

## Estimation of Biomass and Below Ground Carbon in the Lepar Island Mangrove Ecosystem, South Bangka Regency

(Estimasi Biomassa dan Below Ground Karbon Pada Ekosistem Mangrove Pulau Lepar Kabupaten Bangka Selatan)

Arthur Muhammad Farhaby<sup>1)</sup>, Desi Aprilita<sup>1)</sup>, Henri<sup>2)</sup>, Okto Supratman<sup>1)</sup>, Wahyu Adi<sup>1)</sup>, Jemi Ferizal<sup>1)</sup>

<sup>1</sup> Department of Water Resources Management.

<sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Agriculture, Fisheries and Biology, Bangka Belitung University Integrated Campus Bangka Belitung University, Balunijuk Kab. Bangka

\*Corresponding author: [amfarhaby88@gmail.com](mailto:amfarhaby88@gmail.com)

Manuscript received: 18 Oct 2023. Revision accepted: 28 Feb. 2024

### Abstract

Mangrove ecosystems are similar to other forest ecosystems in that they play a role in absorbing CO<sub>2</sub> from the atmosphere. Mangrove ecosystems can store more carbon compared to most rainforests. This is because mangrove plants utilize CO<sub>2</sub> for photosynthesis and store it in the form of biomass and sediments. The purpose of this research is to determine the potential of mangrove ecosystems in absorbing and storing carbon, particularly the content of below-ground carbon and Biomass from several locations on Lepar Island. The data collection method used systematic sampling, where the placement of sampling plots had regular distances from the sea to the land. Substrate samples were taken using a core sampler tool and analyzed using the Loss of Ignition (LOI) method to determine carbon content. The research results showed that the average soil density at all stations was 1.0 g/cm<sup>3</sup>. The average percentage of organic carbon at all stations was 0.09 C%. The average total carbon content at all stations was 105.73 tons/ha. Mangrove forests are capable of storing a large amount of carbon in both biomass and sediments.

Keywords: Belowground, Carbon, Lepar Island

### Abstrak

Ekosistem mangrove sama halnya dengan ekosistem hutan lain yang memiliki peran sebagai penyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer. Ekosistem mangrove mampu menyimpan lebih banyak karbon dibandingkan dengan kebanyakan hutan hujan. Hal ini dikarenakan tumbuhan mangrove memanfaatkan CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa dan sedimen. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi ekosistem mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon terutama kandungan pada Belowground Carbon mangrove dan Biomassa dari beberapa lokasi yang ada di pulau lepar. Metode pengambilan data dilapangan menggunakan systematic sampling method, dimana penempatan plot sampling memiliki jarak yang teratur antar plot dari laut ke darat. Pengambilan sampel substrat menggunakan alat core sampler dan dilakukan dengan metode komposit. kemudian dianalisis kandungan karbon menggunakan metode Loss of Ignition (LOI). Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata densitas tanah seluruh stasiun yaitu sebesar 1,0 g/cm<sup>3</sup>. Nilai rata-rata presentase karbon organik pada seluruh stasiun yaitu sebesar 0,09 C%. Nilai rata-rata kandungan karbon total pada seluruh stasiun yaitu sebesar 105,73 ton/ha. Hutan mangrove mampu menampung kandungan karbon dengan jumlah besar baik di biomassa dan sedimen.

Kata Kunci :Belowground, Karbon, Pulau Lepar

### PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove sama halnya dengan ekosistem hutan lain yang memiliki peran sebagai penyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer.

Ekosistem mangrove mampu menyimpan lebih banyak karbon dibandingkan dengan kebanyakan hutan hujan (Farhaby & Utama, 2019). Keberadaan hutan mangrove di wilayah pesisir diyakini sangat

potensial sebagai salah satu upaya penurunan kandungan gas CO<sub>2</sub> dari atmosfer. Hutan mangrove mampu menyimpan karbon empat kali lebih banyak dibandingkan dengan hutan lainnya yang. Hal ini dikarenakan tumbuhan mangrove memanfaatkan CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa dan sedimen (Kauffman & Donato, 2012; Schaduw et al., 2021).

Potensi ekosistem hutan mangrove dalam menyediakan jasa lingkungan sebagai upaya dalam mitigasi perubahan iklim belakangan menjadi topik yang menjadi perhatian dunia (Kepel et al., 2017). Pemerintah juga mendorong karbon sebagai salah satu potensi yang dimiliki oleh ekosistem mangrove yaitu munculnya aturan tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon Untuk Pencapaian Target Kontribusi Yang Ditetapkan Secara Nasional Dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Pembangunan Nasional (Peraturan Presiden, 2021).

Menyikapi hal tersebut, pemerintah juga telah menerbitkan Peraturan Presiden Nomor 120 Tahun 2020 tentang Badan Restorasi Gambut dan Mangrove untuk melaksanakan percepatan rehabilitasi mangrove, terutama pada 9 provinsi prioritas yang di dalamnya termasuk Provinsi Bangka Belitung, sebagai upaya memulihkan fungsi ekologis dan ekonomis ekosistem mangrove.

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung memiliki luas tutupan ekosistem mangrove sebesar 273.692,81 (Direktorat Konservasi Tanah dan Air Ditjen PDASRH, 2021). Salah satu wilayah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki potensi ekosistem mangrove yang masih dikategorikan baik dari segi fisik maupun fungsi yang masih alami antara lain di pulau-pulau kecil di bagian selatan pulau bangka seperti pulau lepar, kelapan, dan kepulauan lepar pongok (Farhaby et al., 2020)

Pulau Lepar sebuah pulau yang merupakan bagian dari Kecamatan Kepulauan Pongok di Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki potensi mangrove

dengan karakteristiknya sebagai ekosistem pulau-pulau kecil.

Mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap karbon di bawah permukaan tanah (below ground). Sehingga perlunya penelitian mengenai kemampuan ekosistem mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam mereduksi emisi gas CO<sub>2</sub> sebagai upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK).

Data mengenai potensi stok karbon hutan mangrove ini sangat diperlukan dalam upaya pengelolaan ekosistem mangrove sebagai salah satu ekosistem *blue carbon*. Sehingga perlu adanya penelitian mengenai potensi ekosistem mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon terutama kandungan pada *Belowground Carbon mangrove dan Biomassa* dari beberapa lokasi yang ada di pulau lepar.

## METODE PENELITIAN

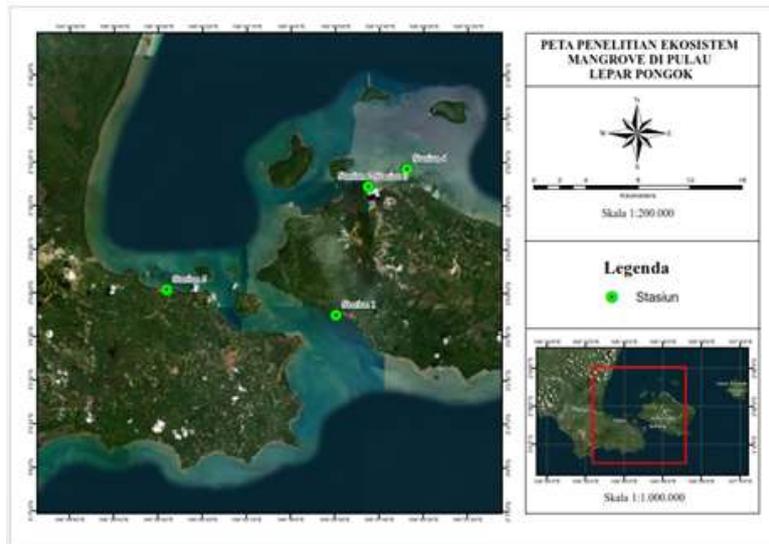
Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal bulan Agustus 2023, di Pulau Lepar Kabupaten Bangka Selatan dengan mengambil 5 stasiun yang mewakili masing masing desa yang ada di Pulau Lepar (stasiun 1 Penutuk; stasiun 2 dan 3 Kumbang; stasiun 4 Tanjung Sangkar; stasiun 5 Tukak) lebih jelas mengenai lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar.1.

Metode pengambilan data dilapangan menggunakan systematic sampling method, dimana penempatan plot sampling memiliki jarak yang teratur antar plot dari laut ke darat (Gambar 2). Identifikasi jenis mangrove menggunakan panduan dari (Giesen et al., 2007). Pengambilan data dilakukan pada seluruh pohon yang ada di dalam plot. Adapun plot yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan plot berbentuk lingkaran berdiameter 20 m dengan jarak antar plot sejauh 25 m. Ukuran plot berdiameter 20 m ( $r = 10$  m,  $A = 314$  m<sup>2</sup>) untuk mengukur pohon dengan ukuran diameter > 5 cm (BSNI, 2011; Donato et al., 2011; Kauffman & Donato, 2012).

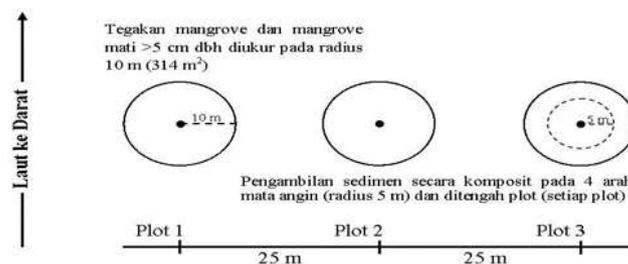
Pengukuran dan pendugaan kerapatan vegetasi dan biomassa menggunakan metode non destructive

sampling method yaitu metode tanpa penebangan untuk mengurangi kerusakan pada mangrove. Pengukuran diameter

mangrove setinggi dada di lapangan mengacu pada (Dharmawan et al., 2020) SNI 7724 ; 2011 (BSNI, 2011).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan plot sampel penelitian di Pulau Lepar

**Metode Pengambilan Data**

Pengambilan sampel substrat menggunakan alat core sampler dan dilakukan dengan metode komposit, yaitu mencampurkan contoh tanah dari kelima titik contoh tanah pada kedalaman 30 cm, untuk mengetahui kandungan C-organik. Pengambilan sampel dilakukan pada keempat arah mata angin dan di tengah-tengah plot. Selanjutnya sampel substrat yang telah di dikomposit, diambil sebanyak ± 300 gram dari berat total, sebagai sampel contoh untuk selanjutnya dianalisis kandungan karbon menggunakan metode *Loss of Ignition (LOI)* mengacu (Kauffman & Donato, 2012; Schaduw et al., 2021)

Data yang dihitung adalah kedalaman sedimen, kepadatan tanah, kepadatan karbon, perkiraan karbon, persentase karbon organik dalam sedimen.

Perhitungan yang digunakan untuk menganalisis data mengacu pada (Howard et al., 2014; Marbun et al., 2020)

1. Densitas tanah adalah berat partikel per satuan volume dan pori tanah. Persamaan 1 menunjukkan rumus yang digunakan untuk menghitung densitas tanah (BD).

$$Densitas Tanah = \frac{oven\ dry\ mass\ (g)}{sample\ volume\ (Cm^3)}$$

Dimana:

Densitas tanah = Kadar isi substrat lumpur (gram/cm<sup>3</sup>)  
 Oven - dry mass =Massa sampel yang dikeringkan (gram)  
 sample volume (cm<sup>3</sup>) =Volume sampel (cm<sup>3</sup>)

2. Pengabuan Kering (loss on ignition) dihitung menggunakan persamaan 2:

$$\%BO = ((Wo-Wt)/Wo \times 100).....(2)$$

Dimana:

%BO = Persentase bahan organik sedimen yang hilang pada proses pembakaran.

Wo = Berat kering sebelum pembakaran (gram)

Wt = Berat akhir setelah pembakaran (gram)

- Konversi persentase bahan organik menjadi persentase karbon dihitung menggunakan persamaan 3:

$$\% C = (0,580) \times \% BO \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

% C= Kandungan Karbon bahan sedimen Organik

% BO= Persentase bahan organik sedimen (pengabuan)

0,580= Konstanta untuk mengkonversi % bahan organik menjadi %C organik.

- Kandungan densitas karbon pada tanah diestimasi dengan persamaan 4:

$$\text{Soil C density (g C cm}^{-3}\text{)} = \%C \times \text{BD (densitas tanah)}\dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

Soil C density (g C cm<sup>-3</sup>) = Densitas Karbon

%C = Kandungan karbon bahan sedimen organik

BD = Densitas tanah (g/cm<sup>3</sup>)

- Kandungan karbon total:

$$\text{Soil C (MgC ha}^{-1}\text{)} = \text{BD} \times \text{SDI} \times \%C\dots\dots(5)$$

Dimana:

Soil C (MgC ha<sup>-1</sup>)= Estimasi Simpanan Karbon

BD = Densitas tanah (g/cm<sup>3</sup>)

SDI = Interval Kedalaman Sampel (cm)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Kerapatan dan Tegakan Mangrove di Pulau Lepar

Adapun hasil Analisis data dalam penelitian estimasi stok karbon pada ekosistem mangrove di Pulau Lepar Kabupaten Bangka Selatan didapatkan seperti pada Tabel 1.

Komposisi jenis Mangrove terbanyak di temukan pada stasiun II dan V yaitu sebanyak 6 spesies dengan nilai kerapatan 1885 ind/ha dan 1787 ind/ha. Pada Stasiun I dan III di temukan 4 spesies dengan nilai kerapatan 812 ind/ha dan 2307 ind/ha. Sedangkan pada Stasiun 4 ditemukan hanya 2 spesies dengan nilai kerapatan 1755 ind/ha. Hasil tersebut masuk ke dalam kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove. Berdasarkan hal tersebut, perhitungan penghitungan nilai rata-rata kerapatan jenis dapat dikatakan bahwa, kerapatan ekosistem mangrove di lepar dan tukak dalam kriteria kerapatan Sangat Padat (Dharmawan et al., 2020; Kementerian Lingkungan Hidup, 2004; Renyaan et al., 2022).

Tabel 1. Tabel. Struktur Jenis mangrove

Nama Spesies	Stasiun				
	1	2	3	4	5
<i>Rhizophora Apiculata</i>	+	+	+	+	+
<i>Rhizophora mucronata</i>	-	-	-	+	-
<i>Xylocarpus granatum</i>	+	-	-	-	+
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	-	+	+	-	+
<i>Bruguiera exaristata</i>	-	+	+	-	+
<i>Ceriops tagal</i>	-	-	+	-	-
<i>Ceriops decandra</i>	+	-	-	-	-
<i>Avicennia lanata</i>	-	+	-	-	-
<i>Excoacaria agallocha</i>	-	-	-	-	+
<i>Sonneratia alba</i>	+	+	-	-	-
<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	-	-	-	-	+
<i>Pemphis acidula</i>	-	+	-	-	-

#### Densitas Tanah (Bulk Density)

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 2) menunjukkan nilai rerata densitas tanah (*bulk density*) di setiap stasiun di lokasi.

Berdasarkan hasil penelitian nilai rerata densitas tanah (*bulk density*) di setiap stasiun di lokasi dapat dilihat pada gambar 1. Pada gambar 1, dapat dilihat nilai total densitas tanah (*bulk density*) pada keseluruhan stasiun yaitu sebesar 4,8

g/cm<sup>3</sup> dimana nilai densitas tanah pada tiap stasiun berturut yaitu pada stasiun 1 sebesar 0,9 g/cm<sup>3</sup>, pada stasiun 2, 3, dan 4 sebesar 1,1 g/cm<sup>3</sup>, dan pada stasiun 5 sebesar 0,5 g/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan penelitian, nilai rerata densitas tanah (*bulk density*) pada 5 stasiun sebesar 1,0 g/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas tanah yang diperoleh dari hasil penelitian ini menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai densitas tanah yang diperoleh dari hasil penelitian stok karbon pada sedimen yang dilakukan oleh (Marbun, et al., 2020) yaitu sebesar 0,39 g/cm<sup>3</sup>.

Perbedaan nilai densitas tanah dikarenakan beberapa faktor, seperti perbedaan interval yang digunakan dalam pengambilan sampel sedimen. Selain itu nilai densitas tanah (*bulk density*) erat kaitannya dengan ukuran butiran sedimen yang terdapat pada sedimen mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis sedimen pada masing-masing stasiun berupa pasir dan lempung liat berpasir sehingga diduga nilai *bulk density* nya lebih tinggi jika dibanding dengan substrat yang berlumpur. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa apabila nilai *bulk density* tinggi maka ukuran butiran sedimennya cenderung berpasir, sebaliknya jika nilai *bulk density* rendah maka sedimennya cenderung berlumpur (Farhaby et al., 2023; Marbun et al., 2020; Schaduw et al., 2021).

### Karbon Organik Sedimen Mangrove

Nilai persentase karbon organik (%Corg) pada sedimen dalam penelitian ini didapat dari pengolahan data. Nilai persentase karbon organik didapatkan dari hasil metode pengabuan LOI (*Loss on Ignition*) untuk mengetahui bahan organik dan dikonversi menjadi karbon organik. Nilai rerata persentase karbon organik setiap stasiun dapat dilihat pada gambar 4.

Berdasarkan hasil penelitian pada tiap stasiun, nilai rerata persentase karbon organik (%Corg) berkisar antara 0,04 C% hingga 0,16 C%. Pada Gambar 3. dapat dilihat nilai total rerata persentase karbon organik (%Corg) tiap stasiun yaitu 0,44 C% dengan nilai rerata seluruh stasiun sebesar

0,09 C%. Stasiun 5 memiliki nilai rerata persentase karbon organik (%Corg) tertinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya yaitu 0,16 C%. Stasiun 5 merupakan zona tengah dimana pada stasiun ini terlindungi oleh zona terdepan yang langsung terkena pasang surut.

Jaringan organik tanaman dari daun, ranting dan cabang, batang, buah dan akar dapat menjadi sumber bahan organik. Hasil pelapukan dari jaringan organik yang berjatuhan dari tumbuhan serta organisme yang berasosiasi dengan tumbuhan yang kemudian mati dan terdegradasi dalam endapan sedimen (Lestariningsih et al., 2018). Selain itu, hubungan antara densitas tanah (*bulk density*) dan persentase karbon organik menunjukkan hasil yang berbanding terbalik. Semakin tinggi nilai *bulk density* maka semakin rendah kandungan atau nilai karbon organiknya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan semakin tinggi nilai densitas tanah (*bulk density*) maka semakin kecil nilai rerata persentase karbon organik. Hal ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menyatakan apabila nilai densitas tanah (*bulk density*) semakin tinggi maka berbanding terbalik dengan presentase karbon (Donato et al., 2011; Kauffman & Donato, 2012).

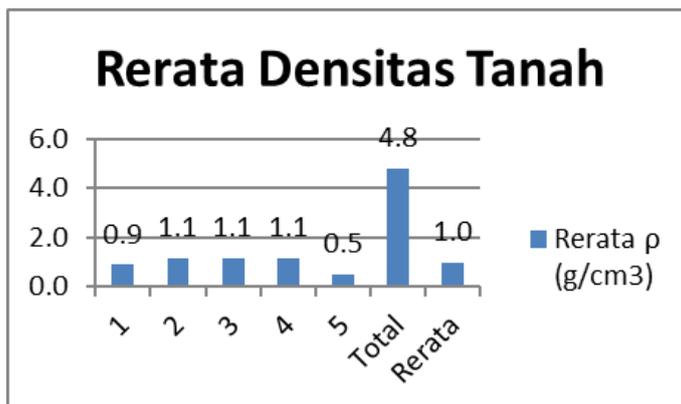
### Total Belowground Karbon

Nilai rata-rata kandungan karbon bawah total pada keseluruhan stasiun yaitu sebesar 105,73 ton/ha. Nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan hasil penelitian ini, rerata nilai kandungan karbon bawah total pada stasiun 1 adalah yang tertinggi. Yaitu 198.51 ton/ha. Stasiun 1 memiliki karakteristik hutan alami sehingga hasil perhitungankandungan belowground karbon di stasiun ini merupakan yang tertinggi dibandingkan stasiun lain. Hasil ini diduga sangat erat kaitannya dengan kondisi morfologi hutan mangrove yang tumbuh di sekitar pulau lepar, dimana hutan mangrove di kawasan ini berbatasan langsung dengan selat lepar yang memisahkan antara pulau lepar dengan pulau bangka bagian selatan. Kondisi demikian membuat serasah yang jatuh di

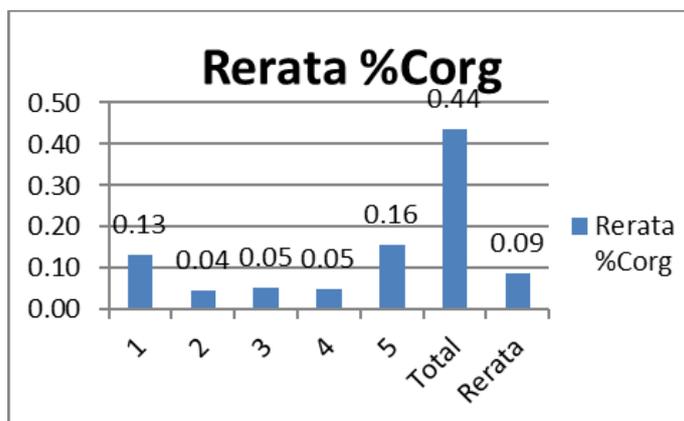
lantai hutan mangrove menjadi lebih sedikit, dan susah untuk terurai karena langsung terbawa oleh arus laut.

Serasah mangrove merupakan penyuplai bahan organik untuk kesuburan ekosistem mangrove, sehingga mampu menunjang kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Serasah akan menjadi sebagian besar unsur hara yang dikembalikan ke tanah (Farhaby & Utama, 2019; Haris et al., 2012). Lebih lanjut laju produksi serasah

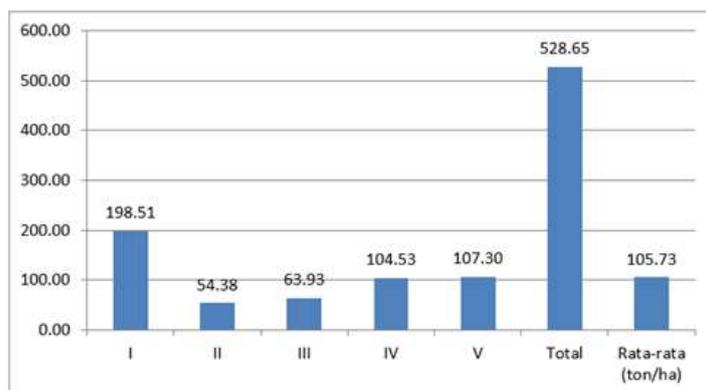
dipengaruhi oleh Semakin tinggi kerapatan pohon, maka semakin tinggi pula produksi serasahnya, begitu juga sebaliknya semakin rendah kerapatan pohon maka semakin rendah produksi serasahnya. Selain tingkat kerapatan, laju produksi serasah juga dipengaruhi oleh jenis mangrove dan umurnya. Jenis mangrove yang berbeda akan memiliki laju produksi serasah yang berbeda pula (Farhaby & Utama, 2019; Schaduw et al., 2021)



Gambar 2. Grafik Nilai Rerata Densitas Tanah



Gambar 3. Grafik Rerata Karbon Organik



Gambar 4. Grafik Total Belowground Karbon

Jenis substrat pasir cenderung lebih kecil dibandingkan substrat lumpur. Stasiun 1 memiliki jenis sedimen berbeda dari stasiun lainnya, yaitu lempung liat berpasir. Perbedaan jumlah stok karbon tanah ini terjadi dikarenakan oleh jenis sedimen. Sumber stok karbon organik yang ada dalam tanah berasal dari hasil pelapukan serasah-serasah yang berjatuh yang terkubur di dalam substrat jenis substrat hutan mangrove juga mempengaruhi besar kecilnya jumlah karbon yang terkandung di dalam tanah (Farhaby et al., 2023; Hapsari et al., 2022).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari pembahasan dapat ditarik kesimpulan, nilai rata – rata densitas tanah pada keseluruhan stasiun yaitu sebesar kemudian besaran nilai rata – rata 1.0 g/cm<sup>3</sup> prosentase karbon organik sedimen mangrove pada seluruh stasiun yaitu sebesar 0,44 C% dan rata – rata Belowground karbon total pada seluruh stasiun Pulau Lepar sebesar 105.73 (Ton/Ha). Total Belowground Karbon Pulau Lepar sebesar 528.65 (Ton/Ha)

### Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai studi tentang kandungan karbon total dari masing masing karbon pool yang terdapat pada pulau lepar. Hal ini perlu dilakukan untuk melihat bagaimana gambaran secara utuh potensi mangrove di Pulau lepar sebagai salah satu lokasi yang memiliki potensi sebagai penyimpan karbon di Bangka Belitung

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada LPPM Universitas Bangka Belitung yang sudah mendanai riset yang peneliti lakukan dalam skema Penelitian Dosen Tingkat Universitas Tahun Anggaran 2023.

## DAFTAR PUSTAKA

BSNI. (2011). Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon-

Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan. *Sni* 7724:2011, 65.020. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Dharmawan, I. W. E., Suyarso, Ulumuddin, Y. I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). *Manual for mangrove community structure monitoring and research in Indonesia*.

Direktorat Konservasi Tanah dan Air Ditjen PDASRH. (2021). *Peta Mangrove Nasional*.

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.

<https://doi.org/10.1038/ngeo1123>

Farhaby, A. M., Abdullah, A., Arnanda, E., Nasution, E. A. F., Mustofa, K., Lyadi, L. P., Mahatir, M., Santia, N., Susanti, S., Simamora, S., & Lestari, Y. (2020). Analisis Kesesuaian Ekosistem Mangrove Sebagai Kawasan Ekowisata Di Pulau Kelapan Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Enggano*, 5(2), 132–142.

Farhaby, A. M., Henri, H., & Randiansyah, R. (2023). Analisis Produksi Karbon Serasah Mangrove di Hutan Mangrove Desa Kurau Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 25(1), 11–19. <https://doi.org/10.14710/bioma.25.1.1-19>

Farhaby, A. M., & Utama, A. U. (2019). Analisis Produksi Serasah Mangrove Di Pantai Mang Kalok Kabupaten Bangka. *Jurnal Enggano*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.31186/jenggano.4.1.1-11>

Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M., & Scholten, L. (2007). *MANGROVE GUIDE BOOK FOR SOUTHEAST ASIA*.

Hapsari, F. N., Maslukah, L., Dharmawan, I. W. E., & Wulandari, S. Y. (2022). Simpanan Karbon Organik Dalam Sedimen Mangrove Terhadap Pasang Surut Di Pulau Bintan. *Buletin*

- Oseanografi Marina*, 11(1), 86–98.  
<https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.39107>
- Haris, A., Damar, A., Bengen, D. G., & Yulianda, F. (2012). Produksi Serasah Mangrove dan Kontribusinya terhadap Perairan Pesisir Kabupaten Sinjai. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 1(1), 13–18.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., & Telszewski, M. (2014). *Coastal “blue” carbon*.
- Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. *Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove*, 1–10.
- Kepel, T. L., Suryono, D. D., Nur Afi Ati, R., Salim, H. L., & A. Hutahaean, A. (2017). Nilai Penting Dan Estimasi Ekonomi Simpanan Karbon Vegetasi Mangrove Di Kecamatan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Kelautan Nasional*, 12(1), 19.  
<https://doi.org/10.15578/jkn.v12i1.6170>
- Lestariningsih, W. A., Soenardjo, N., & Pribadi, R. (2018). Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 121.  
<https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.19574>
- Marbun, A., Rumengan, A. P., Schadu, J. N. W., Paruntu, C. P., Angmalisang, P. A., & Manopo, V. E. (2020). Analisis Stok Karbon Pada Sedimen Mangrove Di Desa Baturapa Kecamatan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 8(1), 20.  
<https://doi.org/10.35800/jplt.8.1.2020.27395>
- Peraturan Presiden. (2021). Peraturan Presiden (PERPRES) tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional. *Database Peraturan BPK*, 10(1), 279–288.
- Renyaan, J., Setyawan, W. B., Suyarso, S., Ulumuddin, Yaya Ihya Widyastuti, E., Ariyanto, D., Nurdiansah, D., Pribadi, R., Farhaby, A. M., Dharmawan, I. W. E., Prayudha, B., Saputra, D. K., & Schadu, J. N. W. (2022). *Ekosistem Mangrove Indonesia*.
- Schadu, J. N. W., Bachmid, F., Paat, G. R., Lengkon, E. M., Maleke, D. C., Upara, U., Lasut, H. E., Mamesah, J., Azis, T. A., Tamarol, Y. L., Sulastri, H., Puteri, S. M. A., Saladi, J. D., Dambudjai, R. J., Derek, F., Pratiwi, U. D., Pratama, O., Muzani, & Dharmawan, I. W. Ek. (2021). Mangrove Health Index and Carbon Potential of Mangrove Vegetation in Marine Tourism Area of Nusantara Dian Center, Molas Village, Bunaken District, North Sulawesi Province. *Spatial: Wahana Komunikasi Dan Informasi Geografi*, 21(2), 9–15.