



*Research Articles*

## **Kajian Cadangan Karbon Tanah dan Keragaan Vegetasi Mangrove di Tanjung Batu- Sekotong Kabupaten Lombok Barat**

### ***Study On Soil Carbon and Vegetation Performance of Mangrove Ekosistem in Tanjung Batu-Sekotong Western of Lombok***

**Nadia Desya Amanda<sup>1</sup>, Sukartono\*<sup>1,2</sup>,  
Zuhdiyah Matienatul Iemaaniah<sup>1</sup>, Sri Tejowulan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

<sup>2</sup>) Centre For Sustainable Farm Systems (CESFARM), Universitas Mataram

\*corresponding author, email : [Kartono1962@unram.ac.id](mailto:Kartono1962@unram.ac.id)

Manuscript received: 27-02-2026. Accepted: 26-03-2026

#### **ABSTRAK**

Ekosistem mangrove menyimpan karbon dalam bentuk biomassa dan tanah yang berperan dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur cadangan karbon tanah dan menganalisis keragaan vegetasi mangrove di Tanjung Batu Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Penelitian ini dilaksanakan dari Agustus hingga Oktober 2025 menggunakan metode eksperimental dan pengambilan sampel dilakukan menggunakan dengan metode *purposiv sampling* dengan enam titik sampel yang mewakili kondisi ekosistem. Sampel tanah diambil pada tiga kedalaman (0–15 cm, 15–30 cm, dan 30–45 cm) untuk analisis C-organik distribusi ukuran partikel, berat volume dan porositas. Analisis vegetasi dilakukan menggunakan petak 10 × 10 m untuk mendapatkan nilai kerapatan, dominasi, dan keragaman. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan C-organik tanah berkisar antara 1,47% hingga 7,02%, yang meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Cadangan karbon tanah berkisar antara 34,92–74,55 ton/ha dengan nilai rata-rata 53,53 ton/ha. Hasil nalisis vegetasi nilai keragaman 0,68 yang termasuk kategori rendah dikarenakan hanya dua spesies yang ditemukan yaitu *Rhizophora stylosa* dan *Avicennia lanata* dengan kerapatan total 4.483 pohon/ha dengan *Rhizophora stylosa* dengan nilai dominasi relatif sebesar 56,79%. Secara keseluruhan ekosistem mangrove Tanjung Batu memiliki kapasitas penyimpanan karbon tanah yang tinggi dan potensi sebagai penyerap karbon di kawasan pesisir. Kedalaman tanah, kerapatan vegetasi, berat volume tanah, dan porositas tanah berperan dalam menentukan besarnya cadangan karbon tanah.

**Kata kunci:** Karbon Tanah, Mangrove, Vegetasi

#### **ABSTRACT**

change mitigation efforts. This study aims to measure soil carbon stocks and analyze the performance of mangrove vegetation in Tanjung Batu, Sekotong District, West Lombok Regency. This study was conducted from August to October 2025 using an experimental method and sampling was carried out using a purposive sampling method with six sample points representing ecosystem conditions. Soil samples were taken at three depths (0–15 cm, 15–30 cm, and 30–45 cm) for analysis of organic C, particle size distribution, bulk density, and porosity. Vegetation analysis was carried out using 10 × 10 m plots to obtain density, dominance, and diversity values. The analysis results showed that the soil organic C content ranged from 1.47% to 7.02%, which increased with increasing soil depth. Soil carbon

stocks ranged from 34.92–74.55 tons/ha with an average value of 53.53 tons/ha. The vegetation analysis results showed a diversity value of 0.68, which is considered low because only two species were found, namely *Rhizophora stylosa* and *Avicennia lanata*, with a total density of 4,483 trees/ha, with *Rhizophora stylosa* having a relative dominance value of 56.79%. Overall, the Tanjung Batu mangrove ecosystem has a high soil carbon storage capacity and potential as a carbon sink in coastal areas. Soil depth, vegetation density, soil volume weight, and soil porosity play a role in determining the amount of soil carbon stocks.

**Keywords:** Soil carbon, Mangrove, Vegetation

## PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah fenomena meningkatnya suhu permukaan bumi yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), klorofluorokarbon (CFC), dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) metana (CH<sub>4</sub>), dan ozon (O<sub>3</sub>) (Ainurrohmah & Sudarti, 2022). Salah satu gas rumah kaca yang berperan secara signifikan dalam pemanasan global dikarenakan memiliki ketahanan paling lama di atmosfer adalah karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) bersirkulasi di udara sebagai gas rumah kaca dengan menyumbang 9-26% selama 75 tahun yang berkontribusi terhadap pemanasan global (Rahmawati *et al.*, 2016). Peningkatan konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer berasal dari kegiatan manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi (Kurniawan *et al.*, 2024).

Dampak dari pemanasan global adalah perubahan iklim seperti kekeringan dan cuaca ekstrem yang mengakibatkan banjir dan erosi serta peningkatan permukaan air laut akibat mencairnya es di kutub (Septaria *et al.*, 2019). Menurut Susilowati *et al.*, (2020) memaksimalkan fungsi hutan merupakan salah satu upaya dalam mitigasi perubahan iklim dengan peningkatan penyerapan karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Salah satu jenis hutan yang dapat melakukan penyerapan CO<sub>2</sub> adalah vegetasi mangrove (Fitria, 2021). Hutan mangrove dapat menyimpan karbon lima kali lebih besar dibandingkan dengan hutan daratan. Sebagian besar karbon tersimpan dalam bentuk karbon organik tanah yang berperan dalam upaya mitigasi perubahan iklim dan berpotensi menurunkan emisi karbon secara nasional sebesar 31% (Rahmanto, 2020). Mangrove menyimpan karbon yang diserap dari atmosfer dalam bentuk bahan organik dalam tanah dan biomassa (Baderan, 2017).

Tanah berperan sebagai media tumbuh dan tempat terakumulasinya bahan organik. Kemampuan tanah dalam menyimpan karbon di ekosistem mangrove mencapai diatas 50% dalam bentuk karbon organik tanah (Tahir *et al.*, 2023). Proses penyimpanan karbon dipengaruhi oleh keragaan vegetasi yang meliputi tingkat kerapatan, dominasi, dan keragaman yang mencerminkan tingkat produktivitas ekosistem tersebut (Kusmana, 2017). Vegetasi dengan keragaan yang optimal akan menjadi sumber bahan organik yang berasal dari sersah yang terakumulasi menjadi karbon tanah. Parameter vegetasi seperti kerapatan pohon mempengaruhi besarnya karbon tanah yang mampu disimpan di ekosistem mangrove (Angel *et al.*, 2026).

Data dari Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Dodokan Moyosari NTB tahun 2021 menunjukkan bahwa Provinsi Nusa Tenggara Barat memiliki hutan mangrove seluas 10.660 Ha. Luas hutan mangrove di pulau Lombok adalah 3.304, 64 Ha dengan penyebaran di Kabupaten Lombok Barat seluas 438,54 Ha, Kabupaten Lombok Tengah seluas 202,68 Ha, dan Kabupaten Lombok Timur seluas 2.663,42 Ha. Potensi karbon yang tersimpan pada kawasan pesisir Kabupaten Lombok Barat seperti pantai Sekotong menyimpan karbon sebesar 2.847,6 ton/ha dan serapan karbon sebesar 10.067,54 ton per hektar. Sedangkan pantai Cemara menyimpan karbon sebesar 7.456 ton/ha dan serapan karbon sebesar 27.364 ton/ha (Haryani *et al.*, 2022).

Mangrove Tanjung merupakan salah satu ekosistem mangrove yang berada di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat tepatnya di Desa Sekotong Tengah yang memiliki luas ekosistem mangrove 7.7 Ha (Utomo, 2021). Berdasarkan hasil penelitian dari Permata Sari *et al.*, (2022) total estimasi biomassa cadangan karbon di ekosistem mangrove Tanjung Batu yaitu 810,87 ton dan serapan karbonnya 3.048,87 ton dengan jenis *Rhizospora stylosa* menjadi penyumbang terbesarnya. Penelitian sebelumnya telah menganalisis estimasi cadangan karbon di atas permukaan tanah, namun informasi tentang cadangan karbon yang tersimpan didalam tanah pada ekosistem mangrove Tanjung Batu masih belum ada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur cadangan karbon tanah dan keragaan vegetasi mangrove Tanjung Batu di Sekotong, Kabupaten Lombok Barat.

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode eksperimental yang dirancang untuk menguji dan menganalisis kondisi lapangan secara sistematis. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung, pengukuran variabel penelitian, serta analisis data untuk memperoleh hasil yang objektif dan terukur. Penentuan lokasi dan titik koordinat pengambilan sampel dilakukan berdasarkan peta kawasan Mangrove Tanjung Batu, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, sehingga dapat ditentukan titik koordinat pengambilan sampel yang dapat mewakili kawasan tersebut.

#### ***Waktu dan Tempat Penelitian***

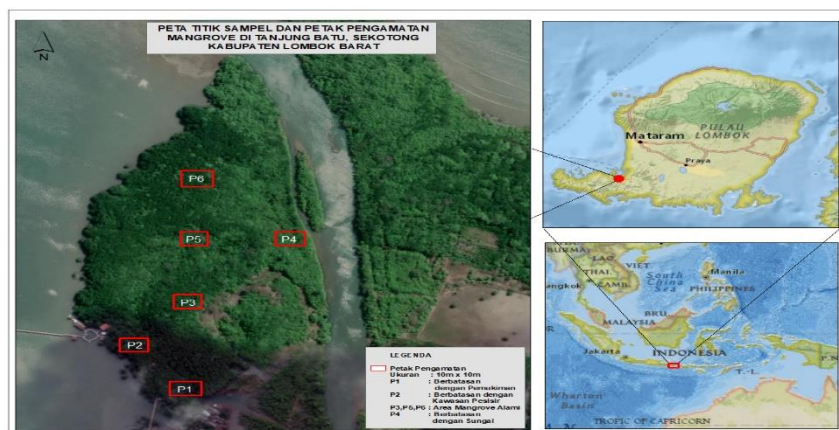
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober tahun 2025. Lokasi penelitian ini berada di Ekosistem Mangrove Tanjung Batu, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Posisi geografis berada pada 116.0468214 BT dan 8.7642224 LS. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah dan Laboratorium Kimia Tanah dan Biologi Tanah, Fakultas Pertanian. Universitas Mataram.

#### ***Alat dan Bahan Penelitian***

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning System* (GPS), pisau, meteran, pipa pvc 2 inch (6 cm) 45 cm, kertas label, ayakan, oven, cawan, penggaris, tabung reaksi, alat-alat di laboratorium. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah, aquades, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, dan bahan-bahan di laboratorium.

#### ***Pelaksanaan Penelitian***

Berdasarkan hasil survei pendahuluan ditentukan titik koordinat sampel tanah yakni berjumlah 6 titik sampel yang mewakili ekosistem Mangrove Tanjung Batu. Pengambilan sampel tanah dilakukan masing-masing tiga dengan tiga tingkat kedalaman yaitu 0-15 cm, 15-30 cm dan 30-45 cm pada setiap titik sehingga jumlah sampel keseluruhan terdapat 18 sampel. Peta lokasi penelitian dan petak pengamatan Mangrove Tanjung Batu, Sekotong, Kabupaten Lombok Barat dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Petak Pengamatan

### Analisis Tanah

Setelah melakukan pengambilan sampel tanah kemudian dilakukan analisis terhadap sampel tanah untuk mengetahui kandungan zat atau unsur hara tertentu pada tanah. Analisis tanah dan parameter dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis Tanah dan Parameter

No.	Parameter	Satuan	Metode Analisis
1	C-organik	%	<i>Walkley and Black</i>
2	Distribusi Partikel Tanah (Pasir, Debu dan Liat )	%	Pipet
3	Berat Volume Tanah	g/cm <sup>2</sup>	Gravimetri
4	Porositas	%	Perhitungan

Untuk menghitung stok karbon tanah (gram/cm<sup>2</sup>) menggunakan perhitungan menurut Yulnafatmawita & Yasin, (2018) yaitu :

$$Ct = BV \times d \times \% C \text{ organik... (gram/cm}^2\text{)}$$

Keterangan:

- Ct : Kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram (gram/cm<sup>2</sup>)
- d : Kedalaman sampel tanah (cm)
- BV : Berat Volume (gram/cm<sup>3</sup>)
- % C-organik : Nilai persentase kandungan karbon organik yang diperoleh dari hasil analisis di laboratorium

Untuk menghitung stok karbon tanah (ton/ha) menggunakan rumus yang mengacu pada Suich et al., (2017) yaitu:

$$C_{tanah} = Ct \times 100$$

Keterangan :

- C<sub>tanah</sub> : Stok karbon tanah per hektar (ton/ha)
- Ct : Stok karbon tanah (gram/cm<sup>2</sup>)
- 100 : Konversi dari gram/cm<sup>2</sup> ke ton/ha

### ***Analisis Vegetasi***

Untuk mengetahui keragaan vegetasi maka diperlukan analisis vegetasi yang bertujuan untuk mengetahui nilai kerapatan, dominasi dan keragaman vegetasi suatu hutan. Data vegetasi yang dikumpulkan dengan petak ukur 10m x 10m meliputi data jenis/spesies pohon dan diameter pohon dari setiap titik sampel yang disusun untuk mempresentasikan variasi kondisi ekosistem (Bengen, 2023). Kemudian data hasil analisis vegetasi diolah untuk mendapatkan nilai kerapatan dan dominasi dengan rumus sebagai berikut (Prasad Bhatt & Bhatt, 2016).

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah Individu}}{\text{Luas Petak}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{K Suatu Jenis}}{\text{K Total}} \times 100\%$$

$$\text{Dominasi (D)} = \frac{\text{Luas Bidang Dasar Spesies}}{\text{Luas Petak Contoh}}$$

$$\text{Dominasi Relatif (DR)} = \frac{\text{D Suatu Spesies}}{\text{D Seluruh Spesies}} \times 100\%$$

Selanjutnya analisis Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) dihitung menggunakan rumus keanekaragaman jenis Shannon sebagai berikut (Arya *et al*, 2023).

$$H' = \sum \frac{ni}{N} \log \frac{ni}{N}$$

Keterangan :

$H'$  : Keanekaragaman Jenis Shannon

$ni$  : Nilai Kerapatan Jenis

$N$  : Total Kerapatan Semua Jenis

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Gambaran Umum Ekosistem Mangrove Tanjung Batu (Lokasi Penelitian)***

Mangrove Tanjung Batu merupakan ekosistem mangrove yang berlokasi di Desa Sekotong Tengah Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat dengan luas 11 Ha dan luas ekosistem mangrove 7.7 Ha (Utomo, 2021). Secara administrasi ekosistem mangrove Tanjung Batu termasuk dalam Kawasan Ekosistem Esensial Koridor (KKE) Mangrove Teluk Lembar yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem ekologi kawasan pesisir. Tahun 2019 ekosistem mangrove berkembang menjadi destinasi ekowisata yang dikelola oleh pemerintah desa. Berdasarkan Perda Kabupaten Lombok Barat Tahun 39 2011 mengenai RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) di Kabupaten Lombok Barat Tahun 2011 – 2031 seluruh wilayah Kecamatan Sekotong merupakan kawasan strategis dengan sektor unggulan pariwisata. Kawasan ekosistem mangrove di kawasan pesisir pantai Kecamatan Sekotong dimanfaatkan dalam bentuk ekowisata lingkungan.

Ekosistem mangrove Tanjung Batu berada pada daerah pesisir yang dipengaruhi oleh aktivitas pasang surut sehingga mendukung akumulasi bahan organik dan sedimen halus. Kondisi ekosistem sesuai untuk pertumbuhan vegetasi mangrove yang berperan dalam menjaga stabilitas garis pantai, meredam energi gelombang serta menjadi habitat alami biota pesisir (Anwar *et al.*,

2023). Secara ekologis mangrove Tanjung Batu tersusun atas beberapa jenis vegetasi yaitu *Rhizophora Stylosa*, dan *Avicenna Lanata* yang membentuk struktur vegetasi khas wilayah tropis Indonesia. Vegetasi berkontribusi pada fungsi ekosistem khususnya dalam simpanan karbon biomassa dan tanah. Selain fungsi ekologis ekosistem mangrove Tanjung Batu dikembangkan sebagai ekowisata yang mendorong upaya konservasi dan rehabilitasi secara berkelanjutan (Permata Sari et al., 2022).

### Cadangan Karbon Tanah

Karbon tanah merupakan bahan organik hasil dekomposisi sisa tumbuhan, hewan dan manusia. Menurut Ayu et al., (2021) tinggi rendahnya karbon tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah, berat volume tanah, dan kedalaman tanah. Mangrove merupakan hutan yang paling besar menyimpan karbon dengan sebagian besar dialokasikan didalam tanah (Alongi, 2020). Hasil analisis cadangan karbon tanah di ekosistem mangrove Tanjung Batu dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 .Cadangan Karbon Tanah di Ekosistem Mangrove Tanjung Batu

Kode Sampel	C-Organik (%)			Berat Volume (g/cm <sup>2</sup> )			Karbon (ton/ha)			Rata-rata Karbon (ton/ha)
	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	
P1	1,47	1,72	2,33	1,29	1,26	1,25	28,32	32,67	43,78	34,92
P2	3,31	3,68	3,63	0,80	0,79	0,76	39,62	43,4	46,06	43,03
P3	2,44	2,90	3,18	1,36	1,35	1,34	49,93	58,46	63,76	57,38
P4	2,49	2,80	3,11	1,38	1,36	1,34	51,29	56,96	62,8	57,02
P5	4,65	4,96	5,15	0,75	0,74	0,72	52,48	54,87	55,53	54,29
P6	6,18	6,81	7,02	0,76	0,75	0,73	70,57	76,38	76,69	74,55
Rata-rata	<b>3,42</b>	<b>3,82</b>	<b>4,14</b>	<b>1,06</b>	<b>1,04</b>	<b>1,02</b>	<b>48,70</b>	<b>53,79</b>	<b>58,10</b>	<b>53,53</b>

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Kimia Tanah (2025)

Berdasarkan hasil analisis kandungan C-organik tanah di Ekosistem Mangrove Tanjung Batu menunjukkan variasi nilai C-organik pada setiap titik sampel dan kedalaman tanah. Kandungan C-organik tanah pada kedalaman 0-15 cm berkisar 1,47% hingga 6,18% . Nilai tertinggi ditemukan 6,18% pada titik P6 sedangkan nilai terendah 1,47% pada titik P1. Pada kedalaman 15-30 cm kandungan C-organik tanah berkisar antara 1,72% hingga 6,81% dengan nilai tertinggi ditemukan pada titik P6 dan nilai terendah ditemukan pada titik P1. Kedalaman 30-45 cm kandungan C-organik berkisar antara 2,33% hingga 7,02% dengan nilai tertinggi ditemukan pada titik P6 dan nilai terendah ditemukan pada titik P1. Menurut Ramanda et al., (2023) adanya aktivitas seperti pengolahan lahan untuk area penanaman cenderung terjadi di lapisan tanah atas, sehingga menyebabkan bahan organik tanah pada lapisan tanah atas terdekomposisi. Secara keseluruhan kandungan C-organik tanah berkisar 1,47% hingga 7,02%. Nilai terendah ditemukan pada titik P1 dengan kedalaman 0-15 cm sedangkan nilai tertinggi ditemukan pada titik P6 dengan kedalaman 30-45 cm. Kandungan C-organik didalam tanah secara umum cenderung meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Hal ini disebabkan oleh akumulasi bahan organik pada lapisan tanah yang lebih dalam dipengaruhi oleh sersah,akar mati serta kondisi tanah anaerob yang memperlambat dekomposisi bahan organik (Alongi, 2020).

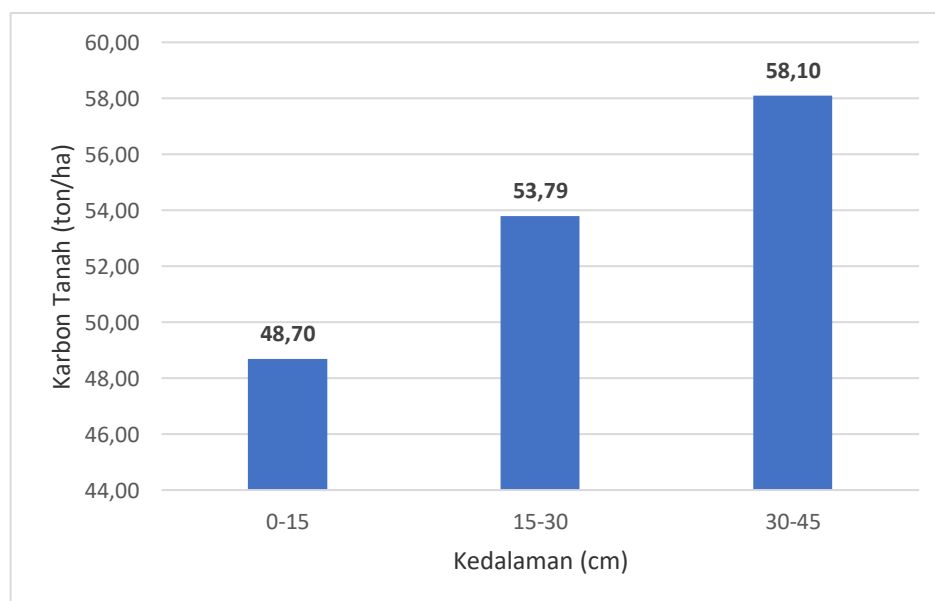
Berat volume tanah (BV) di ekosistem mangrove Tanjung Batu menunjukkan variasi berat volume tanah dan kedalaman. Pada kedalaman 0-15 cm nilai berat volume tanah berkisar 0,75

g/cm<sup>2</sup> hingga 1,38 g/cm<sup>2</sup>. Pada kedalaman 15-30 cm berat volume tanah berkisar 0,74 g/cm<sup>2</sup> hingga 1,36 g/cm<sup>2</sup> dan pada kedalaman 30-45 cm berkisar 0,72 g/cm<sup>2</sup> hingga 1,34 g/cm<sup>2</sup>. Nilai berat volume terendah ditemukan pada titik P6 yaitu berkisar 0,73 hingga 0,76 g/cm<sup>2</sup> sedangkan nilai tertinggi berada pada titik P3 dan P4 dengan nilai lebih dari 1.34 g/cm<sup>2</sup>. Secara keseluruhan rata-rata berat volume tanah berkisar 1,02 g/cm<sup>2</sup> hingga 1,06 g/cm<sup>2</sup> dengan nilai tertinggi berada pada kedalaman 0-15 cm sedangkan nilai terendah berada pada kedalaman 30-45 cm. Berat volume tanah mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman tanah disebabkan oleh meningkatnya kandungan bahan organik di dalam tanah. Menurut Muzzasari, (2025) tanah dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi biasanya memiliki berat volume yang lebih rendah. Rendahnya berat volume tanah berkaitan dengan tingginya kandungan bahan organik. Menurut Weil and Brady, (2017) tanah dengan kandungan bahan organik tinggi memiliki berat volume yang rendah. Tanah yang memiliki berat volume yang rendah memiliki struktur yang baik dengan banyak ruang pori yang memungkinkan pergerakan air, udara, dan pertumbuhan akar yang optimal.

Karbon tanah di Ekosistem Mangrove Tanjung Batu Karbon tanah pada kedalaman 0-15 cm berkisar antara 28,32 ton/ha hingga 70,57 ton/ha. Nilai karbon tertinggi ditemukan pada titik P6 sedangkan nilai terendah ditemukan pada titik P1. Pada kedalaman 15-30 cm karbon tanah berkisar antara 32,67 ton/ha hingga 76,38 ton/ha dengan nilai tertinggi ditemukan pada titik P6 dan nilai terendah ditemukan pada titik P1. Kedalaman 30-45 cm karbon tanah berkisar antara 43,78 ton/ha hingga 76,69 ton/ha dengan nilai tertinggi ditemukan pada titik P6 dan nilai terendah ditemukan pada titik P1. Secara keseluruhan karbon tanah berkisar antara 28,32 hingga 76,69 ton/ha. Karbon tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman tanah. Rata-rata nilai karbon tanah pada kedalaman 0-15 cm adalah 48,70 ton/ha mengalami peningkatan pada kedalaman 15-30 cm menjadi 53,79 ton/ha hingga pada kedalaman 30-45 cm mencapai nilai tertinggi sebesar 58,10 ton/ha. Nilai terendah berada pada titik P1 dengan nilai 28,32 ton/ha pada kedalaman 0-15 cm, sedangkan nilai tertinggi berada pada titik P6 dengan nilai 76,69 ton/ha pada kedalaman 30-45 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam lapisan tanah maka kandungan karbon akan semakin meningkat. Menurut Khatulistiwa et al.,(2024) karbon tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman tanah. Kondisi ini disebabkan oleh penumpukan karbon organik di dalam tanah dari sisa bahan organik yang berasal dari tanaman dan organisme yang terperangkap di lapisan tanah yang lebih dalam selama proses dekomposisi yang dikenal sebagai proses akumulasi karbon organik didalam tanah (Jang & Awiati, 2023).

Nilai rata-rata karbon tanah pada lokasi penelitian berkisar antara 34,92 ton/ha hingga 74,55 ton/ha dengan nilai terendah terdapat pada titik P1 dan nilai tertinggi pada titik P6. Secara keseluruhan nilai rata-rata karbon tanah adalah 53,53 ton/ha. Variasi nilai rata-rata karbon tanah dipengaruhi oleh variasi kerapatan vegetasi sebagai sumber bahan organik, berat volume dan kedalaman tanah. Ayu et al, (2021) menyatakan bahwa tinggi rendahnya karbon tanah dipengaruhi oleh bahan organik, berat volume tanah, dan kedalaman tanah. Hal ini sejalan dengan pendapat Putri et al, (2023) yang menyatakan bahwa kerapatan mangrove sangat mempengaruhi peningkatan karbon organik yang tersimpan dalam tanah. Semakin tinggi kerapatan vegetasi mangrove maka semakin besar karbon organik yang tersimpan di dalam tanah. Total rata-rata karbon tanah pada beberapa kedalaman dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:

Berdasarkan grafik di bawah karbon tanah menunjukkan pola peningkatan seiring bertambahnya kedalaman tanah. Pada kedalaman 0-15 cm memiliki nilai rata-rata 48,70 ton/ha kemudian mengalami peningkatan pada kedalaman 15-30 cm menjadi 53,79 ton/ha dan mencapai nilai tertinggi 58,10 ton/ha pada kedalaman 30-45 cm. Tingginya kandungan karbon pada kedalaman tanah diatas 30 cm disebabkan oleh endapan bahan organik yang berlangsung lebih lama dan lebih stabil (Syafa & Farhaby, 2024). Rendahnya karbon pada kedalaman 0-15 cm dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dan pasang surut yang mengakibatkan proses dekomposisi bahan organik sehingga karbon terlepas kembali ke atmosfer (Gregory et al., 2024). Pada lapisan 30-45 cm bahan organik yang berasal dari serasah dan akar mati terakumulasi dan terlindungi dari oksidasi sehingga kandungan karbon tanah menjadi lebih tinggi. Sistem perakaran Mangrove yang berkembang secara vertikal berperan dalam simpanan karbon di dalam tanah. Menurut (Lovelock et al.,(2017) sebagian besar karbon tanah mangrove berasal dari bahan organik yang terperangkap pada sedimen halus yang terlindungi dari proses degradasi.



Gambar 2. Rata-rata Karbon Tanah Pada Beberapa Kedalaman

Total nilai rata-rata cadangan karbon tanah secara keseluruhan pada enam titik lokasi pengamatan adalah 53,53 ton/ha dengan total kerapatan vegetasi 4.483 pohon/ha. Penelitian Safitri et al., (2025) menunjukkan karbon tanah di Kapanewon Kretek, Kabupaten Bantul pada kedalaman 30-60 cm dengan nilai 403 ton/ha sedangkan pada kedalaman 0-30 cm sebesar 21,01 ton/ha. Total kerapatan vegetasi sebesar 2.266 pohon/ha. Penelitian Oktaviona et al., (2017) menunjukkan rata-rata karbon organik tanah pada Jorong Ujuang Labuang ini adalah sebesar 48,22 ton/ha dengan rata-rata kerapatan vegetasi 3.088 pohon/ha. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata karbon tanah di ekosistem mangrove Tanjung Batu lebih tinggi dibandingkan di desa Ujung Labuang, Sumatera Barat dan Kapanewon Kretek, Kabupaten Bantul. Perbedaan nilai karbon tanah dipengaruhi oleh tingkat kerapatan vegetasi sebagai sumber bahan organik di dalam tanah. Tingginya kemampuan tanah di Ekosistem Mangrove Tanjung Batu dalam menyimpan karbon dalam jumlah besar pada skala ekosistem menunjukkan bahwa ekosistem mangrove berperan penting sebagai simpanan karbon pada wilayah pesisir. Hasil ini sejalan dengan penelitian Donato et al., (2012) menyatakan bahwa mangrove merupakan salah satu ekosistem dengan cadangan

karbon tanah tertinggi dibandingkan hutan tropis lainnya. Ekosistem mangrove menyerap karbon dan menyimpan karbon dalam jumlah besar dalam jangka waktu panjang, mengurangi akumulasi gas rumah kaca serta menjadi mitigasi alami terhadap pemanasan global (Wigner et al., 2024).

### Keragaan Vegetasi

Keragaan vegetasi merupakan parameter ekologi yang menggambarkan kondisi fisik vegetasi pada suatu ekosistem. Keragaan vegetasi meliputi kerapatan, dominasi keragaman vegetasi dan jenis spesies. Distribusi kerapatan vegetasi mangrove Tanjung Batu dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

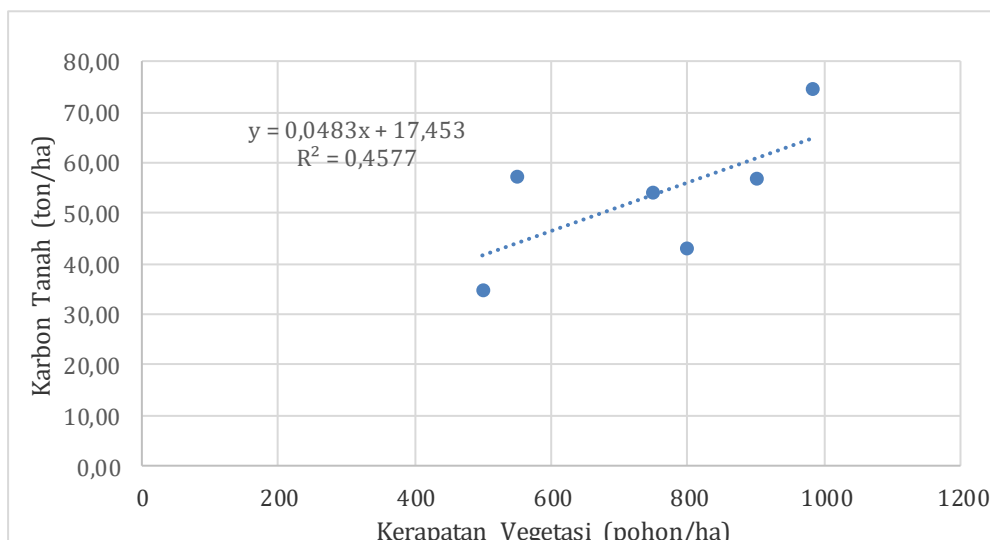
Tabel 3. Distribusi Kerapatan Vegetasi Mangrove Tanjung Batu

Petak	Spesies (Pohon)		Jumlah	Kerapatan (Pohon/ha)	Harkat *)
	<i>Rhizophora Stylosa</i>	<i>Avicenna Lanata</i>			
P1	30	0	30	500	Rendah
P2	35	13	48	800	Rendah
P3	31	2	33	550	Rendah
P4	1	53	54	900	Rendah
P5	23	22	45	750	Rendah
P6	39	20	59	983	Rendah
Jumlah	<b>159</b>	<b>110</b>	<b>269</b>	<b>4.483</b>	

\*)Harkat Bersumber dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004

Berdasarkan hasil analisis vegetasi di Ekosistem Mangrove Tanjung Batu ditemukan dua jenis spesies mangrove yaitu *Rhizophora Stylosa* dengan jumlah 159 pohon dan *Avicenna Lanata* 110 pohon dengan total 269 pohon. Kerapatan vegetasi berkisar antara 500 hingga 983 pohon/ha dengan jumlah keseluruhan adalah 4.483 pohon/ha. Kerapatan tertinggi ditemukan pada titik P6 dan kerapatan terendah ditemukan pada titik P1. Secara keseluruhan distribusi kerapatan vegetasi termasuk kategori rendah dikarenakan jumlah pohon yang ditemukan pada petak lebih sedikit. Perbedaan nilai kerapatan vegetasi menunjukkan variasi kondisi lingkungan seperti ketebalan sendimen dan genangan pasang surut. Kerapatan tertinggi di titik P6 dengan dominasi *Rhizophora Stylosa* memiliki perakaran tunjang yang rapat sehingga mampu tumbuh optimal pada kondisi tergenang sedangkan titik P4 didominasi oleh *Avicenna Lanata* yang tumbuh pada kondisi substrat padat dan berlumpur keras (Tomlinson, 2016). Korelasi kerapatan vegetasi dan karbon tanah dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut:

Berdasarkan grafik korelasi kerapatan vegetasi dan karbon tanah menunjukkan bahwa setiap peningkatan kerapatan vegetasi (pohon/ha) meningkatkan karbon tanah 4,83 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rapat vegetasi mangrove semakin tinggi juga karbon tanah. Nilai koefisien determinasi sebesar  $R^2: 0,4577$  menunjukkan bahwa 45,77% karbon tanah dapat dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi. Sebaran titik pada grafik menunjukkan bahwa variasi karbon tanah dan kerapatan vegetasi relatif sama. Hal ini menunjukan bahwa kerapatan vegetasi bukanlah satu-satunya faktor penentu karbon tanah. Hubungan positif antara kerapatan vegetasi dan karbon tanah terjadi karena kerapatan vegetasi menghasilkan bahan organik yang lebih besar berupa serasah daun, ranting dan biomassa akar (Alongi, 2020).



Gambar 3. Korelasi Kerapatan Vegetasi dan Karbon Tanah

Hasil analisis keragaan vegetasi Mangrove Tanjung Batu dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Keragaan Vegetasi Mangrove Tanjung Batu

No.	Spesies	Kerapatan (Pohon/ha)	KR (%)	DR (%)	Keanekaragaman (H')
1	<i>Rhizophora Stylosa</i>	2.650	59,11	56,79	0,31
2	<i>Avicenna Lanata</i>	1.833	40,89	43,21	0,37
Jumlah		4.483	100	100	0,68

\*) KR : Kerapatan Relatif, DR : Dominasi Relatif dan H' : Indeks Keanekaragaman

Berdasarkan hasil analisis vegetasi pada tabel 4. total kerapatan vegetasi pada spesies *Rhizophora Stylosa* adalah 2.650 pohon/ha dan *Avicenna Lanata* 1.833 pohon/ha dengan total keseluruhan adalah 4.483 pohon/ha. Secara keseluruhan kerapatan vegetasi pada ekosistem mangrove Tanjung Batu memiliki tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi. Tingginya kerapatan vegetasi disebabkan oleh substrat yang cocok dan tingginya kemampuan beradaptasi dengan kondisi lingkungan (Nicolas et al., 2021). Spesies *Rhizophora Stylosa* merupakan spesies yang paling dominan dengan kerapatan relatif (KR) 59,11% dan tingkat dominasi relatif (DR) 56,79%. Spesies *Avicenna Lanata* memiliki total kerapatan vegetasi 1.833 pohon/ha dengan kerapatan relatif (KR) 40,89% dan tingkat dominasi relatif (DR) 43,21%. Dominasi yang tinggi oleh spesies *Rhizophora Stylosa* berkaitan dengan kemampuan adaptasi terhadap kondisi berlumpur dan tergenang. 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, 2023).

Hasil analisis keragaman vegetasi menunjukkan nilai 0,68. Nilai ini termasuk kategori keragaman rendah ( $H' < 1$ ). Rendahnya nilai keragaman vegetasi disebabkan oleh jenis spesies yang ditemukan terbatas dan didominasi oleh jenis spesies tertentu seperti *Rhizophora Stylosa*. Kondisi dominasi spesies *Rhizophora Stylosa* yang tinggi menyebabkan distribusi antara spesies tidak merata sehingga berdampak pada rendahnya nilai keragaman. Keragaman vegetasi mangrove secara alami lebih rendah dibandingkan dengan hutan tropis dikarenakan hanya sedikit spesies yang dapat tumbuh dengan baik karena mangrove memiliki banyak keterbatasan untuk

mendukung pertumbuhan tanaman, seperti kondisi substrat, pasang surut, banjir, dan kecepatan angin (Nugraha et al., 2020).

**Karakteristik Fisik Tanah**

Karakteristik fisik tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan karbon khusus nya pada ekosistem mangrove yang didominasi kondisi anaerob dan input bahan organik yang tinggi. Parameter fisik yang dianalisis merupakan sebaran partikel tanah dan porositas tanah. Hasil analisis partikel tanah dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Rata- rata Sebaran Ukuran Partikel Tanah Pada Beberapa Kedalaman

Kode Sampel	Pasir (%)			Debu (%)			Liat (%)		
	Kedalaman (cm)								
	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45
P1	71,46	70,93	70,40	2,53	5,14	6,20	26,00	23,92	23,40
P2	62,40	59,73	65,07	8,74	9,32	6,33	28,87	30,94	28,60
P3	78,40	75,73	78,13	3,40	5,80	1,07	18,20	18,24	20,80
P4	58,80	57,07	59,73	14,43	14,60	14,78	28,86	28,34	25,49
P5	78,93	70,67	78,40	8,06	5,93	6,78	13,00	23,40	14,82
P6	69,60	70,67	68,00	1,80	3,33	7,82	28,60	26,00	24,18
Rata-rata	<b>69,93</b>	<b>67,47</b>	<b>69,96</b>	<b>6,49</b>	<b>7,35</b>	<b>7,16</b>	<b>23,92</b>	<b>25,14</b>	<b>22,88</b>

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Fisika Tanah (2025)

Berdasarkan hasil penelitian sebaran butir partikel tanah menunjukkan bahwa sebaran butir partikel tanah pada seluruh titik pengamatan didominasi oleh fraksi pasir. Nilai rata-rata pada kedalaman 0-15 cm adalah 69,93%, pada kedalaman 15-30 cm nilai rata-rata adalah 67,47% serta pada kedalaman 30-45 cm nilai rata-ratanya 69,96%. Secara keseluruhan rata-rata fraksi pasir adalah 67,47% hingga 69,96%. Dominasi fraksi pasir menunjukkan bahwa tanah mangrove pada lokasi penelitian tergolong lempung berpasir yang umumnya ditemukan pada kawasan pesisir dengan kondisi pasang surut yang tinggi. Fraksi debu memiliki persentase yang relatif rendah berkisar 6,49% hingga 7,35% sedangkan fraksi liat berkisar antara 22,88% hingga 25,14%. Menurut Sulistyorini et al, (2020) tanah yang didominasi liat akan menghasilkan karbon organik lebih besar dibandingkan tanah pasiran. Hal ini dikarenakan tanah dengan tekstur pasir memiliki butiran yang lebih besar sehingga mudah mengalami pencucian. Meskipun tanah pada lokasi penelitian didominasi oleh fraksi pasir akan tetapi adanya fraksi liat tetap berperan dalam proses penyimpanan karbon didalam tanah dikarenakan partikel liat memiliki kemampuan mengikat bahan organik (Hakim et al, 2016). Hasil analisis porositas tanah dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Distribusi Porositas Tanah Pada Beberapa Kedalaman

Kode Sampel	Porositas Tanah (%)		
	Kedalaman (cm)		
	0-15 cm	15-30 cm	30-45cm
P1	22,70	23,75	23,73
P2	54,76	54,90	57,16
P3	24,52	24,23	25,64
P4	23,90	22,93	24,77
P5	54,82	59,41	56,54
P6	55,69	58,26	59,28
Rata-rata	<b>39,40</b>	<b>40,58</b>	<b>41,19</b>

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Fisika Tanah (2025)

Porositas tanah menunjukkan nilai porositas dan kedalaman tanah. Pada kedalaman 0-15 cm porositas berkisar antara 22,70% hingga 55,69 % dengan porositas tertinggi berada pada titik P6 dan porositas terendah pada titik P1. Pada kedalaman 15-30 cm nilai porositas tanah berkisar antara 22,93 % hingga 59,41% dengan nilai tertinggi berada pada titik P5 dan nilai terendah berada pada titik P4. Kedalaman 30-45 cm porositas tanah berkisar antara 23,73% hingga 59,29% dengan nilai tertinggi berada pada titik P6 dan nilai terendah berada pada titik P1. Secara keseluruhan nilai rata-rata porositas tanah berkisar antara 39,40% hingga 41,19% dengan nilai tertinggi berada pada titik P5 dan P6 yang mencapai lebih dari 54% sedangkan nilai terendah berada pada titik P1 pada kedalaman 0-15 cm dengan nilai 22,70%.

Porositas tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman tanah disebabkan oleh meningkatnya kandungan C-organik seiring bertambahnya kedalaman tanah. Tingginya porositas tanah disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik, tekstur dan struktur tanah (Suhaimi et al., 2025). Tanah dengan total porositas yang tinggi memiliki banyak ruang untuk pergerakan air, udara, dan pertumbuhan akar. Tingginya porositas tanah dan rendahnya berat volume tanah menunjukkan bahwa tanah mangrove memiliki ruang pori yang besar untuk menyimpan air dan bahan organik sehingga menciptakan kondisi tanah anaerob yang meningkatkan penyimpanan karbon.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa cadangan karbon tanah di kawasan mangrove Tanjung Batu memiliki rata-rata sebesar 53,53 ton/ha. Distribusi karbon menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah, yaitu 48,70 ton/ha pada kedalaman 0–15 cm, 53,79 ton/ha pada kedalaman 15–30 cm, dan 58,10 ton/ha pada kedalaman 30–45 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan tanah yang lebih dalam memiliki kontribusi lebih besar terhadap penyimpanan karbon.

Selain itu, keragaan vegetasi menunjukkan tingkat keragaman yang rendah dengan nilai indeks sebesar 0,68, yang disebabkan oleh hanya ditemukannya dua spesies mangrove, yaitu *Rhizophora stylosa* dan *Avicennia lanata*. Meskipun demikian, tingkat kepadatan vegetasi tergolong tinggi dengan nilai 4.483 pohon/ha, di mana *Rhizophora stylosa* merupakan spesies yang paling dominan. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur vegetasi cukup padat namun kurang bervariasi secara ekologis..

### Saran

endahnya tingkat keragaman vegetasi pada ekosistem mangrove Tanjung Batu menunjukkan perlunya upaya rehabilitasi dan pengayaan spesies (*enrichment planting*) untuk meningkatkan keberagaman hayati. Penambahan spesies mangrove lain yang sesuai dengan kondisi ekologis kawasan perlu dilakukan guna memperkuat stabilitas ekosistem dan meningkatkan fungsi ekologis kawasan pesisir.

Selain itu, diperlukan strategi pengelolaan berkelanjutan yang melibatkan pemantauan rutin terhadap kondisi vegetasi dan cadangan karbon tanah, sehingga perubahan ekosistem dapat terdeteksi secara dini. Keterlibatan masyarakat dalam kegiatan konservasi juga menjadi aspek penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove di wilayah pesisir kepulauan Indonesia.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ainurrohmah, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(3), 1. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i3.13359>
- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Arya M. Haikal Akram, S. L., & Shabrina, H. (2023). *KEANEKARAGAMAN, KEKAYAAN, DAN KEMERATAAN JENIS TUMBUHAN DI BLOK PERLINDUNGAN TAHURA NURAKSA PULAU LOMBOK*. (1), 11–21.
- Baderan, D. W. K. (2017). Kerapatan, Nilai Biomassa dan Serapan Karbon Spesies Ceriops tagal (Perr.) C. B. Rob di Wilayah Pesisir Tabulo Selatan Provinsi Gorontalo. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek*, 180–187. <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/snpbs/article/view/392>
- Bengen, D., Y. Yonvitner, and R. R. (2023). *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Mangrove* (Bayu Nugraha (ed.); Vol. 23, Issue February). IPB Press. [https://www.researchgate.net/publication/368476554\\_Pedoman\\_Teknis\\_Pengenalan\\_dan\\_Pengelolaan\\_Mangrove](https://www.researchgate.net/publication/368476554_Pedoman_Teknis_Pengenalan_dan_Pengelolaan_Mangrove)
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2012). Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *CIFOR Brief*, 13(12), 12.
- Fitria, A. (2021). Ekosistem Mangrove dan Mitigasi Pemanasan Global. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 2(1), 29–34. <https://doi.org/10.55448/ems.v2i1.20>
- Haryani, H., Muhlis, M., & Santoso, D. (2022). Potential Carbon Content in The Coastal Mangrove Forests Area Of West Lombok District, West Nusa Tenggara Province. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 698–704. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3647>
- Kurniawan, J., Razak, A., Syah, N., Diliarosta, S., Azhar, A., Studi, P., Lingkungan, I., Sarjana, S. P., & Padang, U. N. (2024). *Pemanasan Global: Faktor, Dampak dan Upaya Penanggulangan*. 3(6), 646–655. <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i6.4627>
- Nugroho, Y., Suyanto, Makinudin, D., Aditia, S., Yulimasita, D. D., Afandi, A. Y., Harahap, M. M., Matatula, J., & Wirabuana, P. Y. A. P. (2022). Vegetation diversity, structure and composition of three forest ecosystems in Angsana coastal area, South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(5), 2640–2647. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230547>
- Permata Sari, D., Syaputra, M., & Webliana B, K. (2022). Biomassa dan Serapan Karbon Hutan Mangrove Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat. *Journal of Forest Science Avicennia*, 5(2), 95–103. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i1.20569>
- Prasad Bhatt, R., & Bhatt, S. (2016). Floristic Composition and Change in Species Diversity over Long Temporal Scales in Upper Bhotekoshi Hydropower Project Area in Nepal. *American Journal of Plant Sciences*, 07(01), 28–47. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.71004>
- Rahmanto, B. D. (2020). *Peta Mangrove Nasional dan Status Ekosistem Mangrove di Indonesia. Webinar of Development for Mangrove Monitoring Tools in Indonesia*.
- Rahmawati, Laily, & Haryono, E. (2016). Studi Optimalisasi Sequestrasi Karbon Dioksida (Co2)

- Berbasis Rumah Tangga. *Majalah Geografi Indonesia*, 26(1), 59–79.
- Septaria, K., Dewanti, B. A., & Habibulloh, M. (2019). Implementasi Metode Pembelajaran Spot Capturing Pada Materi Pemanasan Global untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 7(1), 27. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v0i0.1379>
- Suich, H., Lugina, M., Muttaqin, M. Z., Alviya, I., & Sari, G. K. (2017). Payments for ecosystem services in Indonesia. *Oryx*, 51(3), 489–497. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000259>
- Susilowati, M. W., Purnomo, P. W., & Solichin, A. (2020). Estimasi Serapan Co2 Berdasarkan Simpanan Karbon Pada Hutan Mangrove Desa Tambakbulusan Demak Jawa Tengah. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 86–94. <https://doi.org/10.14710/jpl.2020.29763>
- Tomlinson, P. B. (2016). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Utomo, D. N. N. (2021). *Analisis Kesesuaian Lahan Dan Daya Dukung Untuk Pengembangan Kawasan Ekowisata Mangrove Tanjung Batu, Sekotong, Lombok Barat*. Dr. Rudianto, MA dan Dr. Ir. Guntur, Ms. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/186600/>
- Wagai, Rota & Mayer, Lawrence. (2018). Sorptive stabilization of organic matter in soils by hydrous iron oxides. *Geochim Cosmochim Acta* 71: 25-35. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 71. 25-35. [10.1016/j.gca.2006.08.047](https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.08.047).
- Yudono, P., Sulistyarningsih, E., & Hanudin, E. (2018). *KABUPATEN KULON PROGO Effect of soil conditioner on soil physics and shallot yield in coastal sandy land of Bugel Oleh : STPP Jurusan Penyuluhan Pertanian Yogyakarta , Jl . Kusumanegara No 2 Yogyakarta Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UGM , B. 12(1), 67–77.*
- Yulnafatmawita, & Yasin, S. (2018). Organic carbon sequestration under selected land use in Padang city, West Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 129(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/129/1/012021>