

Estimasi serapan karbon biru pada ekosistem mangrove *rhizophora mucronata* di Pulau Tidung Kecil

Muhammad Naufal Tamam Sartono^{1*}, Qori Nabilla¹, Adinata Wirasena¹, Dian Primasari¹, Nasywa Difa Kusuma¹, Muhammad Syarifuddin Hidayat¹, Lia Kusumawati^{1*}, Della Ayu Lestari^{1*}

¹Geografi, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka Raya, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia

^{*}Email Korespondensi: muhammad.naufal.tamam02@unj.ac.id, liakusumawati@unj.ac.id, dellaayulestari@unj.ac.id

Abstract

Sitasi:

Sartono. M. N. T., Nabilla. Q., Wirasena. A., Primasari. D., Kusuma. N. D., Hidayat. M. S., Kusumawati. L., Lestari D. A. (2024). *Estimasi serapan karbon biru pada ekosistem mangrove rhizophora mucronata di Pulau Tidung Kecil*. Forum Geografi. Vol. 3, No. 2.

Sejarah Artikel:

Diterima: 23/12/2024

Disetujui: 17/04/2025

Publikasi: 25/05/2025

Mangrove forests on Tidung Kecil Island have great potential in absorbing blue carbon, so they can contribute to climate change mitigation. This study aims to measure the potential for carbon absorption by the mangrove ecosystem in the area as an effort to reduce the impact of global warming. This study used a stratified random sampling method with a plot size of 1m x 1m at four designated stations. The total area of the mangrove area was estimated using Sentinel-2A satellite imagery with the supervised classification method. Biomass and mangrove carbon stocks were calculated using allometric equations. The results showed that the total area of the mangrove area on Tidung Kecil Island was 2.31 ha⁻¹ using supervised classification. The biomass of the entire mangrove area was estimated at 250.96 tons, with a total carbon stock at 117.94 tons. Based on the calculations, the mangrove ecosystem in this area is able to absorb carbon at 432.86 tons of carbon dioxide. The mangrove ecosystem on Tidung Kecil Island has very good potential in absorbing carbon and contributing to climate change mitigation. The results of the observations carried out can be the basis for consideration of rehabilitation, preservation, research development, and increasing conservation efforts for the mangrove ecosystem on Tidung Kecil Island.

Keyword: Biomass, Carbon absorption, Mangrove, Tidung Island

Abstrak



Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Hutan mangrove di Pulau Tidung Kecil memiliki potensi besar dalam menyerap karbon biru, sehingga dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur potensi penyerapan karbon oleh ekosistem mangrove di wilayah tersebut sebagai upaya untuk mengurangi dampak pemanasan global. Penelitian ini menggunakan metode pengambilan sampel acak terstratifikasi dengan ukuran plot 1m x 1m pada empat stasiun yang ditentukan. Luas total kawasan mangrove diestimasi menggunakan citra satelit Sentinel-2A dengan metode supervised classification. Biomassa dan stok karbon mangrove dihitung menggunakan persamaan allometrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas total kawasan mangrove di Pulau Tidung Kecil adalah 2,31 ha⁻¹ menggunakan supervised classification. Biomassa seluruh kawasan mangrove diperkirakan sebesar 250,96 ton, dengan total stok karbon sebesar 117,94 ton. Berdasarkan perhitungan, ekosistem mangrove di wilayah ini mampu menyerap karbon sebesar 432,86 ton karbon dioksida. Ekosistem mangrove di Pulau Tidung Kecil memiliki potensi yang sangat baik dalam menyerap karbon dan berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim. Hasil observasi yang dilakukan, dapat menjadi dasar pertimbangan rehabilitasi, pelestarian, pengembangan penelitian, dan peningkatan upaya konservasi ekosistem mangrove di Pulau Tidung Kecil.

Kata Kunci: Biomassa, Serapan karbon, Mangrove, Pulau Tidung

1. Pendahuluan

Hutan mangrove berada pada wilayah pantai yang tergenang air laut serta adanya pengaruh dari pasang surut air laut tetapi tidak dipengaruhi iklim (Alviana et al., 2023). Hutan mangrove digambarkan pada suatu komunitas pantai yang didominasi oleh beberapa jenis pohon tertentu maupun semak-semak yang bisa untuk tumbuh pada perairan asin (Permata Sari et al., 2022). Di dalam hutan mangrove, terdapat beberapa spesies yang berbeda di antaranya (*Avicennia*, *Snaeda*, *Laguncularia*, *Lumnitzera*, *Conocarpus*, *Aegicera*, *Aegialitis*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Sonneratia*), mempunyai akar napas (pneumatofos), zonasi (*Avicennia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Nypa*), umumnya tumbuh di substrat yang berpasir atau berlumpur menggunakan salinitas yang majemuk (Aprianto & Romadhon, 2021).

Mangrove termasuk pada ekosistem yang tumbuh pada wilayah tepi pesisir dan mempunyai potensi yang besar (Kangkuso et al., 2018). Mangrove mempunyai potensi yang bisa dimanfaatkan secara tidak langsung, maupun secara langsung dalam nilai ekonomis (Aprianto & Romadhon, 2021). Manfaat secara langsung yaitu untuk bahan bangunan. Secara ekologi (lingkungan) mangrove mempunyai manfaat untuk tempat berlindung serta tempat mencari makan bagi kehidupan hewan lahan mangrove berperan mendukung vegetasi lingkungan fisik dan lingkungan biota pada

lingkungan fisik mangrove berperan untuk menahan ombak, perangkap sedimen, dan menahan intrusi air asin, adapun peran di lingkungan biota yaitu untuk tempat tinggal bagi biota laut yang terdapat di dalamnya. (Rifandi, 2021).

Ekosistem mangrove berperan penting dalam mengurangi laju pemanasan global yang terjadi akibat efek gas rumah kaca dengan menekan konsentrasi CO₂ berlebih pada lapisan atmosfer (Permata Sari et al., 2022). Ekosistem ini mampu menjadi penyimpan *blue carbon* atau yang kerap disebut sebagai karbon biru dengan perputaran produksi dan penghasilan karbon pada area lautan (Easteria G et al., 2022). Persebaran kawasan mangrove di Pulau Tidung Kecil, menjadi salah satu potensi yang berperan mengatur siklus karbon biru di wilayah perairan Pulau Tidung Kecil. Mengingat peran ekosistem mangrove dalam penyerapan karbon berkontribusi untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi kandungan Biomassa, kandungan karbon, dan penyerapan karbon pada tegakan ekosistem mangrove di perairan Pulau Tidung Kecil. Dengan mengetahui estimasi serapan karbon pada ekosistem ini, diharapkan menjadi dasar pertimbangan pelestarian, rehabilitasi, pengembangan penelitian, dan peningkatan upaya konservasi ekosistem mangrove di wilayah tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 15 dan 16 November 2024 di Pulau Tidung Kecil, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, Kabupaten Kepulauan

Seribu, Jakarta. Lokasi stasiun yang dijadikan tempat observasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Koordinat X dan Y Stasiun

Nomor Stasiun	Koordinat	
	X (Longitude)	Y (Latitude)
1	106.517271°	-5.803410°
2	106.516799°	-5.803085°
3	106.517249°	-5.802346°
4	106.517697°	-5.802266°

*nomor stasiun dijadikan sebagai titik terdekat untuk mengambil plot ekosistem mangrove.

Pada Tabel 1 lokasi penelitian dilakukan di bagian Barat Pulau Tidung Kecil dengan mengambil lokasi persebaran sebanyak 4 titik. Pengambilan lokasi ini berdasarkan

persebaran dominan ekosistem mangrove yang berada pada sisi kiri pulau ini.



Gambar 2. Lokasi Stasiun untuk Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi stasiun seperti pada Gambar 2, digunakan untuk mengambil *plotting* terdekat dari stasiun (Susiana, 2015). Penentuan lokasi stasiun menyesuaikan dengan keberadaan mangrove di suatu kawasan. Persebaran stasiun ini akan dijadikan perbandingan di dalam hasil penelitian (1-4).

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan data primer melalui *groundchecking* pada vegetasi mangrove di Pulau Tidung Kecil (bagian utara dan selatan), serta data sekunder berupa citra Sentinel 2A, World Imagery Hybrid, referensi untuk melakukan metode *supervised* dan perhitungan *blue carbon*. Alat yang digunakan pada penelitian di antaranya, tali tambang, instrumen pencatatan mangrove, meteran kain, buku identifikasi jenis mangrove, ArcGIS Pro, Sentinel 2A, Timestamp Camera, Ms. Excel, dan ImageJ. Tali tambang 1x1

meter (m²) digunakan untuk membuat kuadran transek pada *sampling lapangan*. Instrumen pencatatan mangrove digunakan untuk mencatat keliling dari tegakan (cm), jenis individu, dan formulasi pengukuran diameter (cm). Meteran kain digunakan untuk melakukan pengukuran keliling batang setinggi dada (*Girt at Breast Height*) atau 1,3 m dari tanah (Kangkuso et al., 2018).

Buku identifikasi mangrove digunakan untuk mengidentifikasi jenis mangrove. *Software ArcGIS Pro* digunakan untuk melakukan pemetaan sebaran mangrove dan pembuatan peta tematik lokasi penelitian. Sentinel 2A (Sidik & Kadarisman, 2019), digunakan untuk menentukan persebaran menggunakan *supervised*. Aplikasi Timestamp Camera digunakan untuk menentukan titik koordinat. Ms. Excel digunakan untuk mengolah data keliling tegakan dan perhitungan pada *hemispherical photography*. ImageJ

digunakan untuk menentukan data yang diambil dalam penelitian ini berupa data vegetasi hutan mangrove Pulau Tidung Kecil. Data vegetasi yang dikumpulkan meliputi data jenis/spesies pohon dan diameter pohon. Data tersebut dikumpulkan dengan pengambilan sampel acak terstratifikasi (Rahim et al., 2021).

2.3 Analisis Data

1. Kerapatan Individu

Nilai kerapatan individu dihitung berdasarkan perbandingan jumlah mangrove dengan jumlah plot di dalam suatu stasiun (E. W. I. Dharmawan et al., 2020), yang telah disesuaikan untuk penelitian ini sebagai berikut:

$$DBHi = \frac{GBHi}{\pi} \dots\dots\dots(1)$$

2. Kerapatan Kanopi

Nilai persentase kerapatan kanopi ditentukan dari banyaknya tutupan yang diambil gambarnya pada ketinggian 1/3 dari tegakan pohon mangrove di dalam satu plot dan di bawah kanopi seperti pada gambar 2 (E. W. I. Dharmawan et al., 2020).



Gambar 3. Contoh Ilustrasi Pengambilan Gambar Hemispherical Photography

Pengukuran kanopi mangrove dalam area seluas 1x1 meter melibatkan beberapa tahap penting. Pertama, ukur diameter batang utama dan tinggi pohon mangrove. Kemudian, tentukan sudut kemiringan cabang dan jarak antara cabang. Untuk menghitung luas kanopi, dapat

menggunakan metode Hemisfer Fotografi atau metode Lengkungan Cabang. Setelah itu, gunakan software ImageJ untuk menentukan jumlah pixel kanopi dan jumlah pixel total, dengan rumus perhitungan sebagai berikut,

$$\% \text{ Kanopi Mangrove} = \frac{\text{Pixel Kanopi}}{\text{Pixel Total}} \dots\dots(2)$$

3. Pengukuran Diameter Mangrove

Untuk mengetahui DBH (Diameter at Breast High), lingkaran dari tegakan mangrove (Girth at Breast High) yang telah diukur, dibagi dengan nilai π (E. W. I. Dharmawan et al., 2020)

$$DBHi = \frac{GBHi}{\pi} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

DBHi : Diameter tegakan pada jenis tertentu

GBHi : Lingkaran pada tegakan jenis tertentu

π : Konstanta

4. Formulasi Kandungan Biomassa

Berdasarkan hasil identifikasi jenis vegetasi mangrove di kawasan Pulau Tidung Kecil, hanya ditemukan satu dominasi jenis tegakan pohon yaitu *Rhizophora mucronata*, sehingga formulasi yang digunakan untuk menghitung biomassa mangrove seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Model Persamaan Allometrik untuk Estimasi Biomassa Mangrove

Jenis Individu	Allometric Equation	Referensi
<i>Ryshopora Mucronata</i>	$W_i = 0,1466 * DBH^{2,3136}$	(S. W. I. Dharmawan, 2010)

Keterangan:

W_r : Biomassa (kg)

DBH : Diameter setinggi dada (cm)

5. Formulasi Cadangan Karbon

Jumlah cadangan karbon dalam suatu biomassa dapat dihitung menggunakan formulasi (SNI 7724:2019, 2019) sebagai

berikut

$$C_v = B_i \text{ (kg)} \times \% \text{ C organik} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- C_v : Kandungan karbon pada Mangrove (Cyclic Voltametry)
- % C organik : Konstanta kandungan karbon sebesar 47% (0,47) dari biomassa pohon mangrove
- B_i (kg) : Biomassa individu mangrove

6. Formulasi Serapan Karbon

Perhitungan serapan karbon dapat dihitung menggunakan formulasi perbandingan rasio atom di dalam cadangan karbon pada tiap

tegakan (Rifandi, 2021), sebagai berikut:

$$EC = 3,67 \times C_n \dots\dots\dots(4)$$

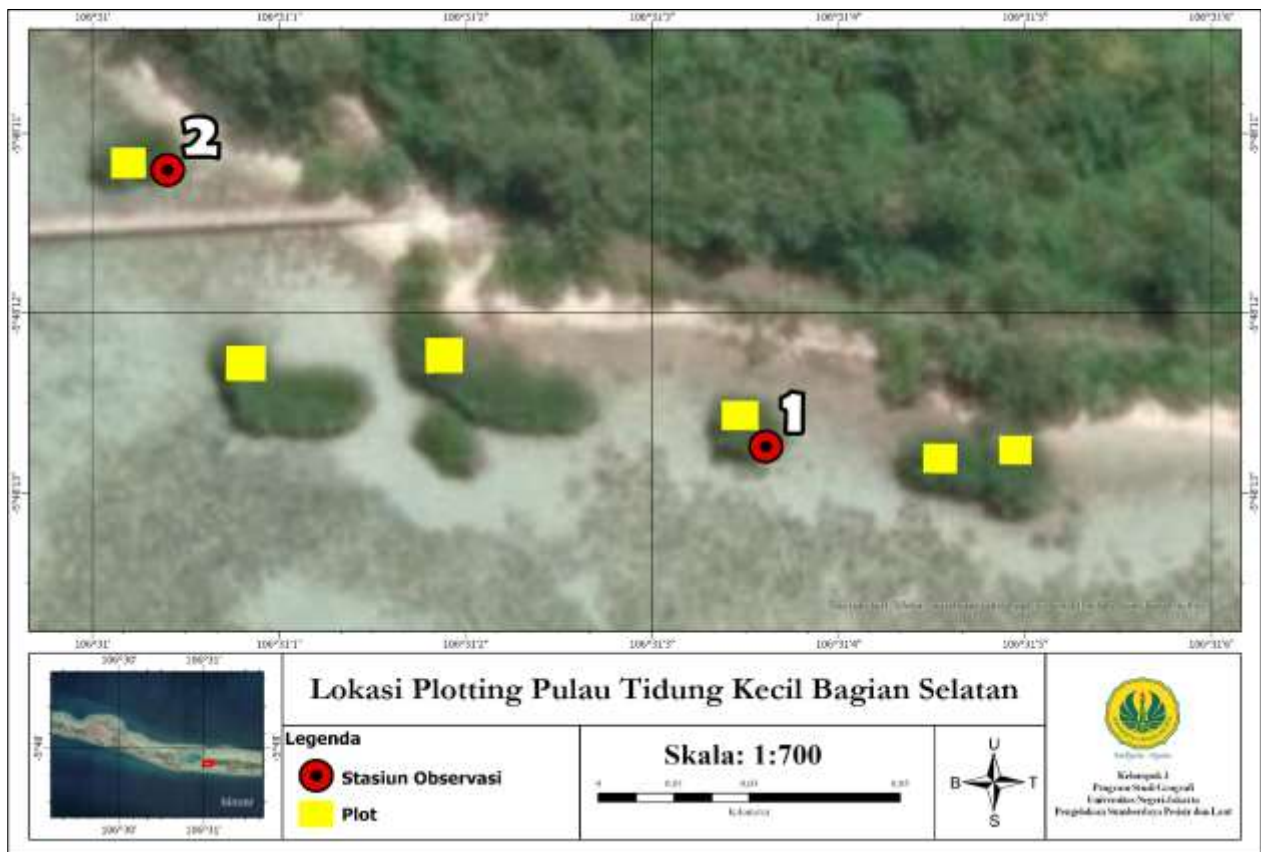
Keterangan:

- EC : Serapan Karbon (CO_2) Elemental Carbon
- C_n : Cadangan Karbon (Ind./kg)
- 3,67 : Rasio atom Carbon:12, Carbon Dioxide (Carbon: 12, Oxygen:16) sehingga konversi unsur = $(12+16*2)/12$. (CO_2/kg)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

1. Kerapatan Individu dan Kanopi Mangrove Pulau Tidung Kecil



Gambar 4. Lokasi Observasi Pulau Tidung Kecil Selatan

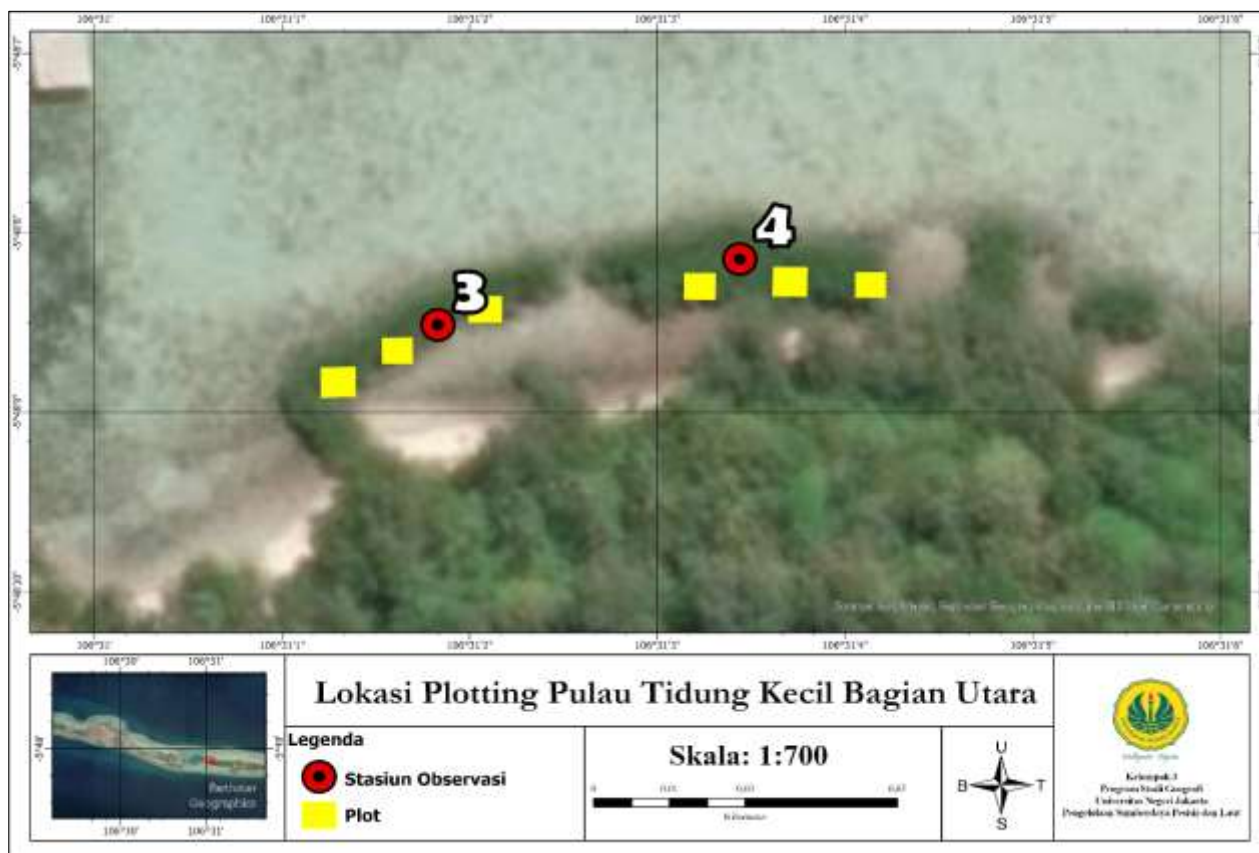
Pada Gambar 4, penentuan lokasi *plotting* dilakukan dengan metode random terstratifikasi pada 2 stasiun di bagian Selatan. *Plotting* yang tersebar secara acak, bertujuan mengetahui perbedaan diameter

dengan untuk mengambil sampel pada tiap-tiap stasiun yang dilakukan observasi.

Persebaran *plotting* ditentukan berdasarkan keberadaan ekosistem mangrove sebagai

sampel penelitian. Sehingga, pada stasiun 1 terdapat 3 *plotting* yang tersebar di bagian timur stasiun sebanyak 2 titik, dan 1 titik pada bagian barat stasiun. Sementara itu,

pada stasiun 2 terdapat 3 *plotting* yang tersebar di bagian tenggara stasiun sebanyak 2 titik, dan 1 titik pada bagian barat stasiun.



Gambar 5. Lokasi Observasi Pulau Tidung Kecil Utara

Pada bagian utara Pulau Tidung Kecil, pengambilan sampel dilakukan dengan memerhatikan kerapatan antar pohon dan juga persebaran ekosistem mangrove yang saling menyambung dari bagian barat Pulau Tidung Kecil sampai ke bagian timur pulau. Pengambilan sampel pada stasiun 3, berjumlah 3 titik, dengan 2 titik pada bagian barat daya stasiun, dan 1 titik pada bagian timur stasiun. Pada stasiun 4, terdapat 3 titik yang tersebar pada bagian selatan stasiun (Gambar 5).

Tabel 3 Kerapatan Individu Mangrove plot/m² Pulau Tidung Kecil

Nomor Stasiun	Kerapatan Individu (m ²)
1	1,67
2	1,83

3	1,75
4	2,33
Rata-rata	1,92

Sumber : Olahan data *Field Trip* 2024

Hasil pengukuran dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan kerapatan individu mangrove di empat stasiun yang tertera pada Tabel 3. Setiap stasiun memberikan nilai kerapatan yang berbeda pada jumlah individu di dalam m². Perbedaan nilai kerapatan individu di dalam transek, dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti perbedaan kondisi lingkungan, jenis substrat, serta tingkat gangguan antropogenik seperti sampah laut dan limbah mikro plastik di area tersebut. Pada stasiun 1, kerapatan individu mangrove tercatat sebesar 1,67 m², yang merupakan nilai

terendah di antara semua stasiun yang diteliti. Sementara itu, kerapatan mangrove di Stasiun 2 dan Stasiun 3 sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 1, dengan kerapatan masing-masing sebesar 1,83 m² dan 1,75 m². Stasiun 4 memiliki kerapatan tertinggi, yaitu 2,33 m². Hal ini menunjukkan bahwa stasiun ini memiliki kondisi lingkungan yang paling optimal untuk pertumbuhan mangrove.

Tabel 4 Jumlah Tegakan dan Tutupan Kanopi Mangrove Pulau Tidung Kecil

Nomor Stasiun	Jumlah Individu	Tutupan <i>Canopy</i> (%)
1	10	78,63
2	11	78,73
3	7	70,82
4	7	78,60
Σ	35	-
Rata-rata		76,69

Sumber : Olahan data *Field Trip* 2024

Dengan rata-rata tutupan 76,69% dari 35 tegakan mangrove, ekosistem ini dapat dikondisikan sebagai vegetasi yang rindang dan kerapatan yang cukup memadai. Kanopi yang rapat ini memberikan perlindungan yang cukup bagi area di bawahnya, meningkatkan fotosintesis tanaman, dan erosi pada pesisir. Akar mangrove yang kokoh, didukung oleh kanopi yang padat, menciptakan perlindungan alami dari gelombang laut. Sebagai bagian dari siklus karbon biru, kawasan ini menyerap karbon dalam jumlah signifikan, menunjukkan efisiensi dalam melakukan penyerapan karbon.

Berdasarkan hasil observasi, didapatkan substrat di Stasiun 4 memiliki struktur yang lebih baik dan memiliki proporsi kadar air, salinitas, serta nutrisi yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan mangrove. Selain itu, tingkat tekanan antropogenik di stasiun ini dinilai lebih rendah depresinya

dibandingkan dengan stasiun lainnya. Secara keseluruhan, rata-rata kerapatan individu mangrove di keempat stasiun mencapai 1,92 m², yang mencerminkan kondisi kerapatan mangrove yang cukup baik.



Gambar 6. Sampel Kanopi Stasiun 1

Tutupan kanopi dari pohon mangrove yang terlihat pada Gambar 6, menunjukkan persentase tutupan sebesar 78,63% (tabel 4). Angka ini mencerminkan kondisi ekosistem mangrove yang cukup baik dan padat. Dengan tutupan yang mencapai 78,63%. Kerapatan kanopi yang tinggi ini berfungsi penting dalam mengurangi penetrasi sinar matahari ke dasar hutan, menjaga kelembapan, serta memberikan perlindungan yang optimal bagi ekosistem di bawah kanopi. Tutupan kanopi yang memadai juga mendukung siklus karbon biru, karena pohon-pohon mangrove yang tumbuh rapat lebih efisien dalam menyerap dan menyimpan karbon.



Gambar 7. Sampel Kanopi Stasiun 2

Dengan tutupan kanopi mencapai 78,73% pada 11 tegakan mangrove dalam Gambar 7, ekosistem ini menunjukkan karakteristik yang

rapat dan padat. Kanopi yang berdekatan, berperan dalam menjaga kelembapan tanah. Kanopi yang padat mampu menahan curah hujan, mencegah air turun langsung ke permukaan tanah, dan mengurangi laju limpasan air. Kanopi yang rapat dapat berkontribusi sebagai penyerap karbon yang signifikan dalam siklus karbon biru, membantu menurunkan emisi karbon, dan menyimpan karbon dalam biomassa serta tanah, yang berperan dalam mitigasi perubahan iklim.



Gambar 8. Sampel Kanopi Stasiun 3

Tutupan kanopi sebesar 70,82% dalam Gambar 8 mencerminkan kondisi yang cukup baik, meskipun persentase tidak >75%. Tegakan ini masih berhasil menciptakan lingkungan yang teduh dan meminimalkan penetrasi cahaya matahari ke bawah. Denganutupan yang cukup lebat, kanopi ini mampu menahan air hujan, mengurangi dampak erosi, dan mendukung infiltrasi air ke dalam tanah. Mangrove berperan sebagai penyangga yang mencegah limpasan air secara langsung ke laut. Denganutupan kanopi sekitar 70%, kemampuan pohon untuk menyerap karbon tetap signifikan, meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kanopi yang lebih rapat.



Gambar 9. Sampel Kanopi Stasiun 4

Denganutupan sebesar 78,60% dalam Gambar 9, kondisi mangrove terlihat rapat dan rindang. Kanopi juga hampir menutupi seluruh area pemotretan. Kanopi yang padat berfungsi dengan baik untuk mengurangi limpasan air hujan, dan menjaga stabilitas kelembapan. Kanopi ini memiliki peran penting dalam siklus karbon biru, dengan efisiensi tinggi dalam menyerap karbon dioksida dan menyimpannya dalam biomassa serta tanah. Persentaseutupan sebesar 78,60% menunjukkan bahwa ekosistem berada dalam keadaan yang baik.

2. Diameter Setinggi Dada pada Tegakan Mangrove Pulau Tidung Kecil

Tabel 5 Diameter Setinggi Dada (DBH) pada Mangrove

Nomor Stasiun	Rerata DBH
1	13,6
2	14,5
3	11,0
4	12,1
Rata-rata	12,8

DBH : Diameter at Breast High (Diameter setinggi dada)

Sumber : Olahan data *Field Trip* 2024

Diameter mangrove yang di dapatkan, memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan selisih $\pm 1-2,5$ cm antar stasiun observasi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh

beberapa faktor di antaranya usia, ketersediaan nutrisi, iklim, salinitas air laut, dan adaptasi ekosistem mangrove terhadap kondisi lingkungan (Hagger et al., 2022). Secara umum ukuran diameter tegakan pohon mangrove berada >10 cm berdasarkan tingkat perkembangan struktur hutan mangrove (Vinh et al., 2019).

Pengukuran diameter mangrove setinggi dada (Diameter at Breast High) di empat stasiun observasi, menunjukkan perbedaan hasil pengukuran yang signifikan. Hasil pengukuran terbesar berada di stasiun 2 dengan rata-rata diameter 14,5 cm, sementara hasil pengukuran terkecil ditemukan di stasiun 3, yaitu 11 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan mangrove bervariasi di setiap stasiun yang dapat disebabkan oleh faktor lingkungan seperti jenis substrat, kadar salinitas, dan ketersediaan nutrisi pada pohon.



Gambar 10. Sampel Tegakan Stasiun 1

Di stasiun 1, diameter setinggi dada (DBH) mencapai 13,6 cm, menandakan bahwa mangrove di lokasi ini dapat tumbuh dengan baik dengan diameter >10 cm. Hal ini menunjukkan habitat mangrove di stasiun tersebut relatif stabil dan sehat. Secara ekologi, ukuran DBH yang lebih besar berhubungan dengan kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap karbon dioksida dan menyimpan karbon. Oleh karena itu, stasiun ini dapat berkontribusi secara signifikan terhadap mitigasi perubahan iklim.



Gambar 11. Sampel Tegakan Stasiun 2

Stasiun 2 mencatat DBH tertinggi di antara keempat stasiun, yaitu 14,5 cm. Besarnya diameter yang diukur menandakan stasiun ini memiliki kondisi yang paling optimal untuk pertumbuhan mangrove. Lingkungan yang kondusif di stasiun ini dapat mendukung pertumbuhan pada ekosistem mangrove dan DBH yang lebih besar mengindikasikan kontribusi dominan pada peningkatan penyerapan karbon di Pulau Tidung Kecil.



Gambar 12. Sampel Tegakan Stasiun 3

Stasiun 3 mencatat DBH terkecil, yaitu 11 cm. Hasil pengukuran menunjukkan kondisi lingkungan di stasiun ini kurang mendukung dalam pertumbuhan optimal mangrove. Jika dibandingkan dengan stasiun lainnya, ukuran DBH yang lebih kecil juga dapat diartikan usia mangrove pada stasiun 3 relatif lebih muda. Meskipun demikian, mangrove di stasiun ini

memiliki pengaruh karena persebarannya yang cukup luas.



Gambar 13. Sampel Tegakan Stasiun 4

Stasiun 4 menunjukkan DBH sebesar 12,1 cm, yang menunjukkan kondisi pertumbuhan mangrove yang relatif mendekati rata-rata dari keseluruhan stasiun. Selisih besarnya diameter dalam pengukuran DBH, menunjukkan bahwa mangrove di stasiun ini tetap memiliki peluang pertumbuhan yang baik dan mampu berkontribusi dalam penyimpanan karbon. Besarnya diameter mangrove yang berada pada stasiun 4, dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya kandungan nutrisi, adaptasi terhadap kondisi lingkungan, pasang surut air laut, suhu, dan tingkat salinitas suatu perairan di dalam ekosistem mangrove (Susiana, 2015).

Dengan rata-rata DBH sebesar 12,8 cm, ukuran ini sudah memasuki usia dewasa dengan diameter >10cm. Mengingat variasi antar stasiun tidak terlalu signifikan, lokasi dengan nilai DBH rendah, seperti stasiun 3, memerlukan perhatian lebih seperti rehabilitasi ekosistem untuk meningkatkan penyerapan karbon. Sebaliknya, lokasi dengan nilai DBH tinggi, seperti stasiun 2, dapat dijadikan lokasi pengelolaan sebagai upaya dalam mitigasi perubahan iklim melalui kemampuannya yang cukup optimal dalam menyerap karbon. Mangrove pada bagian utara (stasiun 4 dan stasiun 3) memiliki kemungkinan usia mangrove yang relatif lebih muda daripada Stasiun 1 dan 2

yang berada di kawasan selatan. Perbedaan ini dapat dilihat dari sebaran mangrove dan ukuran diameter pada tiap tegakan pohon yang ada di Pulau Tidung Kecil.

3. Estimasi Biomassa Mangrove

Tabel 6 Estimasi Biomassa Individu Mangrove

Nomor Stasiun	Biomassa (kg/m ²)
1	122,94
2	142,58
3	75,24
4	93,82
Rata-rata	108,64

*pada setiap m² terdapat 2 (dua) individu mangrove berjenis *Rhizophora mucronata* dari observasi yang dilakukan pada transek 1m x 1m.

Bi = Biomassa

Sumber : Olahan data *Field Trip* 2024

Biomassa pada pohon mangrove ditentukan berdasarkan ukuran atau diameter pohon dan akan terus bertambah seiring meningkatnya usia pohon, hal ini dikarenakan pembelahan sel dan melambatnya pertumbuhan saat memasuki usia tertentu (Mangore et al., 2022). Biomassa mangrove yang diperoleh melalui persamaan allometrik berbeda-beda dari setiap stasiun yang dilakukan observasi. Perbedaan ini menunjukkan keadaan pohon besarnya diameter tegakan yang mempengaruhi kandungan biomassa suatu individu.

Pada stasiun 1, biomassa yang diestimasi mencapai 122,94 kg/m², Pada hasil perhitungan estimasi Biomassa rata-rata individu mangrove, didapatkan hasil seberat 108,64 kg/m². Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada lokasi penelitian yang berbeda. Biomassa mangrove berjenis *Rhizophora mucronata* terbilang lebih kecil dibandingkan dengan jenis *Bruguiera gymnorhiza* dengan estimasi Biomassa 456,02 kg/m² (Mangore et al., 2022).

Berdasarkan tabel 6, maka untuk penentuan *carbon* di dalam suatu tegakan, dapat dihitung menggunakan 47% (0,47) bagian dari biomassa mangrove. Estimasi penyerapan karbon digunakan untuk mengetahui kemampuan individu mangrove dalam m² dalam menyerap karbon. Sehingga di dapat kandungan karbon tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 8.

4. Estimasi Cadangan dan Serapan Karbon Vegetasi Mangrove Pulau Tidung Kecil

Tabel. 8 Estimasi Cadangan Karbon Individu

Nomor Stasiun	Cv (kg/m ²)
1	57,78
2	67,01
3	35,36
4	44,09
Rata-rata	51,06

Cv = Jumlah cadangan karbon pada individu mangrove (Cyclic Voltametry)
 Sumber : Olahan data *Field Trip* 2024

Pada Stasiun 1, cadangan karbon mencapai 57,78 kg/m². Angka ini menunjukkan cadangan karbon yang cukup tinggi dari mangrove di lokasi ini. Tingginya cadangan karbon dipengaruhi oleh diameter tegakan yang dapat menyimpan karbon sebanyak 47% dari biomassa. Stasiun 2 menunjukkan cadangan karbon tertinggi, yaitu 67,01 kg/m², yang menunjukkan bahwa ekosistem mangrove pada stasiun ini mencapai umur dewasa dengan kemampuan penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga stasiun lainnya. Di sisi lain, Stasiun 3 menunjukkan nilai cadangan karbon terendah, yaitu 35,36 kg/m². Nilai yang rendah ini dapat mengindikasikan adanya tekanan ekologis, seperti degradasi habitat atau gangguan akibat aktivitas manusia, serta faktor lain seperti ekosistem mangrove yang relatif muda dan memiliki

biomassa kecil. Sementara itu, Stasiun 4 mencatat cadangan karbon mangrove sebesar 44,09 kg/m², yang lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 3. Meskipun masih kurang optimal jika dibandingkan dengan Stasiun 1 dan Stasiun 2, upaya peningkatan konservasi ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan harapan meminimalisir tekanan ekologis yang terjadi di area mangrove.

Secara keseluruhan, rata-rata estimasi cadangan karbon individu mangrove dari empat stasiun tersebut mencapai 51,06 kg/m². Angka ini menunjukkan kontribusi penting ekosistem mangrove Pulau Tidung Kecil dalam menyimpan karbon. Sehingga hasil cadangan karbon yang sudah diketahui dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui serapan karbon yang dapat dilakukan pada tiap-tiap stasiun.

Tabel. 7 Estimasi Serapan Karbon Individu Mangrove

Nomor Stasiun	EC (kg/m ² /hari)
1	212,05
2	245,92
3	129,77
4	161,81
Rata-rata	187,39

EC = Jumlah serapan karbon dioksida pada individu mangrove
 Sumber : Olahan data *Field Trip* 2024

Pada Stasiun 1, estimasi penyerapan karbon mencapai 212,05 kg/m²/hari, hal ini menunjukkan kemampuan penyerapan yang sangat baik. Pada Stasiun 2 terdapat estimasi penyerapan karbon tertinggi di antara semua stasiun, yaitu 245,92 kg/m²/hari. Ini menunjukkan bahwa mangrove di lokasi tersebut mampu melakukan fotosintesis untuk melakukan penyerapan karbon. Tingginya serapan karbon di Stasiun 2 dapat dijadikan sebagai potensi pengembangan konservasi mangrove di kawasan sekitar stasiun. Sebaliknya, Stasiun 3 mencatat estimasi serapan karbon terendah, yaitu 129,77 kg/m²/hari. Hal ini hal ini menandakan tingkat

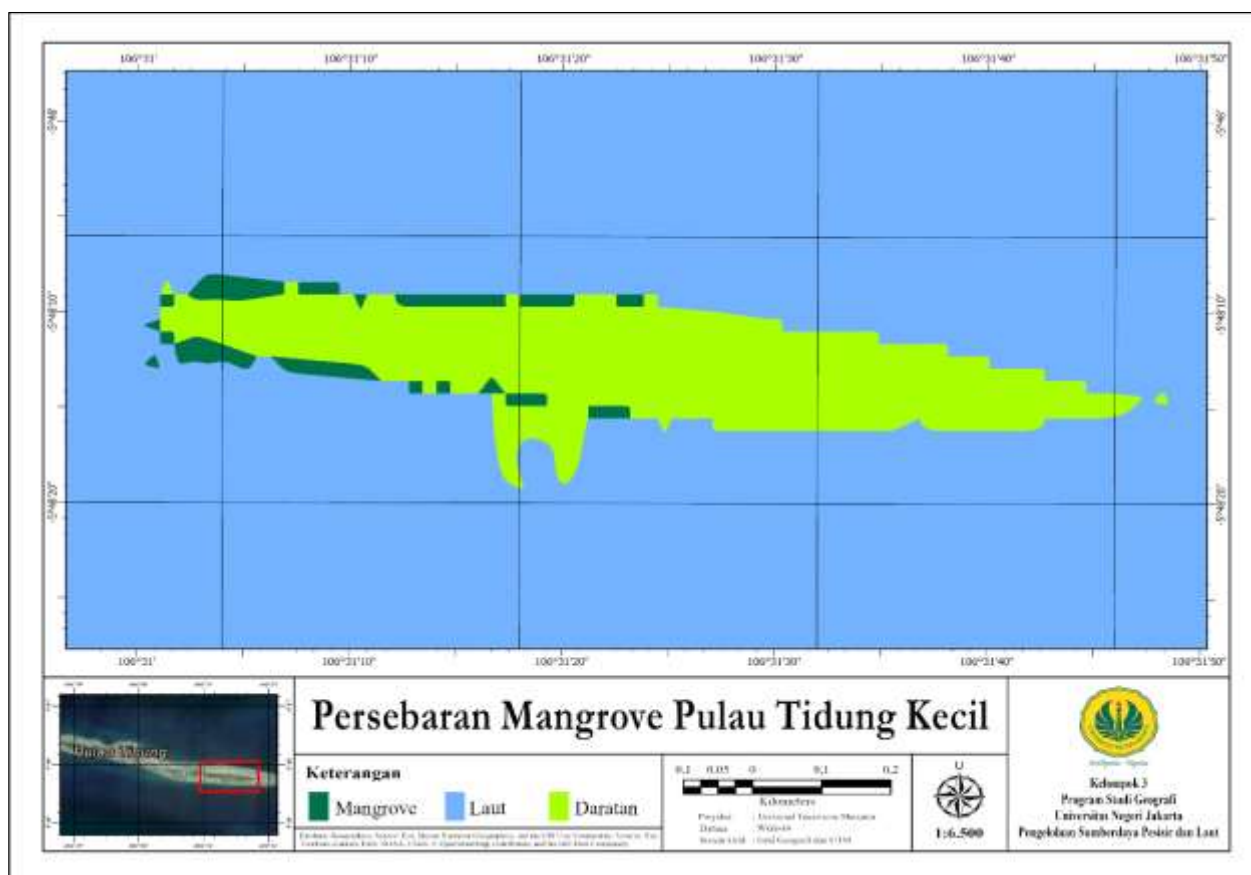
biomassa yang lebih rendah atau keberadaan mangrove muda yang belum mencapai kemampuan optimal dalam penyerapan karbon. Pada Stasiun 4, estimasi penyerapan karbon diketahui sebesar 161,81 kg/m²/hari, lebih tinggi daripada Stasiun 3 (129,77 kg²/m²/hari).

Secara keseluruhan, rata-rata estimasi penyerapan karbon dari keempat stasiun sebesar 187,39 kg/m²/hari. Rata-rata tersebut menjadi indikasi bahwa mangrove di area

penelitian secara umum memiliki kapasitas yang cukup signifikan untuk menyerap karbon. Oleh karenanya dapat dilakukan beberapa upaya seperti pemeliharaan, rehabilitasi ekosistem, dan pemantauan secara spasial untuk meningkatkan penyerapan karbon.

3.2 Pembahasan

1. *Supervised Sentinel-2A* pada Ekosistem Mangrove Pulau Tidung Kecil



Gambar 14 Sebaran Mangrove Menggunakan *Supervised Sentinel 2A*

Penentuan sebaran mangrove dilakukan dengan *remote sensing* pada Band 8, 4, dan 11 menggunakan ArcGIS Pro serta observasi langsung di Pulau Tidung Kecil (Rais et al., 2023). Luas kawasan hutan mangrove pulau tidung kecil menggunakan *supervised* yang dilakukan klasifikasi sebesar 2,31 ha⁻¹ dan tersebar di sisi barat Pulau dengan dominasi jenis *Rhizophora*

mucronata, sementara klasifikasi daratan hasil *supervised* di Pulau Tidung Kecil seluas 17,49 ha⁻¹. Dengan kata lain, algoritma mengklasifikasikan tutupan lahan sebagai daratan tanpa memerhatikan jenis vegetasi (pepohonan), perumahan, lahan terbuka, dan sebagainya.

2. Estimasi *blue carbon* pada Seluruh Kawasan Pulau Tidung Kecil

Tabel 9 Parameter pendugaan *Blue Carbon* pada Seluruh Kawasan Mangrove di Pulau Tidung Kecil

Jenis Mangrove	Bi SK (kg)	Bi SK (ton)	Cv SK (ton)	EC SK (ton CO ₂)
<i>Rhizophora mucronata</i>	250.969	250,96	117,94	432,86

Bi : Biomassa

Cv : Stok karbon

Ec : Serapan karbon

SK : Seluruh Kawasan

Rata-rata Biomassa: 108,645 (ton/h⁻¹)

Luas kawasan mangrove: 2,31 ha⁻¹

Sumber: Olahan data *Field Trip* 2024

sebesar 117,94 ton dengan serapan karbon sebesar 432,86 ton CO₂. Dengan adanya penelitian ini diharapkan penguatan konservasi dan penyusunan kebijakan pengelolaan kawasan mangrove dapat dilakukan secara berkelanjutan di ekosistem mangrove Pulau Tidung Kecil.

Berdasarkan perhitungan pada tiap individu, maka perhitungan pada seluruh kawasan mangrove dapat diketahui dengan menggunakan estimasi luasan yang didapatkan dari hasil *supervised* Sentinel-2A. Estimasi pengukuran yang didapatkan pada seluruh kawasan seluas 2,31ha⁻¹, didapatkan hasil biomassa sebesar 250,96 ton, cadangan karbon sebesar 117,94 ton, dan serapan karbon sebesar 432,86 (ton/CO₂). Hasil perhitungan dikonversikan ke dalam satuan hektar (ha⁻¹) dan didapatkan biomassa *rhizophora mucronata* di Pulau Tidung Kecil sebesar 108,64 ton/ha⁻¹, cadangan karbonnya 51,06 ton/ha⁻¹, dan serapan karbon sebesar 187,39 ton/ha⁻¹. Hasil penelitian di Pulau Tidung Kecil terbilang lebih rendah jika dibandingkan dengan temuan pada penelitian sebelumnya di Sulawesi Tenggara, yang masing-masing parameter mencapai 189,32 ton/ha⁻¹, 88,98 ton/ha⁻¹, dan 326,55 ton/ha⁻¹ (Kangkuso et al., 2018).

4. Kesimpulan

Peran ekosistem mangrove terhadap siklus karbon biru, memiliki pengaruh yang besar terhadap kestabilan iklim dan konsentrasi CO₂ di suatu wilayah. Penelitian mengenai estimasi serapan karbon pada ekosistem mangrove *Rhizophora mucronata* di Pulau Tidung Kecil, dapat diketahui total biomassa mangrove seluruh kawasan sebesar 250.969,95 kg atau 250,96 ton, sementara total stok karbon di seluruh kawasan yaitu

Daftar Pustaka

- 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>
- Aprianto, J., & Romadhon, A. (2021). Analisis kesesuaian ekowisata mangrove di Pantai Kutang Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(2), 107–114. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i2.10654>
- Dharmawan, E. W. I., Suyarso, Ulumuddin, Y. I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). Manual for mangrove community structure research and monitoring.
- Dharmawan, S. W. I. (2010). Pendugaan biomasa karbon di atas tanah pada tegakan *rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta (estimation of above ground biomass carbon of *rhizophora mucronata* stand at Ciasem, Purwakarta). In *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* (Vol. 15, Issue 1).
- Easteria G, Imran Z, & Yulianto G. (2022). Estimasi stok karbon mangrove rehabilitasi di Pulau Harapan Dan Kelapa, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta.
- Hagger, V., Worthington, T. A., Lovelock, C. E., Adame, M. F., Amano, T., Brown, B.

- M., Friess, D. A., Landis, E., Mumby, P. J., Morrison, T. H., O'Brien, K. R., Wilson, K. A., Zganjar, C., & Saunders, M. I. (2022). Drivers of global mangrove loss and gain in social-ecological systems. *Nature communications*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33962-x>
- Kangkuso, A., Sharma, S., Jamili, J., Septiana, A., Sahidin, I., Rianse, U., Rahim, S., & Nadaoka, K. (2018). Trends in allometric models and aboveground biomass of family Rhizophoraceae mangroves in the Coral Triangle ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(7), 691–711. <https://doi.org/10.1080/10549811.2018.1453843>
- Mangore, R., Rumengan, A. P., Angmalisang, P. A., Rumampuk, N. D. C., Djamaluddin, R., & Rondonuwu, A. B. (2022). Analisis struktur komunitas dan biomassa mangrove di Kelurahan Lirang Kecamatan Lembeh Utara Kota Bitung (analysis of community structure and mangrove biomass in Lirang, North Lembeh, Bitung City). In *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*.
- Permata Sari, D., Syaputra, M., & Webliana, K. B. (2022). Biomassa dan serapan karbon hutan mangrove Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat. *Journal of Forest Science Avicennia* | Vol. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i2.20569>
- Rahim, R., Sa'odah, Tiring, S. S. N. D., Asman, Fitriyah, L. A., Dewi, M. S., Irene, H. R., Mutia, Pamungkas, M. D., & Sutrisno, E. (2021). Metodologi penelitian (teori dan praktik).
- Rais, M., Inaku, D. F., Moka, W. J. C., Mashoreng, S., Satari, D. Y., & Rukminasari, N. (2023). Estimasi stok karbon padang lamun menggunakan citra spot-7 di Perairan Pulau Kodingarenglompo, Sangkarrang, Kota Makassar. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(2), 387–398. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i2.16496>
- Rifandi, R. (2021). Pendugaan stok karbon dan serapan karbon pada tegakan mangrove di kawasan ekowisata mangrove Desa Mojo Kabupaten Pemalang. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 19(1), 93–103. <https://doi.org/10.36762/jurnaljateng.v19i1.871>
- Sidik, F., & Kadarisman, H. P. (2019). Panduan mangrove: survei ekologi dan pemetaan Denny Wijaya Kusuma Institute For Management Marine And Fisheries Information. Balai Riset dan Observasi Laut, BRSDM-KKP. <https://www.researchgate.net/publication/339550532>
- SNI 7724:2019. (2019). Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon-Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon berbasis lahan (land-based carbon accounting). www.bsn.go.id
- Susiana. (2015). Analisis kualitas air ekosistem mangrove di Estuari Perancak, Bali.
- Vinh, T. Van, Marchand, C., Linh, T. V. K., Vinh, D. D., & Allenbach, M. (2019). Allometric models to estimate above-ground biomass and carbon stocks in *Rhizophora apiculata* tropical managed mangrove forests (Southern Viet Nam). *Forest Ecology and Management*, 434, 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.017>