subur. 2). Lokasi kedua berada di dekat saluran masuk air untuk tambak. 3). Lokasi ketiga merupakan area dengan kondisi mangrove yang kurang subur dan direncanakan akan diubah menjadi kolam pemancingan (Tabel 1).

Tabel 1. Lokasi Pengambilan Sampel

No	Lokasi	Longitude	Latitude
1.	Plot Permanen 1	5°58'17.5"S	107°03'12.3"E
2.	Plot Permanen 2	5°58'16.2"S	107°03'11.0"E
3.	Plot Permanen 3	5°58'19.2"S	107°03'10.5"E



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

Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan corer dengan panjang 100 cm dan diameter 7 cm, dimasukkan tegak lurus ke dalam sedimen. Setelah mencapai kedalaman 100 cm, corer ditarik keluar. Sampel sedimen kemudian diukur dan dibagi ke dalam beberapa interval di tiga lokasi pengambilan sampel: 0–15 cm, 15–30

cm, 30–50 cm, dan 50–100 cm. Sampel kemudian disimpan dalam plastik untuk analisis lebih lanjut.

Sampel yang telah dipisahkan sebelumnya kemudian ditimbang, untuk menentukan berat basahanya. Sampel sedimen kemudian dikeringkan selama dua minggu pada suhu 60°C dalam oven hingga kering dan stabil. Sampel kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui berat keringnya dan digerus hingga halus. Tiga gram sampel yang digerus kemudian dimasukkan ke dalam furnace yang diatur pada suhu 550°C selama delapan jam. Setelah proses tersebut, kandungan karbon organik dihitung menggunakan metode Loss on Ignition. (LoI) (Howard, 2014) dengan persamaan 1: Loss on Ignition (LoI) persamaan 1:

$$\%LOI = \frac{(W_o - W_t)}{W_t} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan: W_o merupakan berat sedimen sebelum pembakaran, sedangkan W_t adalah berat sedimen setelah pembakaran. Data dari Persamaan 1 digunakan sebagai input pada Persamaan 2 untuk menentukan persentase karbon organik, dengan mengikuti konversi yang dikembangkan oleh Kauffman dan Donato (2012).

$$\%OC = 0,415 \times \%LOI + 2,8857 \quad (2)$$

Perhitungan Sediment-Organic Carbon Stock (SOCS) menggunakan persamaan 3

$$SCO \text{ (g/cm}^2\text{)} = DBD \times SDI \times \%OC \quad (3)$$

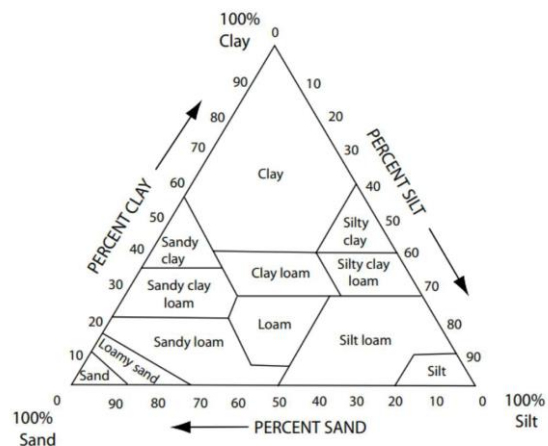
Keterangan: SCO merupakan stok karbon organik (g/cm³), DBD adalah kerapatan massa kering tanah (g/cm³), %OC mengacu pada kandungan karbon organik, dan SDI menunjukkan interval kedalaman tanah (cm).

Analisis ukuran butir sedimen dilakukan untuk menentukan jenis sedimen di wilayah perairan ekosistem mangrove. Klasifikasi ukuran butir sedimen merujuk pada sistem klasifikasi ukuran tanah yang dikembangkan oleh United States Department of Agriculture (USDA) serta segitiga tekstur tanah USDA (Boyd et al., 2002), sebagaimana disajikan pada (Tabel 2) dan (Gambar 2). Analisis ukuran butir sedimen

dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer*, yaitu perangkat yang digunakan untuk mengukur ukuran nanopartikel dalam sampel. Alat ini menghasilkan data berupa klasifikasi sedimen serta informasi mengenai tekstur sedimen. (Putri et al., 2024).

Tabel 2. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen Berdasarkan USD

No.	Klasifikasi Fraksi Sedimen	Ukuran Butir USD (mm)
1.	Krikil	>2
2.	Pasir Sangat Kasar	1-2
3.	Pasir Kasar	0,5-1
4.	Pasir Sedang	0,25-0,5
5.	Pasir Halus	0,1-0,25
6.	Pasir Sangat Halus	0,05-0,1



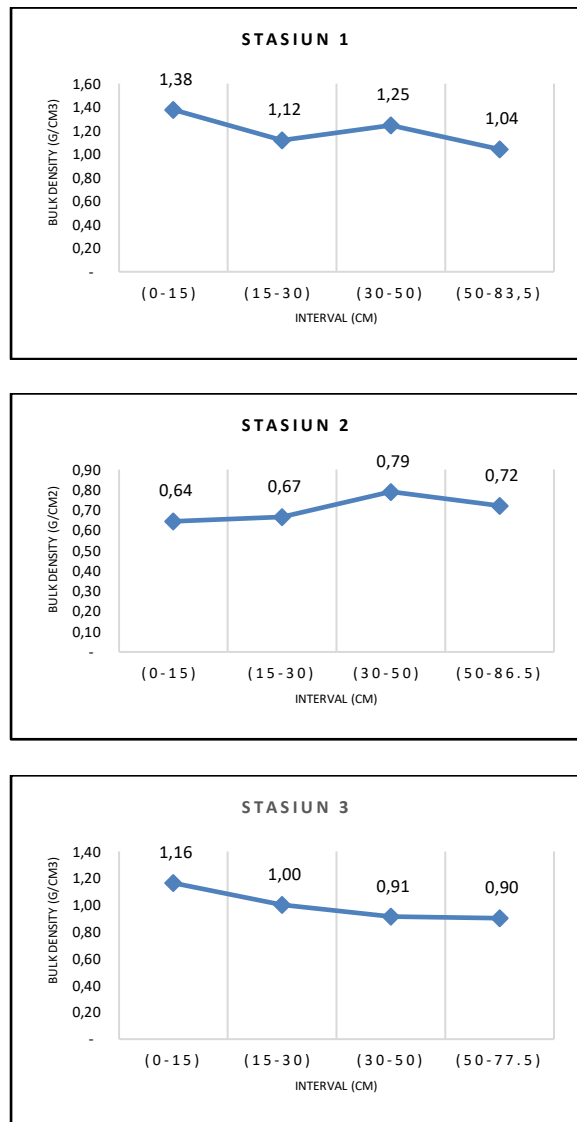
Gambar 2. Segitiga Tanah USD

Hasil dan Pembahasan

Dry Bulk Density

Kerapatan massa tanah (*bulk density*) adalah rasio antara berat tanah kering dan volume tanah. Volume tanah mencakup kepadatan tanah beserta pori-porinya. Tanah yang lebih padat memiliki nilai kerapatan massa yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah sejenis yang memiliki kepadatan lebih rendah (Anti et al., 2023). Nilai *bulk density* meningkat seiring dengan kepadatan tanah, yang mengindikasikan bahwa air dan akar tanaman semakin sulit menembus tanah (Susilawati et al., 2022). Nilai rata-rata (*bulk density*) bervariasi di setiap stasiun, berkisar antara 0,71 hingga 1,20 g/cm³ (Gambar 3). Terdapat variasi pada setiap kedalaman, tetapi tidak terlalu terlihat. Hasil

penelitian di ketiga stasiun menunjukkan, nilai (*bulk density*) cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kedalaman.



Gambar 3. Grafik *Dry Bulk Density* pada Setiap Kedalaman di Setiap Stasiun

Penurunan ini dapat terjadi karena pengaruh kandungan bahan organik yang terdapat dalam sedimen, sejalan dengan temuan Oteng *et. al* (2010) mengenai *dry bulk density*, *bulk density* dipengaruhi oleh tekstur, struktur, dan kandungan bahan organik dalam tanah. Nilai *bulk density* dapat mengalami perubahan dengan cepat akibat pengolahan tanah dan praktik budidaya. Kandungan bahan organik merupakan salah satu penentu utama *bulk density*; tanah dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi biasanya memiliki *bulk density* yang lebih

rendah, dan sebaliknya. Selain itu, tekstur, kadar air, dan kandungan mineral tanah berdampak pada kerapatan massa tanah (*bulk density*).

Kandungan karbon pada setiap interval sedimen menunjukkan variasi nilai di masing-masing stasiun. Rata-rata kandungan karbon pada interval sedimen di kawasan mangrove Muara Gembong cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman lapisan sedimen. Hasil uji F (Tabel 3) mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antara interval kedalaman sedimen terhadap stok karbon organik dalam sedimen (SOC-S) sedimen ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa kedalaman sedimen mempengaruhi distribusi karbon organik secara nyata.

Lapisan terdalam pada stasiun 1 dengan kedalaman 50-83,5 cm memiliki kandungan karbon organik sebesar 266,55 ton/ha, kemudian stasiun 3 pada kedalaman 50-77,5 memiliki kandungan karbon organik sebesar 246,52 ton/ha. Pada stasiun 2 dengan kedalaman 50-86 memiliki kandungan karbon organik sebesar 167,75 ton/ha. Hasil penelitian Lal (2004) menyatakan bahwa kepadatan karbon meningkat seiring dengan kedalaman lapisan tanah. Kondisi ini disebabkan oleh penumpukan karbon organik di dalam tanah, yang terjadi ketika sisa-sisa organik dari tanaman dan organisme lain terperangkap di lapisan tanah yang lebih dalam selama proses dekomposisi, dikenal sebagai akumulasi karbon organik dalam tanah (Jang & Awiati, 2023).

Tabel 3. Hasil Uji F

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1. Reg	22478,249	1	22478,249	17,774	.002 ^b
Res	12646,519	10	1264,652		
Total	35124,767	11			

a. Dependent Variable: Stok Karbon

b. Predictors: (Constant), Interval Kedalaman Sedimen

Ukuran Butir Sedimen

Ukuran butir sedimen di kawasan ekosistem mangrove Muara Gembong Bekasi Jawa Barat dominan memiliki kandungan lanau (0,002–0,05 mm) berkisar antara 65,46–88,34%. Selain itu, terdapat sedikit kandungan pasir sangat halus (0,05–0,1 mm) dengan persentase

antara 7,07–13,79% (Tabel 4). Kehadiran sungai sebagai salah satu aliran air di kawasan area rehabilitasi mangrove Muara Gembong berperan sebagai sumber endapan sedimen. Endapan sedimen berjenis lanau dapat berasal dari proses erosi di daerah aliran sungai serta akumulasi material organik dan detritus (Purnawan *et al.*, 2021).

Tekstur sedimen kawasan mangrove Muara Gembong didominasi oleh *silty* dan *silty loam*. Tekstur sedimen yang didominasi lanau disebabkan oleh lokasi kawasan mangrove yang tidak langsung berbatasan dengan pantai berarus dan bergelombang tinggi. Selain itu, di lokasi penelitian ditemukan vegetasi mangrove jenis *Rhizophora* sp. yang menghasilkan serasah dan memiliki sistem perakaran yang mampu

mengikat partikel debu serta liat. Seiring waktu, partikel tersebut mengendap dan membentuk lumpur.

Mangrove jenis *Rhizophora* sp. memiliki akar tunjang yang mampu menahan substrat berupa pasir serta efektif dalam mengikat substrat yang lebih halus, seperti lanau, lempung, dan liat (Bengen *et al.*, 2022). *Rhizophora* biasanya tumbuh di daerah dengan substrat berlumpur. Seperti yang dikemukakan oleh Salafiyah dan Insafitri (2020), kawasan pesisir Socah, Bangkalan memiliki karakteristik berlumpur, landai, dan ditumbuhi banyak vegetasi mangrove. Hal ini disebabkan oleh kondisi substrat yang mendukung pertumbuhan jenis mangrove seperti *Rhizophora* dan *Avicennia*.

Tabel 4. Klasifikasi Sedimen pada setiap Interval Kedalaman

St	Interva I	Clay (<0,0 02m m)	Silt (0,002- 0,05 mm)	Very fine sand (0,05-0,1 mm)	Fine sand (0,1- 0,25 mm)	Medium sand (0,25- 0,5 mm)	Coarse sand (0,5-1 mm)	Very Coarse Sand (1-2 mm)	Total sand (0,05-2 mm)
1	0-15	1,58	83,66	8,07	4,50	2,08	0,12	0	14,77
	15-30	1,88	88,34	7,93	1,80	0,05	0	0	9,78
	30-50	4,73	76,36	12,60	5,97	0,33	0	0	18,91
	50-83,5	2,30	70,91	13,79	10,13	2,85	0,02	0	26,79
2	0-15	3,07	83,87	8,96	3,67	0,44	0	0	13,07
	15-30	4,27	82,45	8,14	4,38	0,77	0	0	13,28
	30-50	4,90	76,24	10,09	6,74	1,90	0,12	0	18,85
	50-86,5	3,40	85,38	7,87	2,88	0,47	0	0	11,22
3	0-15	5,33	79,55	9,41	5,02	0,68	0	0	15,12
	15-30	4,49	82,74	7,07	4,05	1,51	0,15	0	12,77
	30-50	7,19	81,98	7,60	2,92	0,31	0	0	10,84
	50-77,5	2,57	65,46	17,10	13,60	1,28	0	0	31,98

Karbon organik pada sedimen mangrove

Dibandingkan dengan tegakan mangrove, nekromassa, dan serasah, sedimen mangrove menyimpan lebih banyak karbon (Kusuma *et al.*, 2023). Karbon organik tanah merupakan komponen utama yang berperan dalam memengaruhi sifat tanah guna mendukung pertumbuhan tanaman, berfungsi sebagai sumber energi serta penyedia unsur hara yang menentukan tingkat kesuburan dan produktivitas tanaman. Stok karbon organik dari setiap stasiun memiliki nilai yang bervariasi (Tabel 5), kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh akumulasi bahan organik yang tinggi. Konsentrasi karbon organik dalam sedimen diperkirakan berasal dari

akumulasi bahan organik yang besar, terutama serasah mangrove. Serasah merupakan bahan organik yang dihasilkan secara alami oleh tanaman. Banyaknya serasah yang jatuh dari vegetasi pohon yang tumbuh di atasnya memengaruhi banyaknya tanah yang terbentuk dalam ekosistem hutan (Kusmana & Yentiana, 2021).

Tabel 5. S-OCS pada Setiap Stasiun

St	Interval (cm)	S-OCS (ton/ha)	Total S-OCS (ton/ha)	Rata-rata S-OCS (ton/ha)
1	0-15	113,59	669,95	593,89
	15-30	111,86		
	30-50	177,95		
	50-83,5	266,55		
2	0-15	92,74	501,78	
	15-30	101,73		
	30-50	139,55		
	50-86,5	167,75		
3	0-15	118,73	609,95	
	15-30	113,64		
	30-50	131,07		
	50-77,5	246,52		

Stasiun 1 memiliki nilai penyimpanan karbon total terbesar sebesar 669,95 ton/ha, sedangkan rata-rata untuk semua stasiun adalah 593,89 ton/ha (Tabel 5). Hal ini di duga karena stasiun 1 merupakan stasiun dengan kondisi mangrove yang subur. Jaringan organik tanaman, seperti daun, ranting, cabang, batang, buah, dan akar, berperan sebagai sumber bahan organik. Bahan organik terbentuk di endapan sedimen sebagai akibat pelapukan jaringan organik yang jatuh dari tanaman dan penguraian organisme yang berasosiasi dengan tanaman setelah mereka mati (Lestariningsih *et al.*, 2018). Selain itu tekstur sedimen di kawasan mangrove Muara Gembong didominasi oleh *silty* dan *silty loam*.

Diperkirakan jenis substrat berlumpur memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan substrat pasir yang cenderung mengandung bahan organik lebih rendah. Kondisi ini juga diperkuat oleh lokasi pengambilan sampel yang berada jauh dari pantai, dimana sedimen berlumpur di kawasan mangrove Muara Gembong terbentuk akibat adanya material dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai. Penyebaran tekstur sedimen yang seragam dipengaruhi oleh sistem perakaran pohon mangrove. Di ekosistem mangrove Muara Gembong, vegetasi didominasi oleh *Rhizophora* sp. yang memiliki kemampuan menahan serta menghambat partikel-partikel yang terbawa oleh aliran sungai dan arus laut. Akibatnya, pergerakan air di sekitar kawasan mangrove menjadi lebih tenang. Indah *et al.*, (2008) menyatakan bahwa perakaran *Rhizophora* sp. yang rapat dan menjangkar kuat, turut membentuk substrat. Sistem perakaran ini

memungkinkan partikel debu tertangkap dengan optimal pada tegakan *Rhizophora* sp.

Sementara itu, pada stasiun 2 merupakan kawasan mangrove dengan konsentrasi karbon organik terendah, yakni sebesar 501,78 ton/ha. Rendahnya konsentrasi karbon organik di stasiun 2 kemungkinan disebabkan oleh lokasinya yang berada dekat dengan sungai, yang berfungsi sebagai pintu masuk aliran air ke tambak lainnya. Aliran air dari sungai yang dialirkan ke area tambak lain kemungkinan memengaruhi distribusi material organik di kawasan tersebut. Distribusi bahan organik dari sungai dapat dipengaruhi oleh pergerakan arus pasang surut (Wahyuningsih *et al.*, 2020). Nutrisi dan bahan organik di muara sungai dapat terbawa ke perairan terbuka saat arus surut. Pengaruh arus, pasang surut, dan kadar oksigen terlarut juga dapat menyebabkan bahan organik dalam sedimen terurai kembali ke perairan. Lebih jauh, distribusi dan pola sebaran arus berdampak pada jumlah total karbon organik di sedimen dasar.

Kesimpulan

Kandungan karbon pada interval sedimen memiliki nilai yang berbeda pada masing-masing stasiun. Rerata kandungan karbon pada interval sedimen di kawasan Mangrove Muara Gembong meningkat seiring dengan semakin dalamnya lapisan sedimen. Lapisan terdalam pada stasiun 1 (50-83,5 cm) memiliki kandungan karbon organik sebesar 266,55 ton/ha. Nilai simpanan karbon total per stasiun rata-rata sebesar 593,89ton/ha. Tertinggi ditemukan pada stasiun 1 dengan total sebesar 669,95 ton/ha. Kawasan mangrove dengan kandungan karbon organik terendah terdapat pada stasiun 2 dengan total sebesar 501,78 ton/ha. Tekstur sedimen di kawasan mangrove Muara Gembong didominasi oleh *silty* dan *silty loam*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing dari Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Mataram yang sudah memberikan bimbingan, wawasan, dan arahan yang sangat berharga selama proses penelitian ini. Terima kasih juga kepada pembimbing magang dari BRIN yang dengan sabar berbagi ilmu dan memberikan pengalaman

yang sangat berharga selama kegiatan magang sehingga penulis dapat terapkan dalam penulisan ini.

Referensi

- Abdillillah, A. M. P., Rahmawati, A. V., & Kamal, U. (2024). Perubahan Iklim dan Krisis Lingkungan: Tantangan Hukum dan Peran Masyarakat. *Jurnal Publikasi Ilmu Hukum*, 2(2), 364–375. <https://doi.org/10.59581/deposisi.v2i2.3206>
- Ainurrohmah, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i3.13359>
- Anti., Siti. L., Namirah., Sahta. G., Arsy. A. A., & La. O., R. (2023). Penggunaan Lahan Berbeda dan Pengaruhnya terhadap C-Organik, Bulk Density, dan Kadar Air Tanah. *Journal of Agricultural Sciences*, 03(04), 239-245. <https://ojs.uho.ac.id/index.php/jagris/article/view/47341>(Accessed on February 02, 2025)
- Apriliansa, W. I., Purwanti, F., & Latifah, N. (2016). Estimasi Kandungan Biomassa dan Simpanan Karbon Hutan Mangrove, Mangunharjo, Semarang. *Life Science*, 10(2), 162–172. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54447>
- Arfina, N., Hidayat, M., & Nisa, K. (2020). Simpanan Karbon pada Tanah di Kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik*, 71–77. <https://dx.doi.org/10.22373/pbio.v8i1.9448>
- Bengen. D. G., Yonvitner, & Rahman. (2022). *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. IPB Press. Bogor. ISBN: 978-623-467-092-9
- Boyd, C. E., Wood, C.W. & Thunjai, T. (2002). *Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management*. Oregon State University. Oregon
- Howard, J., Hoyt, S., & Isensee, K., (2014). *Coastal Blue Carbon (Methods for Assessing Carbon Stocks and Emmisions Factors in Mangrove, Tidal Salt Marshes and Seagrass Meadow, Consevation Internatioal, IUCN, United Nation Education Scientific and Cultural Organization, Intergovernmental*
- Indah, R., A. Jabarsyah, & Laga, A. (2010). Perbedaan Substrat dan Distribusi Jenis Mangrove (Studi Kasus: Hutan Mangrove di Kota Tarakan). *Jurnal Harpodon*, 3(1), DOI: <https://doi.org/10.35334/harpodon.v3i1.440>
- Jang, J., & Awiati, W. (2023). Karbon Biru di Indonesia: Memahami Pentingnya Konservasi dan Restorasi untuk Mencapai Netralitas Karbon. *Selisik*, 9(1), 19–36. <https://journal.univpancasila.ac.id/index.php/selisik/article/view/5217> (Accessed on February 02,2025)
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0148-9>
- Kusmana, C., & Yentiana, R., A. (2021). Laju Dekomposisi Serasah Daun Shorea Guiso di Hutan Penelitian Dramaga, Bogor, Jawa Barat. *Journal of Tropical Silviculture*, 12(3), 172–177. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.12.3.172-177>
- Kusuma, A. H., Muhaemin, M., Yudha, I. G., Hudaidah, S., & Adiputra, Y. T. (2023). Simpanan Karbon di Vegetasi Mangrove Desa Sungai Nibung, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.24319/jtpk.14.1-11>
- Lal, R. (2004). Penyerapan Karbon Tanah Berdampak pada Perubahan Iklim Global dan Ketahanan Pangan. *Sains*, 304(5677), 1623-1627. doi: 10.1126/science.1097396. PMID: 15192216.
- Lestariningsih, W. A., Soenardjo, N., & Pribadi, R. (2018). Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulbloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 121. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.19574>
- Maulani, A., Taufiq-SPJ, N., & Pratikto, I. (2021). Perubahan Lahan Mangrove di

- Pesisir Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. *Journal of Marine Research*, 10(1), 55–63.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.28396>
- Oteng, H., Yayat, H., & Lina, S.M. (2010). Pengaruh bobot isi tanah terhadap sifat fisik tanah dan perkecambahan benih kacang tanah dan kedelai. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(3), 147-152.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/6462> (Accessed on February 02, 2025)
- Purnawan, S., Setiawan, I. & Marwantim. (2012). Studi Sebaran Sedimen Dasar Berdasarkan Ukuran Butir di Perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Depik*, 1(1):31-36. <https://doi.org/10.13170/depik.1.1.24>
- Putri, K. A., Ulumuddin, Y. I., Maslukah, L., & Wulandari, S. Y. (2024). Stok Karbon Organik Sedimen Mangrove di Laguna Segara Anakan. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(2), 279–290.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v13i2.62719>
- Salafiyah, L., Insafitri, I. (2020). Analisa Kandungan Nutrien (Fosfat dan Nitrat) pada Serasah Mangrove Jenis *Rhizophora* sp. dan *Avicennia* sp di Desa Socah, Bangkalan – Madura. *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(2), 168–79. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i2.7571>
- Susilawati, Nugroho, Y., Rahmawati, N., & Rudy, G. (2022). Hubungan Sifat Fisik Tanah terhadap Kerusakan Tanaman Cempedak pada Lahan Rehabilitasi Daerah Aliran Sungai (Das) Desa Tiwingan Lama Kabupaten Banjar. *Jurnal Hutan Tropis*, 10(1), 100–107.
<http://dx.doi.org/10.20527/jht.v10i1.13093>
- Tahir, I., Mantiri, D. M., Rumengan, A. P., Muhammad, A., Ismail, F., Paembonan, R. E., Najamuddin, N., Akbar, N., Inayah, I., Wibowo, E. S., Siolimbona, A. A., & Harahap, Z. A. (2023). Simpanan Karbon Sedimen di Bawah Tegakan Spesies Mangrove Alami dan Mangrove Rehabilitasi. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 6(1), 803–814.
<https://doi.org/10.33387/jikk.v6i1.6517>
- Wahyudi, J. (2016). Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca the Mitigation of Greenhouse Gases Emission. *Jurnal Litbang*, 12(2), 104–112.
<https://doi.org/10.33658/jl.v12i2.45>
- Wahyuningsih A., Warsito A., Sri Y.W., Lilik M., & Muslim. (2020). Distribusi Kandungan Karbon Total Sedimen Dasar Di Perairan Muara Sungai Kaliboyo, Batang. *Indonesian Journal of Oceanography*. 2 (1): 2714-8726.
<https://doi.org/10.14710/ijoc.v2i1.7177>