

## ANALISIS STOK KARBON PADA SEDIMEN MANGROVE DI MUARA RANDUSANGA KULON, KABUPATEN BREBES

Aliyatun Khasanah, Noor Zuhry, Heru Kurniawam Alamsyah

Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan ilmu Kelautan,  
Universitas Pancasakti Tegal

Jl. Halmahera No. KM. 01, Mintaragen, Kec. Tegal, Kota Tegal, Jawa Tengah, 52121

Email [aliyakhas03@gmail.com](mailto:aliyakhas03@gmail.com)

### ABSTRACT

Mangrove ecosystems have an important role to play in mitigating global climate change, especially through their ability to absorb and store carbon in sediments. This study aims to analyze the organic carbon content and organic carbon stock per hectare in mangrove sediments in Muara Randusanga Kulon, Brebes Regency, as a coastal area that is vulnerable to ecosystem degradation. The method used is a case study with a quantitative descriptive approach through purposive sampling at three location points, including the front zone (beach), middle zone, and back zone (near pond), with sediment collection up to a depth of 100 cm analyzed using the Walkley and Black method. The results showed that the average soil density was 1.47 g/cm<sup>3</sup> with the highest organic carbon content at a depth of 30–50 cm of 1.64%. The highest carbon stock was recorded at the midpoint of 274.52 tonnes C/ha, indicating that zones that are protected from external disturbances and have muddy substrates have greater carbon storage potential. Mangrove sediments in Randusanga Kulon play a significant role as carbon sinks and have great potential in climate change mitigation strategies. The recommendations of this study are the need for zoning-based mangrove conservation, increased mangrove rehabilitation in degraded areas, and strengthening local policies to support the role of coastal ecosystems in sequestering carbon sustainably.

**Keywords:** Mangroves, Sediments, Organic Carbon

### ABSTRAK

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim global, terutama melalui kemampuannya menyerap dan menyimpan karbon dalam sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan karbon organik dan stok karbon organik per hektar dalam sedimen mangrove di Muara Randusanga Kulon, Kabupaten Brebes, sebagai kawasan pesisir yang rentan mengalami degradasi ekosistem. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui purposive sampling pada tiga titik lokasi, meliputi zona depan (bibir pantai), zona tengah, dan zona belakang (dekat tambak), dengan pengambilan sedimen hingga kedalaman 100 cm yang dianalisis menggunakan metode *Walkley and Black*. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata densitas tanah sebesar 1,47 g/cm<sup>3</sup> dengan kandungan karbon organik tertinggi pada kedalaman 30–50 cm sebesar 1,64%. Stok karbon tertinggi tercatat

pada titik tengah sebesar 274,52 ton C/ha, menunjukkan bahwa zona yang terlindung dari gangguan eksternal dan memiliki substrat berlumpur memiliki potensi simpan karbon yang lebih besar. Sedimen mangrove di Randusanga Kulon berperan signifikan sebagai penyerap karbon dan berpotensi besar dalam strategi mitigasi perubahan iklim. Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya konservasi mangrove berbasis zonasi, peningkatan rehabilitasi mangrove di area degradasi, dan penguatan kebijakan lokal untuk mendukung peran ekosistem pesisir dalam menyerap karbon secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Mangrove, Sedimen, Karbon Organik

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim menjadi tantangan global akibat peningkatan gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dari aktivitas manusia seperti deforestasi dan penggunaan bahan bakar fosil (Windarni *et al.*, 2018). Dampaknya, seperti erosi, banjir, dan penurunan kualitas ekosistem, semakin mengkhawatirkan (Asadi *et al.*, 2019). Upaya peningkatan kapasitas penyimpanan karbon di ekosistem alami diperlukan untuk mitigasi perubahan iklim (Howard *et al.*, 2017). Hutan mangrove berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim dengan menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen. Ekosistem ini mampu menyimpan karbon lima kali lebih banyak dibandingkan hutan hujan tropis, dengan 75-81% karbon tersimpan dalam sedimen (Alongi, 2012; Murdiyarso *et al.*, 2015). Indonesia memiliki 75% mangrove di Asia Tenggara, namun terus mengalami degradasi akibat konversi lahan dan pencemaran (Purnobasuki, 2012; Rahardian *et al.*, 2019).

Jawa Tengah, khususnya Kabupaten Brebes, mengalami dampak signifikan akibat degradasi mangrove, menyebabkan abrasi dan penurunan kualitas ekosistem (Setiawan *et al.*, 2022). Pemerintah menetapkan kebijakan melalui PERDA Provinsi Jawa Tengah No. 13 Tahun 2018 untuk menjaga kelestarian mangrove. Randusanga Kulon di Brebes memiliki ekosistem mangrove dengan spesies beragam dan luas sekitar 284,2 ha (Dinas Perikanan Brebes, 2019; Nurjanah, 2022), namun penelitian mengenai stok karbon sedimen masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis stok karbon pada sedimen mangrove di Randusanga Kulon, guna mendukung konservasi dan strategi mitigasi perubahan iklim, serta mendukung program *Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation* (REDD) dalam pengurangan emisi karbon akibat degradasi hutan (Suganda, 2018). Penelitian ini difokuskan pada analisis stok karbon dalam sedimen pada tiga zona berbeda berdasarkan jarak dari garis pantai, yaitu bibir pantai, zona tengah, dan area dekat tambak, untuk memperoleh gambaran spasial tentang distribusi dan kapasitas penyimpanan karbon. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah stok karbon yang dihasilkan di Muara Randusanga Kulon, Kabupaten Brebes.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 - Januari 2025 dengan pengambilan sampel di kawasan Muara Randusanga Kulon Kabupaten Brebes (Gambar 1), titik pengambilan sampel ditentukan secara purposive berdasarkan zonasi ekosistem mangrove, yaitu zonasi depan (dekat bibir pantai), zona tenah dan zona belakang (dekat tambak) dan pengujian sampel sedimen di Laboratorium Germofologi Lingkungan dan Mitigasi Bencana, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.



**Gambar 1. Titik Lokasi Pengambilan Sampel**

Titik sampel 1 terletak pada koordinat  $6^{\circ}46'39.0''\text{S}$   $109^{\circ}39'29.3''\text{E}$  berada di kawasan vegetasi mangrove di aliran muara sungai. Titik sampel 2 di koordinat  $6^{\circ}46'58.6''\text{S}$   $109^{\circ}04'10.8''\text{E}$  berada tepat di zona tengah ekosistem mangrove, dan titik sampel 3 terletak di koordinat  $6^{\circ}47'24.3''\text{S}$   $109^{\circ}4'29.4''\text{E}$  berada di wilayah dekat dengan area tambak. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif (Isnawati *et al.*, 2020) dengan metode purposive sampling, yaitu pemilihan titik berdasarkan kondisi lapangan (Marbun *et al.*, 2020). Titik sampel ditentukan berdasarkan jarak terhadap garis pantai, yang mempengaruhi karakteristik sedimen dan spesies mangrove (Swangjang dan Panishkan, 2021). Tiga titik pengambilan sampel berada di bibir pantai, tengah, dan belakang dekat tambak, dengan empat kedalaman: 0–15 cm, 15–30 cm, 30–50 cm, dan 50–100 cm. Pengambilan sedimen menggunakan pipa PVC hingga 1 meter, serta plastik klip untuk penyimpanan. Peralatan tambahan mencakup tali rafia, alat tulis, kamera, dan meteran. Di laboratorium, alat yang digunakan meliputi timbangan analitik, oven, Erlenmeyer, gelas piala, pipet tetes, spatula, mesin pengocok, serta bahan kimia seperti  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4$  85%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , aquades, dan difenilamina untuk analisis karbon organik. Teknik analisis data dilakukan melalui perhitungan *bulk density* dengan metode *oven drying* pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, serta karbon organik menggunakan metode Walkley and Black, di mana kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) mengoksidasi bahan organik dalam sedimen. Kadar karbon organik dihitung berdasarkan perubahan warna larutan titrasi.

## ANALISIS DATA

Analisis Data Analisis data dilakukan dengan menghitung kadar karbon organik dalam sedimen adalah sebagai berikut:

### 1. Kandungan *bulk density*, Karbon Organik Sedimen

*Bulk density* merupakan petunjuk kepadatan tanah (Harahap, 2021).

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{berat kering sampel sedimen tiap kedalaman (g)}}{\text{volume pipa (cm}^3\text{)}}$$

Keterangan:

- *Bulk density*: kadar isi substrat lumpur dalam gram per sentimeter kubik
- *Berat kering sampel sedimen* (dalam gr)
- *Sample volume*: volume pipa (cm<sup>3</sup>)

Setelah titrasi di laboratorium yang ditandai perubahan warna gelap menjadi terang dilakukan perhitungan kandungan karbon organik menggunakan rumus (Watasa, 2018):

$$C \text{ org (\%)} = \frac{\text{ml blanko} - \text{ml sample} \times 3 \times \text{fka}}{\text{ml.blanko} \times \text{berat sampel}}$$

Keterangan:

- ml blanko (ml): jumlah titrasi dari blanko (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Berat sampel: berat sedimen yang digunakan pada analisis C
- Fka: faktor kadar air sedimen, dengan rumus  $\frac{100 + \% \text{ kadar air}}{100}$

Kemudian dilakukan perhitungan densitas tanah. Densitas tanah merupakan massa tanah kering, tidak termasuk pori-pori di dalam tanah, dengan rumus:

$$\text{Densitas sedimen karbon tanah (g/cm}^3\text{)} = \text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} \times (\% \text{Corganik}/100)$$

### 2. Kandungan karbon tanah per hektar

Menghitung kandungan karbon tanah per hektar menurut Hickmah *et al.*, (2020) yaitu:

$$C_{\text{sedimen}} = C \times BV \times \text{Interval Kedalaman (ton/ha)}$$

Keterangan:

- *C<sub>sedimen</sub>*: kandungan organik tanah per hektar (ton/ha)
- C: kandungan karbon tanah (C%)
- BV: *Bulk density* (g/cm<sup>3</sup>)
- Interval Kedalaman: Ketebalan lapisan tanah atau sedimen yang dianalisis (cm)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Eksisting Ekosistem Mangrove di Muara Randusanga Kulon, Kabupaten Brebes

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Muara Randusanga Kulon, Kabupaten Brebes memiliki luas sekitar ±400 hektar dan didominasi oleh spesies *Avicennia alba* dan *Rhizophora mucronata*. Berdasarkan observasi, kondisi ekosistem mangrove menunjukkan variasi tingkat kerapatan

vegetasi yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti substrat tanah, pasang surut air laut, serta gangguan antropogenik. Tanah di kawasan ini didominasi oleh jenis tanah aluvial dengan tekstur berlumpur yang memiliki kandungan bahan organik tinggi, sehingga mendukung akumulasi karbon dalam sedimen. Akan tetapi, abrasi dan banjir rob yang tinggi, mencapai ketinggian 40-50 cm, menyebabkan degradasi ekosistem mangrove. Faktor antropogenik seperti konversi lahan menjadi tambak dan pencemaran juga turut memperburuk kondisi ekosistem, sehingga mengurangi kapasitas stok karbon dalam tanah (Adiningsih, 2023).

Ekosistem mangrove di Muara Randusanga Kulon memiliki peran penting dalam menyimpan karbon dan melindungi pesisir dari abrasi dan banjir rob. Namun, degradasi ekosistem akibat aktivitas manusia dan perubahan lingkungan mengancam kapasitas penyimpanan karbon ini. Penelitian ini sejalan dengan studi Suwarsito *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa kawasan pesisir Kabupaten Brebes memiliki morfologi tanah aluvial dengan kemiringan rendah, membuatnya rentan terhadap perubahan garis pantai. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan kapasitas stok karbon, diperlukan upaya rehabilitasi mangrove dan pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Pengurangan konversi lahan serta pengelolaan limbah yang lebih baik dapat membantu mempertahankan fungsi ekosistem mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon, serta menjaga keseimbangan lingkungan pesisir (Guntari, 2017).

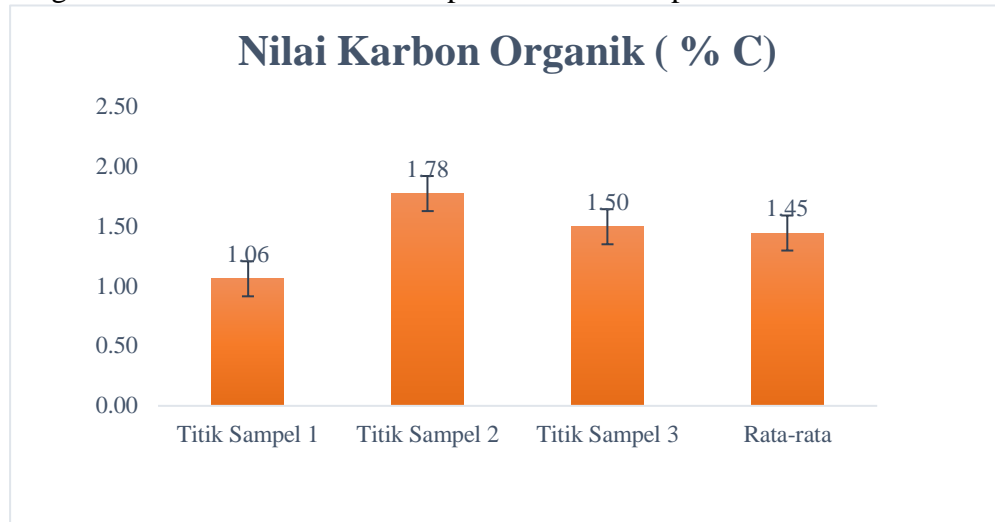
#### **Karbon Sedimen Mangrove Randusanga Kulon**

Berdasarkan analisis menggunakan metode titrasi *Walkley and Black* ditemukan bahwa. Gambar 1. Menunjukkan nilai rata-rata presentase karbon organik (%Corg) pada sedimen mangrove di Muara Randusanga Kulon berkisar sekitar 1,45%. Titik sampel 2 memiliki presentase karbon organik tertinggi, yaitu sebesar 1,78%, yang disebabkan oleh tingginya jumlah vegetasi mangrove di lokasi tersebut. Keberadaan mangrove yang lebih banyak menghasilkan serasah daun yang mengalami proses dekomposisi, sehingga meningkatkan kandungan bahan organik dalam sedimen (Watasa, 2018). Lokasi ini berada di zona tengah yang lebih terlindungi dibandingkan dengan zona terdepan yang terkena pasang surut. Sejalan dengan penelitian oleh Farhaby *et al.*, (2024), zona tengah memiliki nilai karbon organik tertinggi karena lebih terlindungi dari pasang surut. Selain itu, penelitian oleh Lestariningsih *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa jaringan organik tanaman seperti daun, ranting, cabang, batang, buah, dan akar dapat menjadi sumber utama karbon organik akibat pelapukan dan dekomposisi oleh mikroorganisme dalam sedimen.

Titik sampel 1 memiliki rata-rata presentase karbon organik sebesar 1,06%, yang lebih rendah dibandingkan dengan titik sampel 2. Hal ini disebabkan oleh kondisi sedimen yang terdiri dari lumpur dan pasir di daerah muara, yang memiliki kemampuan lebih rendah dalam menyerap bahan organik. Observasi lapangan menunjukkan bahwa sedimen pada titik sampel 1 didominasi oleh pasir berlumpur, yang memiliki struktur butiran lebih besar dan kurang efektif dalam menyimpan bahan organik dibandingkan dengan lumpur. Menurut Sulistyorini (2020), sedimen pasir memiliki kandungan bahan organik yang lebih rendah karena kerapatan yang lebih rendah, permeabilitas yang tinggi, dan kecenderungan mengalami pencucian, sehingga sulit menyimpan bahan organik yang terlarut dalam sedimen.

Pada titik sampel 3 memiliki rata-rata presentase karbon organik sebesar 1,50%, lebih rendah dari titik sampel 2 tetapi lebih tinggi dari titik sampel 1. Rata-

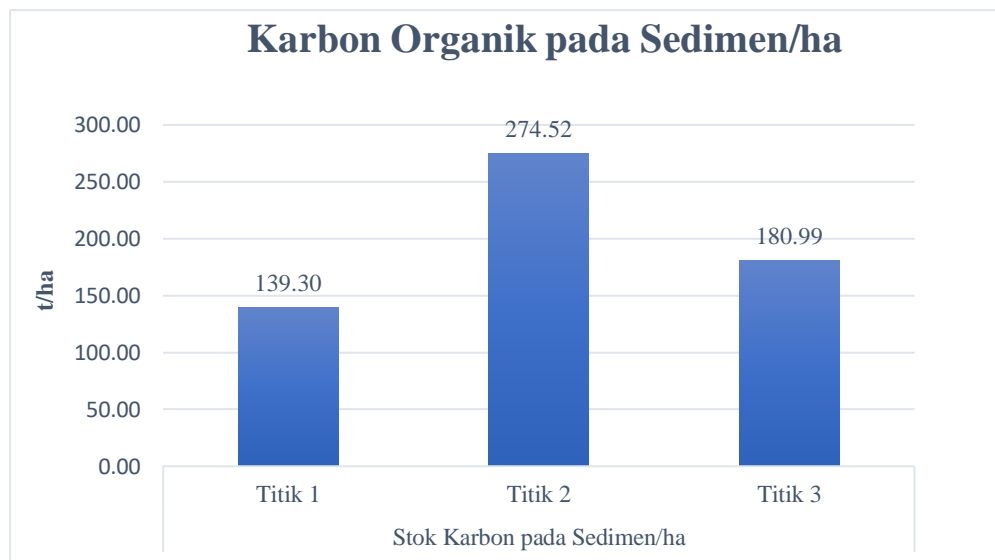
rata dari keseluruhan titik sampel yaitu 1,45%. Hal ini diduga berkaitan dengan jenis sedimen yang dominan berupa lumpur dan lempung, yang lebih mampu menyimpan bahan organik. Kandungan karbon organik di titik ini lebih tinggi dibandingkan titik sampel 1 karena adanya genangan air yang menyebabkan penumpukan zat organik. Menurut Daulay et al. (2017), estimasi nilai karbon tertinggi diperoleh dari sedimen yang mengandung lumpur dan lempung, sedangkan nilai terendah ditemukan pada sedimen berpasir.



Gambar 2. Nilai Rata-rata Presentase Karbon Organik

#### Karbon Organik Sedimen/hektar

Titik sampel 1 yang berada di daerah muara memiliki kandungan karbon organik tanah terendah sebesar 139,30 t C/ha, yang diduga dipengaruhi oleh pasang



surut yang menyebabkan pencucian bahan organik (Oktaviana et al., 2017). Sebaliknya, titik sampel 2 menunjukkan kandungan karbon tertinggi sebesar 274,52 t C/ha, yang dikaitkan dengan tingginya jumlah vegetasi mangrove serta karakteristik sedimen berupa lumpur yang lebih efektif dalam menyimpan karbon (Rudiyanto, 2019). Sedimen berlumpur memiliki kapasitas resitensi air lebih tinggi

dan tingkat oksigen yang rendah, sehingga memperlambat proses dekomposisi dan membuat karbon yang tersimpan menjadi lebih stabil. Sementara itu, titik sampel 3 memiliki kandungan karbon organik sebesar 68,875 t C/ha, yang lebih tinggi dibandingkan titik sampel 1 namun lebih rendah dibandingkan titik sampel 2. Hal ini dikaitkan dengan keberadaan sedimen lumpur dan lempung yang lebih efektif dalam menyerap bahan organik dibandingkan pasir (Daulay *et al.*, 2017).

**Tabel 1. Nilai Presentase Kandungan Karbon Organik pada Sedimen/ha**

Kandungan Karbon Tanah (t C/ha)				
Interval	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata Tiap Interval
0-15 cm	20,48	38,49	32,34	91,31
15-30 cm	26,30	56,15	25,95	108,40
30-50 cm	30,24	59,43	53,8	143,5
50-100 cm	62,28	120,45	68,875	182,73
Rata-rata	139,30	274,52	180,99	

Temuan ini menegaskan bahwa konservasi ekosistem mangrove sangat penting dalam menjaga kapasitas penyimpanan karbon sebagai bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim. Perubahan tata guna lahan, seperti konversi hutan mangrove menjadi tambak, dapat mengurangi kapasitas penyimpanan karbon (Putri, 2022). Studi ini juga menunjukkan bahwa semakin dalam sedimen, semakin besar stok karbon yang tersimpan, yang didukung oleh keberadaan akar yang membantu akumulasi bahan organik (Mahasani *et al.*, 2016; Verisandria *et al.*, 2018). Nilai kandungan karbon tanah per hektar yang diperoleh dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Ningrum *et al.*, (2024), yang mencatat nilai sebesar 267,4 t C/ha. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi ekosistem mangrove di Muara Randusanga Kulon masih memiliki potensi besar dalam menyimpan karbon jika dikelola dengan baik. Oleh karena itu, upaya konservasi dan pengelolaan berkelanjutan ekosistem mangrove harus terus ditingkatkan untuk mempertahankan fungsi ekologi dan kapasitas penyimpanan karbonnya.

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di ekosistem mangrove Muara Randusanga Kulon, Kabupaten Brebes, dapat disimpulkan bahwa variasi jenis substrat, mulai dari lumpur hingga pasir, memengaruhi kapasitas penyimpanan karbon di wilayah tersebut. Densitas tanah rata-rata mencapai 1,47 g/cm<sup>3</sup>, dengan nilai tertinggi terdapat pada titik sampel 2, yaitu sebesar 1,64 g/cm<sup>3</sup>. Kandungan stok karbon dalam sedimen cenderung meningkat seiring bertambahnya kedalaman, dengan nilai tertinggi tercatat pada lapisan 50–100 cm sebesar 182,73 t C/ha. Titik sampel 2 merupakan lokasi dengan stok karbon tertinggi yaitu 274,52 t C/ha, diikuti oleh titik sampel 3 sebesar 180,99 t C/ha, dan titik sampel 1 sebesar 139,30 t C/ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa zona mangrove dengan gangguan eksternal minimal dan substrat berlumpur memiliki potensi lebih besar dalam menyimpan karbon.

## Saran

Diperlukan kebijakan lokal yang mendukung upaya konservasi dan perlindungan kawasan mangrove, antara lain melalui penerapan zonasi perlindungan, pemberian insentif bagi masyarakat yang berperan dalam rehabilitasi, serta integrasi hasil penelitian ini ke dalam kebijakan mitigasi perubahan iklim. Kebijakan semacam ini akan memperkuat peran mangrove sebagai penyerap karbon alami sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir dari degradasi lebih lanjut.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini kepada kedua orang tua, ketiga kakak saya, adik saya, dan dosen pembimbing Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pancasakti Tegal. Serta tidak lupa terimakasih kepada teman-teman angkatan 2021 Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan yang telah banyak membantu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, A.W. 2023. *Analisis Adaptasi Masyarakat Terdampak Banjir Rob di Desa Randusanga Kulon, Kecamatan Brebes, Kabupaten Brebes Berbasis Ekosistem Pesisir*. Universitas Islam Sultan Agung
- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Asadi, M., Rahman, S. A., Ossen, D. R., & Noor, N. M. (2019). Impact of climate change on coastal areas: Issues and adaptation strategies. *Environmental Earth Sciences*, 78(23), 671. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8678-5>
- Daulay. D.N.O.,Hidayat, Wasiq,dan Jafron. 2017. *Carbon Value Analysis of Batang Gadis National Park, Mandailing Natal Regency, North Sumatera Province, Indonesia*. Department of Biology, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University, Semarang-Indonesia
- lestarDinas Perikanan Kabupaten Brebes. (2019). Laporan kondisi ekosistem mangrove di Kabupaten Brebes.
- Farhaby, A.M., Aprilita, D., Henri, Supratman O., dan Adi, W. 2024. *Estimation of Biomass and Below Ground Carbon in the Lepar Island Mangrove Ecosystem, South Bangka Regency*. Jurnal Ilmiah PLATAX. 12(1)
- Harahap, F.S., Rauf, A., Susanti, R., Afriani, A. dan Fuad. 2018. *Pengujian Pengolahan Tanah Konservasi dengan Pemberian Mikoriza Serta Varietas Kacang Tanah Terhadap Sifat Kimia Tanah*. Prosiding Seminar Nasional Pertanian. 1(1)
- Hickmah, N., Maslukah L., Wulandari, S.Y., Sugianto, D.N., dan Wirasatriya, A. 2021. *Kajian Stok Karbon Organik dalam Sedimen di Area Vegetasi*

*Mangrove Karimunjawa*. Indonesian Journal of Oceanography. 3(4), 88-95

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2017). *Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows*. Conservation International.

Isnawati, I., Jalinus, N., dan Risfendra, R. 2020. *Analisis Kemampuan Pedagogi Guru SMK yang sedang mengambil Pendidikan Profesi Guru dengan Metode Deskriptif Kuantitatif dan Metode Kualitatif*. INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi, 20(1),37-44

Lestariningsih, W.A., Soenardjo, N., & Pribadi, R. 2018. *Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbuloko, Demak, Jawa Tengah*. Buletin Oseanografi Marina. 7 (2), 121

Marbun, A., Rumengan, A.P., Schaduw J.N.W., Paruntu, C.P. Angmalisang, P.A., dan Manoppo, V.E.N. 2020. *Analisis Stok Karbon pada Sedimen Mangrove di Desa Baturapa Kecamatan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow*. Jurnal Pesisir dan Laut tropis, 8(1)

Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., MacKenzie, R. A., & Krisnawati, H. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5(12), 1089–1092. <https://doi.org/10.1038/nclimate2734>

Verisandria, R.J., Schaduw, J.N.W., Sondak C.F.A., Omi, M. Rumengan A., dan Rangan J. 2018. *Estimasi Potensi Karbon pada Sedimen Ekosistem Mangrove di Pesisir Taman Nasional Bunaken Bagian Utara*. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis. 1(1)

Nurjanah, N. (2022). Sebaran spesies mangrove di Randusanga Kulon, Kabupaten Brebes. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Alam*, 10(1), 45–57.

Oktaviana, S. Amin B. Ghalib M. 2017. *Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove di Jorong Ujuang Labuang Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat*. Universitas Riau

Purnobasuki, H. 2024. *Mangrove Lestari, Bumi Berseri*. Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya. Airlangga University Press.

Putri, N.J. 2022. *Estimasi Total Jejak Karbon di Kampus Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung*. Tesis. Universitas Islam Negeri Intan Lampung

Rahardian, A., Prasetyo L.B., Setiawan, Y., dan Wikanti, K. 2019. *Tinjauan Historis Data dan Informasi Luas mangrove Indonesia*. Jurnal Media Konservasi. 163-178

- Setiawan, A., Supriyadi, S., & Kartika, R. (2022). Dampak degradasi mangrove di pesisir Jawa Tengah terhadap lingkungan dan sosial ekonomi masyarakat. *Jurnal Ekologi Pesisir*, 15(1), 120–133.
- Suganda, E. (2018). Implementasi program REDD+ dalam konservasi hutan mangrove. *Jurnal Kehutanan Tropis*, 6(4), 54–67.
- Sulistiyorini I.S., Edwin, M., dan Imanudin. 2020. *Estimasi Stok Karbon Tanah Organik pada Mangrove di Teluk Kaba dan Muara Teluk Pandan Taman Nasional Kutai*. Jurnal AGRIFOR . XXI, (2)
- Suwarsito dan A.W. Nirwansyah. 2017. Karakteristik Geofisik Lahan Pesisir di Kabupaten Brebes Berbasis Teknologi Sistem Informasi Geografi untuk Pengembangan Budidaya Tambak Udang. URECOL Proceeding. ISBN 978-979-3812-42-7.
- Swangjang, K., dan Panishkan, K. 2021. *Assesment of Factors that Influence Carbon Stroge: An Important Ecosystem Service Provided by Mangrove Forests*. Heliyon, 7(12), e08620.
- Watasa, I.S. 2018. *Analisis Kandungan Karbon Organik Pada Sedimen Permukaan di Hutan Muara Bungai Bajulmati, Kabupaten Malang*. Universitas Brawijaya
- Windarni, W., Hidayati, N., & Rahayu, T. (2018). Peran vegetasi mangrove dalam penyerapan karbon di wilayah pesisir. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 42–55.
- Verisandria, R.J., Schaduw, J.N.W., Sondak C.F.A., Omi, M. Rumengan A., dan Rangan J. 2018. *Estimasi Potensi Karbon pada Sedimen Ekosistem Mangrove di Pesisir Taman Nasional Bunaken Bagian Utara*. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis. 1(1)