

## Mangrove Carbon Potential in The Bagek Kembar Mangrove Area and Cemara Lembar South Coast, West Lombok

Rita Alawiyah<sup>1\*</sup>, Abdul Syukur<sup>2</sup>, Didik Santoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Master of Science Education Study Program, Postgraduate, University of Mataram, Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;

<sup>2</sup>Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, University of Mataram, Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;

### Article History

Received : January 05<sup>th</sup>, 2026

Revised : January 10<sup>th</sup>, 2026

Accepted : January 19<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author: **Rita Alawiyah**, Master of Science Education Study Program, Postgraduate, University of Mataram, Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;  
Email: [alawiyahrita3@gmail.com](mailto:alawiyahrita3@gmail.com)

**Abstract:** Mangrove ecosystems can absorb and store carbon in the form of sediment, which plays an important role in mitigating climate change. This study aims to analyze the carbon storage potential of mangrove sediments in Bagek Kembar and Pantai Cemara, West Lombok. Sediment samples were collected using purposive sampling and analyzed for bulk density and Loss on Ignition (LOI). The results showed that the density of mangrove sediments in Bagek Kembar Village ranged from 0.51–0.62 g/cm<sup>3</sup>, with an average of 0.57 g/cm<sup>3</sup>, while in Pantai Cemara it ranged from 0.44–0.69 g/cm<sup>3</sup>, with an average of 0.60 g/cm<sup>3</sup>. Based on the analysis results, it can be concluded that the potential of mangrove sediments in Bagek Kembar Village is different from that in Pantai Cemara. This difference can be influenced by the density of mangrove vegetation, the organic matter content of the sediment, environmental characteristics, and water dynamics at each location. Therefore, the Bagek Kembar and Pantai Cemara mangrove forests have strong potential for storing sediment carbon and should be managed sustainably.

**Keywords:** Bulk density, loss on ignition, mangrove, sediment carbon, West Lombok.

### Pendahuluan

Mangrove merupakan kelompok tumbuhan tropis yang terdiri atas berbagai spesies pohon dan semak yang tumbuh di zona pasang surut pesisir laut, suatu lingkungan yang dicirikan oleh kondisi ekstrem, terbatas, dan sangat dinamis (Kathiresan & Bingham, 2001). Mangrove juga merupakan salah satu ekosistem tropis yang paling produktif dan memberikan manfaat besar bagi kelestarian dan perlindungan wilayah pesisir (Imran, et al., 2022). Selain itu, ekosistem mangrove berperan signifikan dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan karbon (CO<sup>2</sup>) di atmosfer (Sondak, 2015; Yuniawati et al., 2011).

Tahun 2024 data Kementerian Kehutan Indonesia memiliki hutan seluas 95,5 juta ha atau sama dengan 51% dari seluruh luas daratan Indonesia, dengan luas hutan mangrove mencapai 3,44 juta ha. Hutan mangrove ini juga

menyimpan karbon tiga kali lipat dibandingkan hutan tropis lainnya (Kauffman & Donato, 2012). Selain itu, Hutan mangrove menyerap CO<sup>2</sup> melalui proses fotosintesis untuk diubah menjadi karbon organik dan disimpan dalam biomassa vegetasi dan lapisan tanah paling atas (Kusumaningtyas et al., 2019; Lange, et al., 2023).

Secara global maupun regional setiap tahun hutan mangrove mengalami penurunan luas secara signifikan (Sharma et al., 2019). Penyebab utamanya adalah deforestasi hutan mangrove untuk akuakultur, pertanian, dan pembangunan perkotaan (Soeprbowati et al., 2023). Maka, pemulihan kapasitas penyerapan karbon merupakan tujuan utama dalam pemulihan hutan mangrove (Carnell et al., 2022). Penurunan luas hutan mangrove dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti konversi lahan mangrove menjadi area

pemukiman dan tambak, penebangan pohon mangrove, pembuangan sampah, serta pencemaran yang berasal dari aktivitas masyarakat sekitar dan limbah kapal yang berlabuh di kawasan tersebut (Suryaperdana, 2012).

Penelitian yang dilakukan di Teluk Jor menunjukkan bahwa *Sonneratia alba* memiliki kandungan karbon tertinggi, yaitu sebesar 453,76 ton C/ha yang berkorelasi dengan tingginya nilai frekuensi, kepadatan, dan dominansi spesies tersebut (Zulhalifah *et al.*, 2023). Oleh karena itu, upaya menjaga hasil revegetasi mangrove merupakan bagian yang sangat penting dalam upaya konservasi mangrove (Zulkifi, *et al.*, 2025). Menurut Sodikin *et al.*, (2023) Peningkatan tutupan vegetasi mangrove di suatu kawasan berpotensi menjadi strategi mitigasi emisi gas rumah kaca, mengingat ekosistem mangrove memiliki kemampuan penyerapan dan penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan vegetasi pohon di ekosistem daratan.

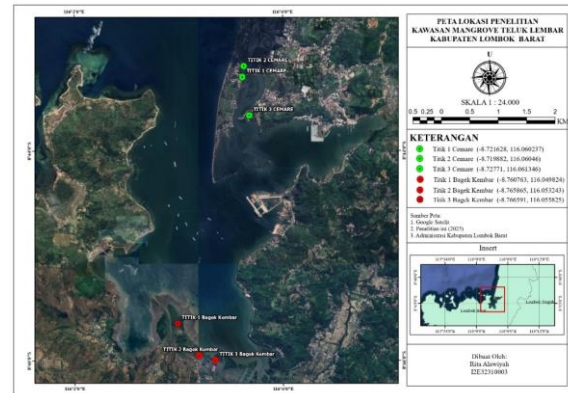
Kemampuan ekosistem mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon perlu diidentifikasi karena perannya yang sangat penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian mengenai analisis potensi karbon berdasarkan keragaman jenis mangrove di Bagek Kembar dan Pantai Cemara perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi simpanan karbon pada biomassa mangrove, serta menilai kontribusi ekosistem mangrove dalam penyerapan karbon sebagai upaya mitigasi perubahan iklim. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam mendukung pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan serta memastikan fungsi ekologisnya tetap terjaga.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-Desember 2025 di wilayah mangrove Bagek Kembar Dan Pantai Cemara Desa Kabupaten Lombok Barat. Pada setiap titik pengambilan sampel, ditetapkan tiga titik pengamatan pada ekosistem mangrove yang mewakili zona berbeda, yaitu bagian depan yang berdekatan dengan laut (titik pertama), bagian

tengah (titik kedua), dan bagian belakang yang berdekatan dengan area permukiman (titik ketiga). Titik Koordinat pada lokasi penelitian Bagek Kembar ialah (-8.760763, 116.049824) dan Titik Koordinat pada lokasi penelitian Pantai Cemara Lembar selatan (-8.721628, 116.060237).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menganalisis simpanan karbon sedimen mangrove. Pengambilan sampel sedimen dilakukan secara purposive sampling pada tiga zona mangrove (depan, tengah, dan belakang). Sampel sedimen diambil pada tiga interval kedalaman, yaitu 0–30 cm, 30–60 cm, dan 60–100 cm. Analisis laboratorium meliputi pengukuran bulk density dan penentuan kandungan bahan organik serta karbon sedimen menggunakan metode Loss on Ignition (LOI). Stok karbon sedimen dihitung berdasarkan nilai bulk density, kandungan karbon, dan ketebalan lapisan sedimen.

## Analisis Data

### Bulk density

*Bulk density* tanah didefinisikan sebagai massa partikel tanah per satuan volume total tanah, termasuk ruang pori di dalamnya. Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai bulk density (BD) adalah:

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{oven dry mass (g)}}{\text{sampel volume (cm}^3\text{)}}$$

Keterangan:

Densitas Tanah = Berat Massa Tanah (gram/cm<sup>3</sup>)

Berat Kering Sampel = Selisih berat kering awal dengan berat abu (gram)  
Volume Sampel = Volume sampel (cm<sup>3</sup>)

### Pengabuan Kering (*loss on ignition*)

Perhitungan bahan organik dan kandungan karbon dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bahan Organik (\%BO)} = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan:

Wo = Berat Awal

Wt = Berat Akhir setelah di furnace

### Kandungan karbon

Kandungan karbon pada sampel dapat diperoleh dengan mengkonversikan nilai 1/1,724 dari kandungan bahan organik dengan menggunakan rumus :

$$\text{Karbon Orgnaik (\%C)} = \left( \frac{1}{1,724} \times \% BO \right)$$

Keterangan:

%Bahan Organik = Persentase bahan organik sedimen

1/1,724 = Faktor konversi

### Kandungan karbon pada tanah diestimasi

Nilai simpanan karbon pada sedimen dapat dihitung dengan mengalikan nilai bulk density, interval kedalaman tanah dan %C :

Ct (g/cm<sup>2</sup>): Bulk Density x SDI X %C

Keterangan :

Ct = Kandungan karbon tanah (g/cm<sup>2</sup>)

SDI = Interval kedalaman sampel (cm)

Bulk Density = Berat masa tanah (g/cm<sup>3</sup>)

### Total kandungan karbon

Menurut Badan Standarisasi Nasional total kandungan karbon per luasan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C \text{ tanah (ton/ha): } Ct \times 100$$

Keterangan :

Ctanah = Kandungan Karbon organik tanah per ha (ton/ha)

Ct = Kandungan karbon tanah

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

#### Bulk Density

*Bulk density* merupakan kepadatan tanah, semakin padat tanah tersebut maka nilai bulk densitynya tinggi. *Bulk density* merupakan perbandingan masa dengan volume tanah. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa sedimen pada masing-masing kedalaman memiliki nilai densitas yang berbeda.

**Tabel 1.** Hasil Penelitian *Bulk Density*

| Lokasi         | Titik | Interval Kedalaman |       |        | Total (g/cm <sup>3</sup> ) | Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------|--------------------|-------|--------|----------------------------|--------------------------------|
|                |       | 0-30               | 31-60 | 61-100 |                            |                                |
| Bagek Kembar   | 1     | 0,51               | 0,58  | 0,60   | 1,69                       | 0,57                           |
|                | 2     | 0,56               | 0,61  | 0,62   | 1,79                       |                                |
|                | 3     | 0,57               | 0,56  | 0,53   | 1,66                       |                                |
| Lembar Selatan | 1     | 0,65               | 0,68  | 0,69   | 2,04                       | 0,60                           |
|                | 2     | 0,44               | 0,60  | 0,63   | 1,67                       |                                |
|                | 3     | 0,54               | 0,55  | 0,58   | 1,68                       |                                |

### Kandungan Karbon

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem mangrove Bagek Kembar dan Pantai Cemara memiliki variasi kandungan karbon organik yang dipengaruhi oleh perbedaan keragaman jenis mangrove dan struktur vegetasinya. Kandungan karbon organik pada biomassa mangrove menunjukkan nilai yang berbeda pada setiap jenis dan tingkat pertumbuhan, yang mencerminkan kemampuan

masing-masing jenis mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon.

### Stok karbon Organik Tanah (SCOS)

Stok karbon Organik Tanah (SCOS) adalah jumlah total karbon yang tersimpan dalam lapisan sedimen pada suatu kedalaman dan luas tertentu. Pada **Tabel 3** menyajikan hasil SOCS pada mangrove Desa Bagek Kembar dan Pantai Cemara Desa Lembar Selatan.

**Tabel 2.** Hasil Penelitian LOI dan Kandungan Karbon

| Lokasi         | Titik | Interval (cm) | LOI/%BO | %C (%) | Rata-rata %C |
|----------------|-------|---------------|---------|--------|--------------|
| Bagek Kembar   | 1     | 0-30          | 9%      | 5,22   | 8,15         |
|                |       | 31-60         | 4%      | 2,32   |              |
|                |       | 61-100        | 5%      | 2,90   |              |
| Bagek Kembar   | 2     | 0-30          | 7%      | 4,06   | 10,25        |
|                |       | 31-60         | 4%      | 2,32   |              |
|                |       | 61-100        | 5%      | 2,90   |              |
| Bagek Kembar   | 3     | 0-30          | 9%      | 5,22   |              |
|                |       | 31-60         | 5%      | 2,90   |              |
|                |       | 61-100        | 5%      | 2,90   |              |
| Lembar Selatan | 1     | 0-30          | 4%      | 2,32   |              |
|                |       | 31-60         | 4%      | 2,32   |              |
|                |       | 61-100        | 4%      | 2,32   |              |
| Lembar Selatan | 2     | 0-30          | 6%      | 3,48   |              |
|                |       | 31-60         | 5%      | 2,90   |              |
|                |       | 61-100        | 4%      | 2,32   |              |
| Lembar Selatan | 3     | 0-30          | 6%      | 3,48   |              |
|                |       | 31-60         | 5%      | 2,90   |              |
|                |       | 61-100        | 4%      | 2,32   |              |

**Tabel 3.** Hasil Penelitian SOCS

| Lokasi         | Titik | Interval (cm) | SOCS (g/cm³) | SOCS (ton C/ha) | Total SOCS |         |         |         |         |
|----------------|-------|---------------|--------------|-----------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| Lembar Selatan | 1     | 0-30          | 453,4        | 1570,4          | 4.728,3    |         |         |         |         |
|                |       | 31-60         | 476,1        |                 |            |         |         |         |         |
|                |       | 61-100        | 640,9        |                 |            |         |         |         |         |
| Lembar Selatan | 2     | 0-30          | 458,2        | 1569,3          | 5.707,9    |         |         |         |         |
|                |       | 31-60         | 523,7        |                 |            |         |         |         |         |
|                |       | 61-100        | 587,5        |                 |            |         |         |         |         |
| Lembar Selatan | 3     | 0-30          | 568,0        | 1588,5          |            | 5.707,9 |         |         |         |
|                |       | 31-60         | 480,7        |                 |            |         |         |         |         |
|                |       | 61-100        | 539,9        |                 |            |         |         |         |         |
| Bagek Kembar   | 1     | 0-30          | 800,9        | 1878,4          |            |         | 5.707,9 |         |         |
|                |       | 31-60         | 404,3        |                 |            |         |         |         |         |
|                |       | 61-100        | 693,1        |                 |            |         |         |         |         |
| Bagek Kembar   | 2     | 0-30          | 684,5        | 1828,4          |            |         |         | 5.707,9 |         |
|                |       | 31-60         | 427,1        |                 |            |         |         |         |         |
|                |       | 61-100        | 716,9        |                 |            |         |         |         |         |
| Bagek Kembar   | 3     | 0-30          | 850,4        | 1981,2          |            |         |         |         | 5.707,9 |
|                |       | 31-60         | 480,7        |                 |            |         |         |         |         |
|                |       | 61-100        | 650,1        |                 |            |         |         |         |         |

## Pembahasan

### *Bulk Density*

*Bulk density* merupakan kepadatan tanah, semakin padat tanah tersebut maka nilai bulk densitynya tinggi. Bulk density merupakan perbandingan masa dengan volume tanah (Al-Ashammery *et al.*, 2018). Pada umumnya nilai bulk density sangat dipengaruhi oleh kedalaman lapisan, nilai bulk density akan meningkat seiring bertambahnya kedalaman lapisan (Harahap *et al.*, 2021). Tanah yang lebih padat memiliki

kepadatan massa lebih besar dibandingkan tanah sejenis yang kurang padat. Oleh karena itu, lapisan atas tanah mineral seringkali kurang padat daripada lapisan-lapisan di bawahnya (Luta *et al.*, 2020). Kepadatan massa ditentukan dengan menilai massa tanah di udara dan berat air. Berdasarkan klasifikasi dari Donato *et al.* (2011), Howard *et al.* (2014), dan Murdiyarso *et al.* (2015), nilai BD dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu rendah (<0,5 g/cm<sup>3</sup>), sedang (0,5–1,0 g/cm<sup>3</sup>), dan tinggi (>1,0 g/cm<sup>3</sup>). Nilai bulk density di lokasi penelitian bervariasi, nilai bulk

density pada setiap interval kedalaman berkisar 0,44-0,69 gm/cm<sup>3</sup> bervariasi pada setiap lokasi

### Kandungan Karbon

Faktor utama yang menyebabkan tingginya %BO (Bahan organik dan %C (Kandungan karbon) ialah tekstur sedimen yang halus serta perakaran mangrove yang rapat. Tingginya nilai %BO dan %C pada sedimen menunjukkan akumulasi bahan organik yang tersimpan. Pada Bagek Kembar nilai %BO yang tertinggi didapatkan pada titik 1 dan titik 3 di interval 0-30 dengan nilai 9%. Serta nilai %BO terendah ada pada titik 1 dan titik 2 di masing-masing interval 31-60 dengan nilai 4 %. Adapun nilai %C tertinggi pada Desa Bagek kembar ada pada titik 1 dan titik 3 di interval 0-30 dengan nilai 5,22%. Serta nilai %C terendah ada pada titik 1 dan 2 di masing-masing interval 31-60 dengan nilai 2,32 %. Pada Mangrove Pantai Cemara Desa Lembar Selatan nilai %BO yang tertinggi didapatkan pada titik 2 dan titik 3 di interval 0-30 dengan nilai 6%. Serta nilai %BO terendah ada pada titik 1 2 dan 3 di masing-masing interval dengan nilai 4 %. Adapun nilai %C tertinggi pada Pantai Cemara Desa Mangrove Lembar Selatan ada pada titik 2 dan titik 3 di interval 0-30 dengan nilai 3,48%. Serta nilai %C terendah ada pada titik 1, 2 dan 3 di masing-masing interval dengan nilai 2,32 %.

### Soil Organic Carbon Sedimen (SOCS)

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa sedimen pada masing-masing kedalaman memiliki nilai SCOS atau stok karbon sedimen yang berbeda. dapat dilihat pada **Tabel 1.3**. Stok karbon organik 0-100 cm di Kawasan Mangrove Pantai Cemara Desa Lembar Selatan pada titik 1 sebesar 1570,4 ton C/ha, pada titik 2 sebesar 1569,2 ton C/ha, dan pada titik 3 sebesar 1588,4 ton C/ha dengan total SOCS sebesar 47.283 ton C/ha. Sementara pada Kawasan mangrove Desa Bagek Kembar pada titik 1 sebesar 1898,3 ton C/ha, pada titik 2 sebesar 1828,4 tonC/ha, dan pada titik 3 sebesar 1981,1 tonC/ha dengan total SOCS sebesar 5707,9 tonC/ha.

Ekosistem mangrove memiliki kemampuan menyimpan karbon mencapai lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan hutan tropis. Simpanan karbon terbesar pada ekosistem mangrove umumnya terdapat pada lapisan

sedimen, yang berfungsi sebagai tempat akumulasi utama bahan organik. Perbedaan ukuran butir sedimen berpengaruh terhadap kapasitas penyimpanan karbon, di mana sedimen berbutir halus cenderung menahan karbon lebih banyak dibandingkan yang berbutir kasar.

Kandungan karbon organik dalam sedimen didefinisikan sebagai total karbon yang terakumulasi dan tersimpan di dalam sedimen dalam bentuk bahan organik, yang berperan sebagai komponen penting dalam pembentukan dan stabilitas struktur sedimen, serta berfungsi sebagai sumber energi utama bagi organisme yang hidup di dalam tanah. Nilai LOI atau %BO atau Bahan Organik menggambarkan persentase bahan organik total hasil pembakaran pada suhu  $\pm 400^{\circ}\text{C}$  (Loss on Ignition). Sementara %C atau kandungan karbon merupakan persentase karbon organik hasil konversi dari %LOI atau dari analisis CHN. Pada Umumnya, %LOI dan %C berbanding lurus, semakin tinggi bahan organik, semakin tinggi kandungan karbon organiknya.

### Kesimpulan

Ekosistem mangrove di Desa Bagek Kembar dan Pantai Cemara, Lombok Barat, memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyimpan karbon sedimen. Nilai *bulk density* berada pada kategori sedang dan bervariasi menurut kedalaman, sedangkan kandungan bahan organik dan karbon tertinggi umumnya terdapat pada lapisan sedimen permukaan. Stok Karbon Organik Sedimen (SOCS) menunjukkan bahwa mangrove Desa Bagek Kembar memiliki simpanan karbon lebih besar dibandingkan Pantai Cemara, yang dipengaruhi oleh perbedaan kerapatan vegetasi, karakteristik sedimen, dan kondisi lingkungan. Hasil penelitian ini menegaskan pentingnya ekosistem mangrove sebagai penyerap karbon dan mendukung perlunya pengelolaan mangrove secara berkelanjutan dalam upaya mitigasi perubahan iklim.

### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih pada pengelola pada Kawasan Mangrove Bagek Kembar dan Pantai cemara Lembar Selatan yang sudah memberikan izin untuk dapat melakukan penelitian. Terimakasih juga kepada dosen

pembimbing dan penguji yang sudah memberikan banyak saran-saran untuk perbaikan penelitian ini. Serta terimakasih kepada teman-teman yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

## Referensi

- Al-Shammary, A. A. G., Kouzani, A. Z., Kaynak, A., Khoo, S. Y., Norton, M., & Gates, W. 2018. Soil bulk density estimation methods: A review. *Pedosphere*, 28(4), 581-596.  
[https://doi.org/10.1016/S10020160\(18\)60034-7](https://doi.org/10.1016/S10020160(18)60034-7).
- Alongi, D. 2020. Carbon cycling in the world's mangrove ecosystems revisited: significance of non-steady state diagenesis and subsurface linkages between the forest floor and the coastal ocean. *Forests*, 11, 977. <https://doi.org/10.3390/f11090977>.
- Carnell, P., Palacios, M., Waryszak, P., Trevathan-Tackett, S., Masqué, P., & Macreadie, P. (2022). Blue carbon drawdown by restored mangrove forests improves with age. *Journal of environmental management*, 306, 114301. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114301>.
- 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.
- Duke, N. C. (1992). Mangrove floristics and biogeography. *Tropical mangrove ecosystems*, 41, 63-100.  
<https://doi.org/10.1029/CE041p0063>.
- Harahap, F. S., Oesman, R., Fadhillah, W., & Nasution, A. P. 2021. Penentuan bulk density ultisol di lahan praktek terbuka universitas labuhanbatu. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 6(2), 56-59.  
<https://doi.org/10.36378/juatika.v3i2.1398>.
- 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 Meadows. Conservation Internasional, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Internasional Union for Conservation of Nature*. Virginia, USA.
- Imran, A., & Efendi, I. 2016. Inventarisasi mangrove di pesisir pantai cemara Lombok Barat. *JUPE: Jurnal Pendidikan Mandal*, 1(1), 105-112.  
<http://dx.doi.org/10.58258/jupe.v1i1.66>.
- Karminarsih, E. 2022. The use of ecosystem mangrove in minimize disaster impact in beach area. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 28(2), 182-187.
- Kauffman, J. B. & Donato, D. C. 2012. *Protocols for The Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass, and Carbon Stocks in Mangrove Forests*. Bogor: Cifor.
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 4, 81-251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4).
- Lange, M., Eisenhauer, N., Chen, H., & Gleixner, G. (2023). Increased soil carbon storage through plant diversity strengthens with time and extends into the subsoil. *Global Change Biology*, 29, 2627 - 2639.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.16641>.
- Luta, D.A., Siregar, M., Sabrina, T. and Harahap, F.S., 2020. Peran aplikasi pembenah tanah terhadap sifat kimia tanah pada tanaman bawang merah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), pp.121-125.  
<http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.15>.
- Mamidala, S. B., Weingärtner, A., & Fransson, J. H. (2022). A comparative study of experiments with numerical simulations of free-stream turbulence transition. *Journal of Fluid Mechanics*, 951, A46.  
<https://doi.org/10.1017/jfm.2022.883>.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., & Kurnianto, S. 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature climate change*, 5(12), 1089-1092.  
<https://doi.org/10.1038/nclimate2734>.
- Nadeak, P., Mubarak, M., & Efriyeldi, E. 2020. Mangrove forest effect on the coastline in Rangsang Island Riau Province. *Asian J.*

- Aquat. Sci.*, 3(1), 29–37.  
<https://doi.org/10.31258/ajoas.3.1.29-37>.
- Sarno & Ridho, M. R. 2017. Pengantar Biologi Mangrove. Palembang : UPT. Penerbit dan Percetakan Universitas Sriwijaya.
- Senger, D., Hortua, D., Engel, S., Schnurawa, M., Moosdorf, N., & Gillis, L. 2020. Impacts of wetland dieback on carbon dynamics: A comparison between intact and degraded mangroves. *The Science of the total environment*, 753, 141817. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141817>.
- Sharma, S., Mackenzie, R., Tieng, T., Soben, K., Tulyasuwan, N., Resanond, A., Blate, G., & Litton, C. 2019. The impacts of degradation, deforestation and restoration on mangrove ecosystem carbon stocks across Cambodia. *The Science of the total environment*, 706, 135416. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135416>.
- Soeprbowati, T., Sularito, R., Hadiyanto, H., Puryono, S., Rahim, A., Jumari, J., & Gell, P. 2023. The carbon stock potential of the restored mangrove ecosystem of Pasarbanggi, Rembang, Central Java. *Marine environmental research*, 193, 106257. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106257>.
- Sondak, C.F.A. 2015. Estimasi Potensi Penyerapan Karbon Biru (Blue Carbon) oleh Hutan Mangrove Sulawesi Utara. *Jurnal of Asean Studies on Maritime Issue*, 1(1):24-29.
- Suryaperdana Y, Soewardi K, Mashar A. 2012. Keterkaitan lingkungan mangrove pada produksi udang dan ikan bandeng di kawasan silvofishery Blanakan, Subang, Jawa Barat. *Bonorowo Wetlands*. 2(2):74-85. <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w020204>.
- Syukur, A., Zulkifli, L., & Mahrus, H. 2023. Mangrove ecosystem provisioning services for the sustainability and diversity of bird species in the coastal region of Lombok Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(3). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240331>.
- Taillardat, P., Friess, D., & Lupascu, M. 2018. Mangrove blue carbon strategies for climate change mitigation are most effective at the national scale. *Biology Letters*, 14. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0251>.
- Yuniawati., Budiaman, A. & Elias. 2011. Estimasi Potensi Biomassa dan Massa Karbon Hutan Tanaman Acacia crassiparpa Di Lahan Gambut. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(4):343-355. <https://doi.org/10.20886/jphh.2011.29.4.343-355>.
- Zulhalifah, Z., Syukur, A., Santoso, D., & Karnan, K. 2021. Species diversity and composition, and above-ground carbon of mangrove vegetation in Jor Bay, East Lombok, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220455>.
- Zulkifi, L., Syukur, A., & Mahrus, H. 2025. Mangrove Ecotourism and the Potential for Support from Local Communities. *Journal of Coastal Research*, 113(SI), 366-371. <https://doi.org/10.2112/JCR-SI113-072.1>.