



## Estimasi Cadangan Karbon Komunitas Mangrove Dusun Keranji, Desa Paremas, Lombok Timur

Muhammad Haykal<sup>1</sup>, Carlen Aufa Harman<sup>1</sup>, Siti Asiah ZA<sup>1</sup>, Nurliah Buhari<sup>1</sup>, Wiwid Andriyani Lestariningsih<sup>1</sup>, Ayu Adhita Damayanti<sup>1</sup>, Ibadur Rahman<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Mataram,  
\*ibadur.rahman@unram.ac.id

**Abstract :** Carbon dioxide is one of the greenhouse gases that reflects sunlight radiation. Mangrove trees have the ability to absorb and store carbon in the air, so the existence of a mangrove tree could be one of the solutions to the global warming problem. This research aims to find out the amount of carbon reserves in the mangrove communities that exist in Keranji Hamlet, Paremas, East Lombok. The survey method used in this research is an explorative descriptive method that will make it easier to understand and interpret the data. To determine the stock of mangrove carbon, data is needed that will influence the carbon content such as diameter, density, type and percentage of the coverage of the mangrove. In this study, six species of mangroves were identified: *Avicennia alba*, *A. marina*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, and *Sonneratia alba*. The average density value obtained is 988,889 ind/ha so it is known that the mangrove forests of Keranji Hamlet, Paremas, Jerowaru, East Lombok have rare cover conditions based on standard quality of forest damage. The average diameter of the mangrove tree is the highest value at transec 2, so the highest carbon reserve value is found at transec 2, whether it's root or rod. The average estimated reserve is spread out at 104.96 tons/ha of rod carbon and at 56.05 tons/he of root carbon that marks the rod carbon belonging to the high category and the rod carb belongs to the medium category..

**Keyword:** Allometric, Biomass, Carbon, Density.

---

### PENDAHULUAN

Karbon merupakan suatu unsur yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup sebagai pembangun biomassa dalam tubuh serta sebagai sumber energi organisme yang memiliki klorofil melalui proses fotosintesis (Ghafar *et al.*, 2018). Karbon di bumi dapat berasal dari alam dan aktivitas manusia. Di alam, karbon mengalami siklus materi yang dikenal sebagai siklus karbon. Dalam siklus tersebut, karbon mengalami perpindahan atau pertukaran antara reservoir biotik (biosfer) dan abiotik, seperti laut, atmosfer dan kerak bumi. Siklus karbon membutuhkan makhluk hidup yang berperan dalam fotosintesis.. Di laut, siklus karbon melibatkan fitoplankton, sedangkan di darat, tumbuhan seperti mangrove turut berkontribusi dalam proses tersebut (Firdaus & Wijayanti, 2019). Meskipun dibutuhkan, karbon yang berlebih pada atmosfer bisa menjadi emisi yang mengakibatkan pemanasan global (Ramlan, 2002).

Pemanasan global dapat terjadi akibat meningkatnyameningkatnya konsentrasi gas rumah kaca salah satunya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Radiasi matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi, akan diserap dan disebarkan ke seluruh bagian bumi oleh gas rumah kaca salah satunya karbon dioksida (Pratama, 2019). Pemanasan global memiliki berbagai macam dampak, salah satunya adalah pengasaman air laut, kenaikan muka air laut (Latuconsina, 2010). Aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar, pengeringan lahan gambut, operasi pabrik dan

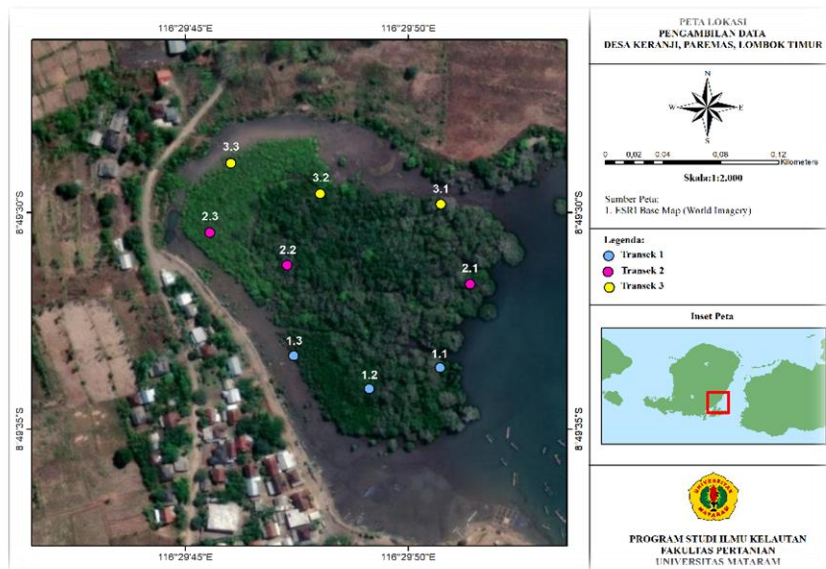
pertanian merupakan salah satu sumber gas karbon dioksida penyebab pemanasan global (Samiaji, 2011). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi emisi karbon dioksida, seperti pengeluaran kebijakan terkait iklim, upaya efisiensi energi (Noor & Mahardika, 2020) dan konservasi wilayah hutan terutama hutan mangrove (Lumbessy *et al.*, 2015).

Pohon mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap karbon anorganik CO<sub>2</sub> menjadi karbon organik berupa hasil vegetasi melalui proses fotosintesis (Akbar *et al.*, 2019) dan menyimpan karbon tersebut pada biomassa tubuhnya, seperti akar, batang, dan daun (Senoaji & Hidayat, 2016). Kemampuan tersebut menjadikan pohon mangrove sebagai salah satu solusi untuk permasalahan pemanasan global. Selain itu, kemampuan penyerapan karbon dari pohon mangrove lebih baik daripada tumbuhan lain. Berbeda dengan tumbuhan pada umumnya, mangrove memiliki sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk ketika membentuk bahan vegetasi sehingga mangrove berfungsi sebagai penyerap karbon dibandingkan dengan sumber karbon (Haryani, 2013). Karbon yang disimpan oleh mangrove pada daun, batang dan ranting disebut sebagai biomassa atas, sementara karbon yang disimpan mangrove pada akar disebut sebagai biomassa bawah (Kusuma *et al.*, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah cadangan karbon pada komunitas mangrove yang ada di Dusun Keranji, Paremas, Jerowaru, Lombok Timur. Hal tersebut dilakukan agar pemerintah setempat dan warga di sekitar ekosistem mangrove Keranji dapat memaksimalkan pengelolaan ekosistem mangrove untuk mendukung pelestarian dan keberlanjutan ekosistem mangrove yang ada.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2024 dilakukan pengambilan data di kawasan ekosistem mangrove Dusun Keranji, Desa Paremas, Kecamatan Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur. Kemudian, untuk pengolahan data dilakukan pada bulan Juli 2024 di Gedung H Fakultas Pertanian Universitas Mataram.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif eksploratif, untuk mempermudah dalam memahami dan menafsirkan data (Rachman *et al.*, 2024). Pengambilan data diameter batang pohon mangrove dilakukan dengan membuat plot persegi berukuran 10×10 m yang digunakan untuk mengamati mangrove kategori pohon. Dalam plot tersebut, dibuat sub-plot berukuran 5×5 m untuk mengamati anakan, dan dibuat lagi sub-plot berukuran 1×1 m di dalam sub-plot 5×5 m untuk mengamati mangrove semai. Penentuan kategori mangrove pohon, anakan dan semai ditentukan berdasarkan diameter, keliling dan tinggi dari pohon. Mangrove kategori pohon memiliki diameter >4 cm serta keliling batang 16 cm, kategori anakan memiliki diameter <4 cm,

keliling batang <16 cm serta tinggi 1,5 m. Kemudian untuk semai, memiliki ketinggian <1,5 m (Dharmawan & Pramudji, 2017). Data mangrove kategori anakan dan semai tidak digunakan dalam penentuan stok karbon karena memiliki nilai yang kecil (Hilmi, 2003 *dalam* Lestariningsih *et al.*, 2018).

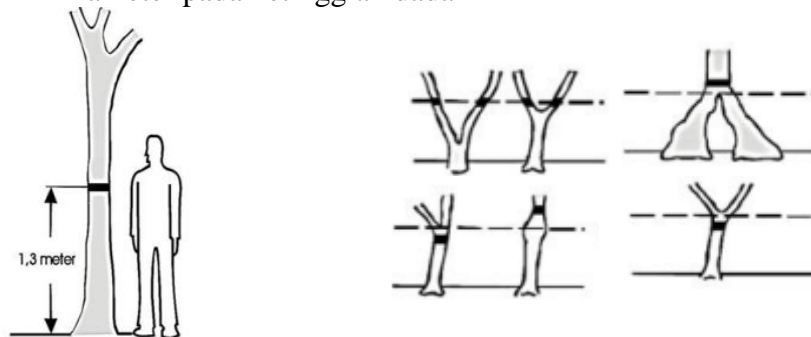
Pengambilan data biomassa mangrove diperoleh dengan mengukur diameter batang pohon mangrove dengan menggunakan metode DBH (*Diameter at Breast Height*), ketinggian dari DBH umumnya berada di angka 130 cm atau 1,3 m di atas permukaan tanah. Apabila pohon bercabang di bawah 1,3 m diukur sebagai pohon yang terpisah tergantung dengan jumlah cabangnya, kemudian apabila pohon memiliki cabang yang mengalami abnormalitas maka diukur diameter di atas atau di bawah tempat abnormalitas tersebut tidak mempengaruhi bentuk normal mangrove (Snedaker & Snedaker, 1984) seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Data yang diperoleh berupa data jenis, tinggi, jumlah dan diameter batang pohon mangrove dianalisis menggunakan *Microsoft excel*. Adapun data yang diperlukan dalam mencari estimasi cadangan karbon diperlukan basal area, berat jenis, biomassa akar dan biomassa batang. Nilai basal area digunakan untuk memberikan gambaran mengenai besarnya biomassa atau volume tegakan dalam suatu area (Waskitho, 2019). Untuk mendapatkan nilai basal area bisa menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$BA = \frac{1}{4} \times 3.14 \times DBH^2$$

Keterangan: BA = Basal Area

DBH = Diameter pada ketinggian dada



Gambar 2. Posisi pengukuran diameter mangrove kategori pohon sumber (Dharmawan & Pramudji, 2017)

Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan persamaan alometrik untuk menghitung biomassa tegakan mangrove. Setiap spesies mangrove memiliki nilai persamaan alometrik yang berbeda-beda. Kandungan karbon mangrove dapat dihitung berdasarkan biomassa pohon dan akar menggunakan persamaan alometrik yang telah ditentukan (Analuddin *et al.*, 2020; Komiyama *et al.*, 2008; Al-Nabadi & Sulaiman, 2018; Suryono *et al.*, 2018). Persamaan alometrik untuk bagian batang setiap spesies dapat dilihat pada Tabel 2, kemudian persamaan alometrik untuk bagian akar mangrove setiap spesies dapat dilihat pada Tabel 3. Sedangkan nilai berat jenis mangrove untuk menghitung nilai alometrik akar mangrove bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Persamaan alometrik untuk bagian batang mangrove

Spesies	Persamaan alometrik	Referensi
<i>Avicennia alba</i>	$B=0.079211 \times D^{2.470895}$	Suryono <i>et al.</i> , 2018
<i>Avicennia marina</i>	$B=0.1848 \times D^{2.3524}$	Suryono <i>et al.</i> , 2018
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B=0.268 \times D^{2.345}$	Analuddin <i>et al.</i> , 2020
<i>Rhizophora mucronata</i>	$B=0.143 \times D^{2.519}$	Analuddin <i>et al.</i> , 2020
<i>Rhizophora stylosa</i>	$B=0.1579 \times D^{2.593}$	Analuddin <i>et al.</i> , 2020

<i>Sonneratia alba</i>	$B=0.251 \times p \times D^{2.46}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
------------------------	------------------------------------	-------------------------------

Tabel 3. Persamaan alometrik untuk bagian akar mangrove

Spesies	Persamaan alometrik	Referensi
<i>Avicennia alba</i>	$B=0.199 \times p^{0.899} \times D^{2.22}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
<i>Avicennia marina</i>	$B=1.28 \times D^{1.17}$	Al-Nadabi & Hameed 2018
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B=0.00698 \times D^{2.61}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
<i>Rhizophora mucronata</i>	$B=0.199 \times p^{0.899} \times D^{2.22}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
<i>Rhizophora stylosa</i>	$B = 0.261 \times D^{1.86}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
<i>Sonneratia alba</i>	$B=0.199 \times p^{0.899} \times D^{2.22}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008

Keterangan: B = biomassa  
P = berat jenis  
D = diameter (cm)

Tabel 4. Nilai berat jenis setiap spesies mangrove

Spesies	Berat jenis (p)
<i>Avicennia alba</i>	0,506
<i>Avicennia marina</i>	0,670
<i>Rhizophora apiculata</i>	0,08814
<i>Rhizophora mucronate</i>	0,8483
<i>Rhizophora stylosa</i>	0,94
<i>Sonneratia alba</i>	0,6443

(sumber: Asiah-Z.A. *et al.*, 2024; Purwiyanto & Agustriani, 2017)

Estimasi cadangan karbon pada batang dan akar dapat dihitung setelah didapatkan nilai biomassa batang dan akar mangrove. Nilai biomassa dapat diubah menjadi nilai estimasi cadangan karbon dengan mengalikan nilai biomassa yang didapat dengan nilai bahan organik karbon yakni 0,47 sesuai dengan metode yang digunakan oleh Analuddin *et al.* (2020) dalam Asiah-Z. A. *et al.* (2024).

$$C_b = B \times \%C \text{ organik}$$

Keterangan:  $C_b$  = kandungan karbon dari biomassa, dinyatakan dalam kilogram (kg)  
B = total biomassa, dinyatakan dalam (kg)  
 $\%C$  organik = 0,47 berdasarkan SNI

Estimasi karbon pada substrat dapat dihitung dengan menggunakan metode *Colorimetri walkey and black*. Untuk menemukan nilai karbon substrat terlebih dahulu dicari kandungan densitas karbon tanah sesuai dengan metode yang digunakan Marbun *et al.*, (2020).

$$\text{Densitas karbon tanah (g C/cm}^3\text{)} = \%C \times \text{BD}$$

Keterangan:  $\%C$  = kandungan karbon bahan sedimen organik yang diperoleh dari hasil analisis *colorimetri walkey and black*.

$$\text{BD} = \text{Bulk density (g/cm}^3\text{)}$$

Kemudian, setelah ditemukan nilai densitas karbon dihitung nilai persamaan karbon total pada substrat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Karbon tanah (Mg C/ha)} = \text{BD} \times \text{SDI} \times \%C$$

Keterangan : SDI = *Soil depth interval* (cm)  
BD = Bulk density (g/cm<sup>3</sup>)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilaksanakan, terdapat 6 jenis mangrove pada lokasi penelitian, yaitu: *Avicennia alba*, *A. marina*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, dan *Sonneratia alba*. Mangrove *S. alba* merupakan jenis mangrove yang sering

ditemukan di lokasi penelitian, hal tersebut bisa dilihat pada Tabel 5. Mangrove *S. alba* bisa ditemukan pada Transek 1, 2 dan 3. Hal tersebut bisa terjadi karena lokasi pengamatan merupakan daerah pasang surut yang benar-benar dipengaruhi oleh air laut (Tihurua *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini didapatkan nilai basal area paling besar pada transek 2 yakni sebesar 5198 cm<sup>2</sup>, kemudian diikuti oleh transek 1 dengan nilai basal area sebesar 4063 cm<sup>2</sup> dan nilai basal area paling kecil ditemukan pada transek 3 sebesar 2278 cm<sup>2</sup>. Karena nilai basal area pada transek 2 lebih besar dibanding transek lain, maka nilai rata-rata diameter yang didapat pada transek 2 lebih besar dibandingkan transek lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

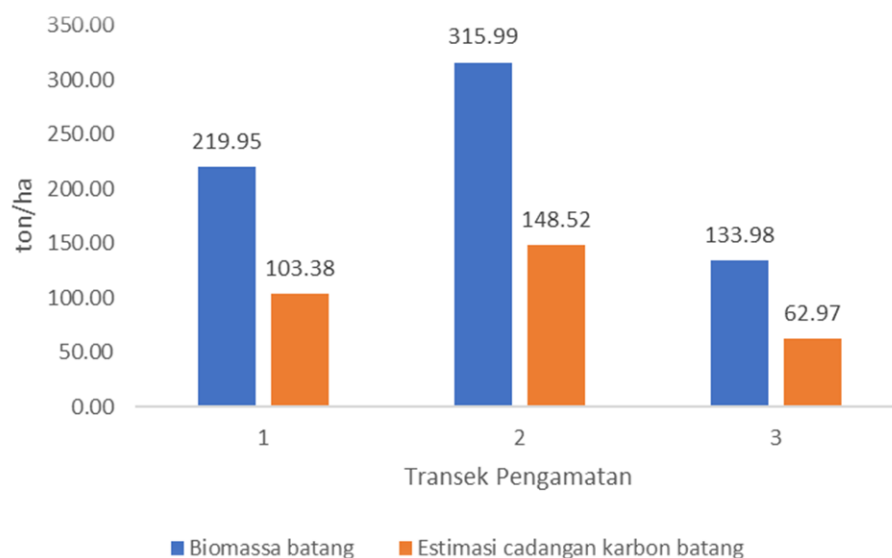
Tabel 5. Jenis tegakan pohon mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian

No.	Jenis	Keterangan		
		Transek 1	Transek 2	Transek 3
1.	<i>Avicennia alba</i>	-	-	+
2.	<i>Avicennia marina</i>	-	-	+
3.	<i>Rhizophora apiculata</i>	-	+	-
4.	<i>Rhizophora mucronata</i>	+	-	+
5.	<i>Rhizophora stylosa</i>	-	-	+
6.	<i>Sonneratia alba</i>	+	+	+

Berdasarkan pengamatan, didapatkan nilai biomassa pohon dan nilai cadangan karbon batang tertinggi pada Transek 2, masing-masing sebesar 315,99 ton/ha biomassa pohon dan sebesar 148,52 ton/ha nilai cadangan karbon batang. Sementara itu, untuk nilai biomassa pohon dan cadangan karbon terendah didapatkan pada Transek 3 sebesar 133,98 ton/ha nilai biomassa pohon dan nilai cadangan karbon didapatkan sebesar 62,97 ton/ha. Hal tersebut bisa terjadi karena diameter batang rata-rata pada Transek 2 memiliki nilai yang lebih tinggi daripada transek lain. Semakin besar ukuran diameter batang maka CO<sub>2</sub> yang dikonversi menjadi biomassa juga akan meningkat (Amaliyah *et al.*, 2022; Heriyanto & Subiandono, 2012). Nilai diameter rata-rata pohon per transek dapat dilihat pada Tabel 6. dan perhitungan biomassa dan cadangan karbon pada tegakan batang pohon mangrove dapat dilihat pada Gambar 3.

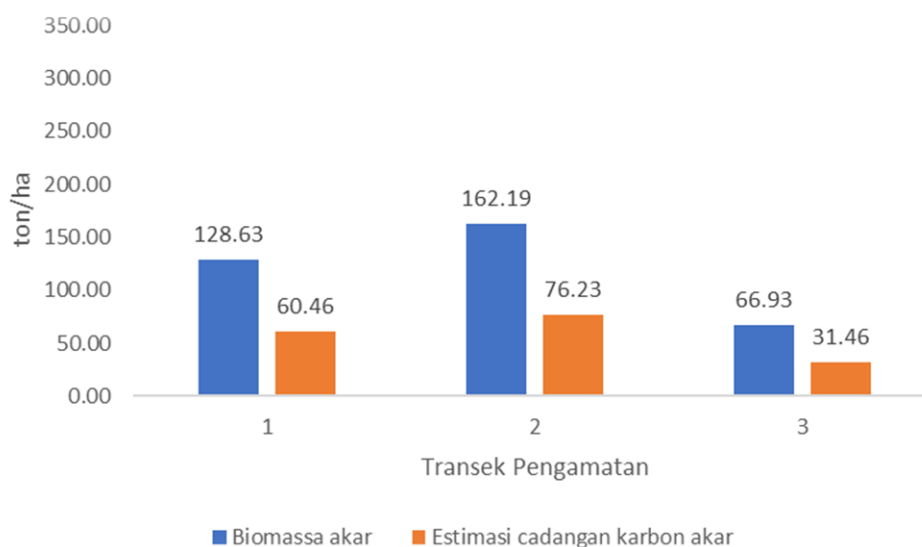
Tabel 6. Diameter rata-rata pohon tiap transek

Transek	Diameter rata-rata pohon (cm)
1	10,65
2	12,59
3	10,80



Gambar 3. Nilai biomassa dan estimasi cadangan karbon batang

Untuk nilai biomassa akar dan cadangan karbon akar, didapatkan nilai tertinggi pada Transek 2. Didapatkan sebesar 162,19 ton/ha biomassa akar dan 76,23 ton/ha nilai cadangan karbon akar (Gambar 3). Nilai biomassa akar dan cadangan karbon akar yang terendah didapatkan pada Transek 3, dengan nilai biomassa akar sebesar 66,93 ton/ha dan nilai cadangan karbon akar sebesar 31,46 ton/ha. Hal tersebut terjadi karena nilai biomassa akar akan dipengaruhi oleh nilai biomassa batang, semakin besar apabila nilai biomassa batang maka nilai biomassa akar juga semakin besar (Rahmah *et al.*, 2015). Hasil perhitungan nilai biomassa akar dan cadangan karbon akar bisa dilihat pada Gambar 4.

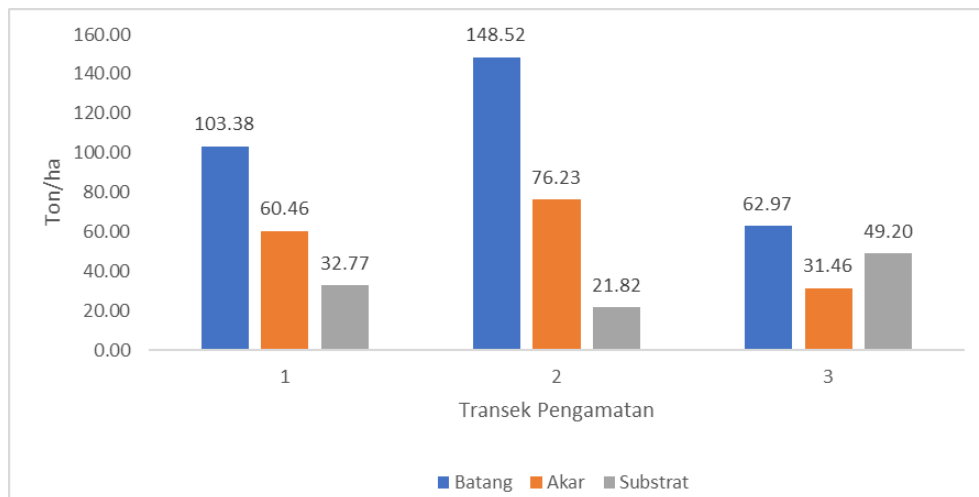


Gambar 4. Nilai biomassa dan estimasi cadangan karbon akar

Jumlah cadangan karbon pada pohon mangrove dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah jenis mangrove, diameter batang, basal dan tutupan kanopi. Akan tetapi, menurut pendapat Umam *et al.* (2022) total kandungan karbon dipengaruhi oleh diameter pohon dan kerapatan namun faktor kerapatan tidak memberikan total kandungan karbon yang besar apabila diameter pohonnya kecil. Jenis mangrove juga dapat mempengaruhi nilai biomassa dan cadangan karbon karena setiap spesies mangrove memiliki persamaan allometrik yang berbeda-beda (Sutaryo, 2009). Selain itu, usia juga mempengaruhi kadar cadangan karbon dari pohon mangrove. Menurut (Sjostrom 1998 dalam Aiso & Megawati, 2021) semakin tua usia dari pohon mangrove maka potensi biomassa tegakan akan makin besar.

Cadangan karbon pada batang mangrove lebih tinggi apabila dibandingkan dengan cadangan karbon pada akar, karena nilai dari karbon akar tergantung dari nilai karbon yang tersimpan pada batang (Ngidu *et al.*, 2023). Semakin besar diameter batang, maka nilai cadangan karbon pada mangrove akan semakin besar pula (Alviana *et al.*, 2023). Nilai karbon substrat tertinggi didapatkan nilai tertinggi pada Transek 3 dan yang paling rendah pada transek 2. Perbandingan antara cadangan karbon pada batang, cadangan karbon pada akar serta substrat disajikan pada Gambar 5.





Gambar 5. Perbandingan cadangan karbon pada batang dan akar mangrove

Mengacu kepada Bappenas (2010), cadangan karbon batang pada Transek 1 dan Transek 2 bisa dikatakan tinggi sedangkan pada Transek 3 cadangan karbon batangnya sedang. Kemudian, pada cadangan karbon akar diketahui pada ketiga transek cadangan karbon akarnya termasuk ke dalam kategori sedang. Nilai rata-rata cadangan karbon pada mangrove di Dusun Keranji, Desa Paremas, Kecamatan Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur adalah sebesar 104,96 ton/ha untuk cadangan karbon batang dan cadangan karbon akar adalah sebesar 56,05 ton/ha

## KESIMPULAN

Hutan mangrove yang ada di Dusun Keranji, Paremas, Lombok Timur memiliki kondisi tutupan yang jarang berdasarkan nilai baku mutu kerusakan hutan. Nilai kandungan karbon tertinggi didapatkan pada transek 2, baik itu bagian batang maupun bagian akar. Berdasarkan nilai kandungan karbon rata-rata, didapatkan nilai kandungan karbon batang yang tergolong tinggi dan nilai kandungan karbon akar yang tergolong sedang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada mahasiswa mata kuliah Ekologi Laut Tropis dan Panitia Praktikum Lapangan Terpadu (*Fieldtrip*) Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mataram yang telah membantu dalam pengumpulan data kerapatan dan tutupan vegetasi mangrove yang digunakan dalam pembuatan artikel ini. Serta kepada bapak Kepala Dusun Pantai Keranji dan Kepala Desa Paremas, Kecamatan Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur, yang telah memberikan akses untuk dapat melakukan kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisoi, L. E., & Megawati, R. (2021). Estimasi Stok Karbon Pada Tegakan Pohon Mangrove Di Kawasan Wisata Alam Teluk Youtefa. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pengembangan Ipteks Dan Sains*, 7. 211-224.
- Akbar, C., Arsepta, Y., Dewiyanti, I., Bahri, S. (2019). Dugaan Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove, Di Kawasan Mangrove Desa Beureunut, Kecamatan Seulimum, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Laôt Ilmu Kelautan*, 1 (2). 11-22. <https://doi.org/10.35308/jlaot.v1i2.2314>.
- Al-Nabadi, A., & Sulaiman, H. (2018). Carbon Sink Potential Of Avicennia Marina In The Al-Qurm Nature Reserve, Muscat, Oman. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 151 (1). 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/151/1/012003>.

- Alviana, D., Anggraini, R., Hidayati, J. R., Karlina, I., Lestari, F., Apdillah, D., Syakti, A. D., & Sihite, D. (2023). Estimasi Cadangan Karbon Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Pengudang Kecamatan Teluk Sebong Kabupaten Bintan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26 (3). 464-472. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.18326>.
- Amaliyah, A., Purnomo, P. W., & Suprpto, D. (2022). Estimasi Biomasa dan Kandungan Karbon di Kawasan Hutan Mangrove Desa Pasar Banggi, Rembang. *JURNAL ENGGANO*, 7 (1). 92–105. <https://doi.org/10.31186/jenggano.7.1.92-105>.
- Asiah-Z.A., S., Puna, S. H., Lestariningsih, W. A., & Rahman, I. (2024). Perbandingan Jumlah Cadangan Karbon Mangrove Aboveground Dan Belowground di Gili Petagan, Sambelia, Lombok Timur. *Journal of Marine Research*, 13 (2). 301-310. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.43504>.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2010). *Strategi Nasional REDD+*. Bappenas Kemenhut UN-REDD Programme Indonesia, Jakarta.
- Daris, L., J, J., W, W., & Arianto, I. (2023). Kajian Ekosistem Mangrove Berdasarkan Jenis dan Karakteristik Substrat di Desa Tompotana Kecamatan Kepulauan Tanakeke Kabupaten Takalar. *Lutjanus*, 28 (1). 16-27. <https://doi.org/10.51978/jlpp.v28i1.550>.
- Dharmawan, I. W. E., & Pramudji. (2017). *Panduan Pemantauan Komunitas Mangrove*, Ed. 2. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta. 54pp.
- Firdaus, M.R., & Wijayanti, L. A.S. (2019). Fitoplankton Dan Siklus Karbon Global. *Oseana*, 44 (2). 35-48. <http://dx.doi.org/10.14203/oseana.2019.Vol.44No.2.39>.
- Ghafar, M., Mulia, N. S., Novi, K., Mulyadi., Muslich, H., Kurniawati. (2018). Kandungan Karbon Tanah Di Kawasan Hutan Sekunder Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 274-280.
- Haryani, N. S. (2013). Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Ilmiah Widya*, 1 (1). 72-77.
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2012). Komposisi Dan Struktur Tegakan, Biomassa, Dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 9 (1). 23-32. <https://doi.org/10.20886/jphka.2012.9.1.023-032>.
- Komiyama, A., Ong, J. E., Pongparn, S. (2008). Allometry, Biomass, And Productivity Of Mangrove Forrest: A Review. *Aquatic Botany*, 89 (2). 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.006>.
- Kusuma, A. H., Effendi, E., Hidayatullah, M. S., & Susanti, O. (2022). Estimasi Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove Register 15, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. *Journal of Marine Research*, 11 (4). 768-778. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35605>.
- Latuconsina, H. 2010. Dampak Pemanasan Global Terhadap Ekosistem Pesisir Dan Lautan. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Dan Perikanan*, 3 (1). 30-37. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.3.1.30-37>.
- Lestariningsih, W. A., Soenardjo, N., & Pribadi, R. (2018). Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7 (2). 121-130. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.19574>.
- Lumbessy, H., Rengkung, J., Gosal, P. H. (2015). Strategi Konservasi Ekosistem Mangrove Desa Mangega Dan Desa Bajo Sebagai Destinasi Ekowisata DI Kabupaten Kepulauan Sula. *Spasial*, 3 (2). 192-200. <https://doi.org/10.35793/sp.v2i3.10767>.
- Ngidu, E. Y., Astiani, D., Ekamawanti, H. A. (2023). Estimasi Kandungan Karbon Mangrove Pada Areal Penanaman Tahun 2012 Di Kawasan Hutan Mangrove Setapak Besar Singkawang Utara. *Jurnal Hutan Lestari*, 11 (4). 962-974. <https://doi.org/10.26418/jhl.v11i4.72327>.



- Noor, M. A., & Saputra, P. M. A. (2020). Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto: Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 8 (3), 230-246. <https://doi.org/10.14710/jwl.8.3.230-246>.
- Pratama, R. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. *Buletin Utama Teknik*, 14 (2). 120-126. <https://doi.org/10.30743/but.v14i2.1096>.
- Purwiyanto, A. I. S., & Agustriani, F. (2017). Estimasi Stok Karbon Mangrove (Aboveground) Di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9 (2). 761-770. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i2.19308>.
- Rachman, A., Yochanan, E., Ilham, A. S., Hery, P. (2024). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Saba Jaya, Karawang. 253pp.
- Rahmah, F., Basri, H., Sufardi, S. (2015). Potensi Karbon Tersimpan Pada Lahan Mangrove dan Tambak di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 4 (1). 527-534.
- Ramlan, M. (2002). Pemanasan Global (*Global Warming*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3 (1), 30-32. <https://dx.doi.org/10.29122/jtl.v3i1.233>.
- Samiaji, T. (2011). Gas CO<sub>2</sub> Di Wilayah Indonesia. *Berita Dirgantara*, 12 (2). 68-75.
- Senoaji, G., & Hidayat, M. F. (2016). Peranan Ekosistem Mangrove Di Pesisir Kota Bengkulu Dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23 (3). 327-333. <https://doi.org/10.22146/jml.18806>.
- Snedaker, S. C., & Snedaker, J. G. (1984). *The Mangrove Ecosystem: Research Method*. United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization, Paris. 251pp.
- Suriani, M., Ulma, O. S., & Kusumawati, I. (2023). Analysis Of Mangrove Vegetation Condition Using Hemispherical Photography Method In Simeulue District. *Journal of Marine Research*, 12 (2). 323-329. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i2.36308>.
- Suryono, S., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 7 (1). 1-8. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i1.19036>.
- Sutaryo, D. (2009). *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon Dan Perdagangan Karbon*. Wetland International Indonesia Programme, Bogor. 39pp.
- Tihurua, E. F., Agustiani, E. L., & Rahmawati, K. (2020). Karakter Anatomi Daun sebagai Bentuk Adaptasi Tumbuhan Penyusun Zonasi Mangrove di Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23 (2). 255-264. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i2.7048>.
- Umam, I., Subhan., Dahlan. (2022). Pendugaan Cadangan Karbon Di Hutan Mangrove Gampong Baru Sayeung Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7 (2). 785-795. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.20153>.
- Waskitho, A. H. (2019). *Hubungan Antara Keanekaragaman Jenis Vegetasi Dengan Basal Area Di Sub Das Bangsri, Jawa Timur*. Skripsi. Universitas Brawijaya. 39pp.
- Marbun, A., Rumengan, A. P., Schaduw, J. N. W., Paruntu, C. P., Angmalisang, P.A., Manopo, 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). 20-30. <https://doi.org/10.35800/jplt.8.1.2020.27395>.