

KOMPOSISI STRUKTUR DAN ESTIMASI CADANGAN KARBON DI PULAU BANGKO-BANGKOANG KABUPATEN PANGKEP

Structure Composition and Carbon Stock Estimation on Bangko-Bangkoang Island, Pangkep Regency

Herawaty^{1*}, Anugrahandini Nasir¹, Dea Ekaputri Andraini¹, Ismail¹

Affiliation

1. Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Makassar

Corresponding author:

*Wirapawarrang03@yahoo.com

Abstract

Mangrove ecosystems are essential for climate change mitigation, particularly through their capacity to store carbon. Research was conducted on Bangko-Bangkoang Island, Pangkep District, South Sulawesi, to assess carbon stock and species composition within local mangrove communities. The objective was to analyze aboveground biomass and evaluate the potential for carbon sequestration in this ecosystem. Field data were collected using a systematic sampling technique with a random starting point, establishing 20 x 20-meter plots. Biomass was estimated using allometric equations, and carbon stocks were quantified and converted to CO₂ equivalents. Results indicated that *Rhizophora mucronata* contributed the highest carbon stock, with 592.91 tons per hectare, equivalent to 2173.99 tons per hectare CO₂-eq. *Rhizophora stylosa* stored 118.89 tons of carbon per hectare, equivalent to 435.94 tons per hectare CO₂-eq, while *Sonneratia alba* stored 14.30 tons of carbon per hectare, equivalent to 52.45 tons per hectare CO₂-eq. These findings underscore the importance of mangrove conservation as a strategy for climate change mitigation, given their substantial carbon storage capacity and potential to reduce CO₂ emissions.

Submit: 2025-10-7

Accepted: 2025-02-10

COPYRIGHT © 2025 by Journal Eboni.

This Work is licenced under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Keywords. *Mangrove, Carbon Stock, Rhizophora mucronata, Biomass, Climate Change*

1. Pendahuluan

Mangrove merupakan ekosistem pesisir tropis yang memiliki peran sangat penting dalam mitigasi perubahan iklim, khususnya sebagai penyerap dan penyimpan karbon (Suryono et al., 2018). Peningkatan kadar karbondioksida (CO₂) di atmosfer merupakan salah satu penyebab utama perubahan iklim global. Oleh karena itu, pengurangan emisi CO₂ melalui berbagai jenis vegetasi hutan, termasuk hutan mangrove, sangat diperlukan. Keberadaan hutan mangrove di pesisir diyakini dapat membantu menurunkan konsentrasi gas CO₂ di atmosfer dengan menyerap CO₂ untuk fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa (Mutahharah et al., 2024) Mangrove juga memainkan peran krusial dalam mendukung keberagaman hayati pesisir, menyediakan habitat bagi berbagai spesies ikan, krustasea, dan burung, serta melindungi daerah pesisir dari abrasi dan bencana alam seperti tsunami dan banjir.

Namun, luas dan kualitas mangrove mengalami penurunan akibat tekanan pembangunan, konversi lahan untuk tambak dan pertanian, serta eksploitasi tidak ramah lingkungan. Di Indonesia, laju kerusakan dan deforestasi mangrove masih tinggi sehingga menurunkan kapasitas penyimpanan karbon dan meningkatkan kerentanan masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim (Rahman et al., 2025). Kerusakan ekosistem mangrove tidak hanya mengurangi kemampuan ekosistem untuk menyerap CO₂, tetapi juga meningkatkan kerentanannya terhadap bencana alam (Fakhrurrozi et al., 2023). Mengingat frekuensi bencana alam seperti banjir dan gelombang tinggi yang semakin meningkat akibat perubahan iklim, penting untuk menjaga kelestarian mangrove. Oleh karena itu, konservasi dan pengelolaan mangrove yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk mempertahankan fungsi ekologisnya dalam menyerap karbon dan melindungi pesisir (Kathiresan et al., 2013).

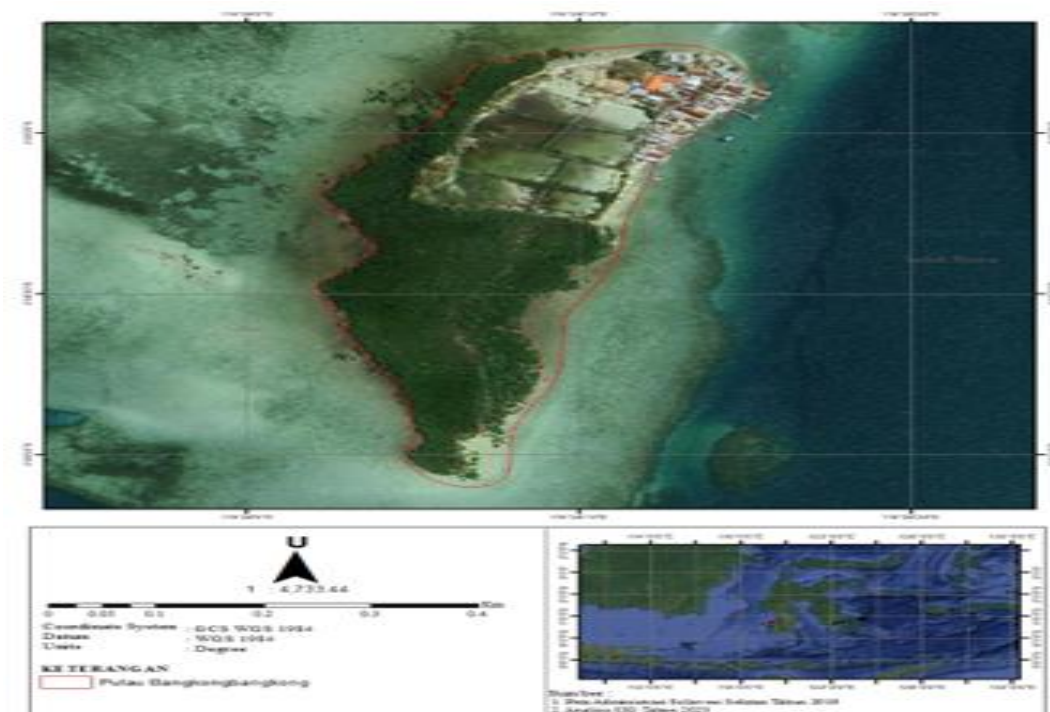
Sepanjang pesisir dan beberapa pulau di Kabupaten Pangkep ditemui banyak ekosistem mangrove, salah satunya di Pulau Bangkobangkoang tumbuh Mangrove di pulau tersebut tumbuh subur, namun namun terancam oleh kerusakan ekosistem dan habitat spesies laut, serta abrasi pulau yang semakin

parah (Arfan et al., 2022). Penurunan kualitas ekosistem mangrove di pulau ini memerlukan upaya yang lebih intensif untuk pemantauan dan konservasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi ekosistem mangrove di Pulau Bangkobangkoang, dengan fokus pada cadangan karbon dan serapan karbon dioksida (CO₂ equivalent) di atas permukaan tanah (aboveground biomass). Analisis ini akan memberikan gambaran tentang peran mangrove dalam mitigasi perubahan iklim di daerah tersebut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis komposisi jenis mangrove di Pulau Bangkobangkoang. Dengan informasi yang diperoleh dari penelitian ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang aplikatif bagi kebijakan pengelolaan mangrove yang berkelanjutan, serta meningkatkan kesadaran masyarakat pesisir akan pentingnya pelestarian mangrove untuk mitigasi perubahan iklim dan perlindungan terhadap kehidupan mereka. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat menyediakan informasi komprehensif yang dapat mendukung pengelolaan mangrove secara lebih efisien dan berkelanjutan, serta memberikan kontribusi pada upaya global dalam mitigasi perubahan iklim dan perlindungan ekosistem pesisir.

2. Metode

2.1. Tempat dan waktu penelitian

Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Bangko-bangkoang, Desa Mattiro Ulang Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1).



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi vegetasi pohon yang terdapat pada lokasi penelitian sebagai objek utama pengamatan. Alat yang digunakan terdiri atas GPS receiver untuk menentukan koordinat lokasi plot secara akurat, roll meter dan pita ukur untuk mengukur dimensi plot serta keliling batang pohon, kompas untuk menentukan arah orientasi plot, serta tally sheet sebagai media pencatatan data lapangan. Selain itu, alat tulis digunakan untuk mendukung proses pencatatan data selama pengambilan data di lapangan.

2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri atas beberapa langkah yang dilakukan secara sistematis, yaitu sebagai berikut:

1. Penentuan Lokasi dan Plot Contoh

Penelitian diawali dengan penentuan lokasi pengamatan. Selanjutnya dilakukan pembuatan plot contoh menggunakan metode systematic sampling with random start, yaitu dengan menentukan titik

awal secara acak, kemudian plot berikutnya ditentukan secara sistematis dengan jarak tertentu. Plot berbentuk persegi dengan ukuran 20 × 20 meter.

2. Pengukuran dan Pengumpulan Data Lapangan

Pada setiap plot contoh, seluruh individu pohon yang berada di dalam plot diukur dan diidentifikasi. Parameter yang diamati meliputi: Keliling batang pohon (cm) yang diukur pada posisi setinggi dada (DBH) dan Jenis atau spesies pohon. Pengukuran dilakukan menggunakan pita ukur, sedangkan identifikasi jenis pohon dilakukan berdasarkan ciri morfologi yang dikenali di lapangan. Seluruh data hasil pengukuran dicatat secara sistematis pada *tally sheet*.

2.3. Pencatatan dan Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari lapangan kemudian direkapitulasi dan disusun dalam bentuk tabel. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk analisis struktur tegakan dan sebagai dasar dalam perhitungan cadangan karbon.

1. Analisis Struktur dan Komposisi Mangrove

Untuk mengetahui tingkat penguasaan suatu jenis dalam komunitas mangrove, digunakan Indeks Nilai Penting (INP). Nilai ini menggambarkan besarnya peranan ekologis suatu jenis di dalam ekosistem mangrove. Semakin tinggi nilai INP suatu jenis, maka semakin besar pula pengaruh dan dominasinya pada lokasi penelitian. Perhitungan INP dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan:

- **INP** = Indeks Nilai Penting (%)
- **KR** = Kerapatan Relatif (%)
- **FR** = Frekuensi Relatif (%)
- **DR** = Dominansi Relatif (%)

1. Perhitungan Biomassa Atas Permukaan (Above Ground Biomass/AGB)

Biomassa atas permukaan (above ground biomass / AGB) mangrove dihitung menggunakan persamaan allometrik berdasarkan diameter batang setinggi dada atau diameter at breast height (DBH). Penggunaan persamaan allometrik dilakukan karena metode ini lebih praktis, efisien, dan umum digunakan untuk mengestimasi biomassa tanpa harus melakukan penebangan pohon. Dalam penelitian ini, persamaan allometrik yang digunakan disesuaikan dengan jenis mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian (table 1).

Tabel 1. Persamaan allometrik biomassa mangrove

Jenis	Persamaan allometrik	Sumber
Rhizophora mucronata	$B = 0,128(DBH)^{2,60}$	Kusmana et al., 2005
Sonneratia alba	$B = 0,251 \times 0,6(DBH)^{2,46}$	Kusmana et al., 2018
Rhizophora stylosa	$B = 0,1579(DBH)^{2,593}$	Kusmana et al., 2020

Keterangan: B = biomassa atas permukaan (kg) ; DBH = diameter batang setinggi dada (cm)

2. Perhitungan Cadangan Karbon

Cadangan karbon dihitung berdasarkan nilai biomassa yang telah diperoleh. Mengacu pada SNI 7724:2019 tentang pengukuran dan penghitungan cadangan karbon pada ekosistem berbasis lahan, kandungan karbon vegetasi diperoleh dengan mengalikan biomassa dengan fraksi karbon organik sebesar 0,47. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C = B \times 0,47$$

Keterangan:

C = kandungan karbon biomassa (kg)

B = total biomassa (kg)

0,47 = fraksi karbon organik biomassa

3. Konversi Cadangan Karbon ke CO₂-ekuivalen

Untuk mengetahui besarnya kemampuan vegetasi mangrove dalam menyerap karbon dioksida, nilai cadangan karbon selanjutnya dikonversi menjadi nilai **CO₂-ekuivalen**. Konversi ini dilakukan dengan menggunakan rasio massa molekul relatif karbon dioksida terhadap massa atom karbon, yaitu 44/12 atau 3,67. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$CO_2\text{-eq} = \frac{44}{12} \times C$$
$$CO_2\text{-eq} = 3,67 \times C$$



Keterangan:

- **CO₂-eq** = karbon dioksida ekuivalen
- **44** = massa molekul relatif CO₂
- **12** = massa atom relatif C
- **C** = nilai cadangan karbon (kg)
- **Hasil Dan Pembahasan**

4.1. Komposisi Mangrove di Pulau Bangko-Bangkoang

Berdasarkan hasil penelitian, jumlah spesies mangrove yang ditemukan di Pulau Bangko-Bangkoang, Kabupaten Pangkep, terdiri atas tiga spesies, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Sonneratia alba*. Keberadaan ketiga spesies tersebut menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di lokasi penelitian memiliki tingkat keanekaragaman jenis yang relatif rendah. Komposisi spesies mangrove di lokasi penelitian (table 2) dianalisis berdasarkan nilai kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), dominansi relatif (DR), serta Indeks Nilai Penting (INP) . Nilai INP digunakan untuk mengetahui tingkat dominansi dan peranan masing-masing spesies dalam komunitas mangrove.

Tabel 2. Komposisi Spesies Mangrove di Lokasi Penelitian

Jenis	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)
<i>Rhizophora mucronata</i>	73,62	60,87	82,11	216,60
<i>Rhizophora stylosa</i>	23,10	26,09	15,34	64,53
<i>Sonneratia alba</i>	3,28	13,04	2,55	18,88

Keterangan: KR = Kerapatan Relatif; FR = Frekuensi Relatif; DR = Dominansi Relatif; INP = Indeks Nilai Penting.

Berdasarkan hasil identifikasi keanekaragaman jenis mangrove di Pulau Bangko-Bangkoang, Kabupaten Pangkep, ditemukan tiga spesies utama, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Sonneratia alba*. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa *Rhizophora mucronata* memiliki nilai kerapatan relatif (KR) sebesar 73,62%, frekuensi relatif (FR) 60,87%, dominansi relatif (DR) 82,11%, serta Indeks Nilai Penting (INP) sebesar 216,60%, yang menunjukkan bahwa spesies ini merupakan jenis yang paling dominan di lokasi penelitian. Tingginya nilai INP tersebut mengindikasikan bahwa *R. mucronata* memiliki peran ekologis yang sangat besar dalam struktur komunitas mangrove, terutama dalam penguasaan ruang, jumlah individu, dan penyebaran pada area penelitian. Sebaliknya, *Rhizophora stylosa* dan *Sonneratia alba* menunjukkan nilai yang lebih rendah, masing-masing dengan INP sebesar 64,53% dan 18,88%, yang mencerminkan peran yang lebih kecil dalam komunitas. Rendahnya nilai tersebut mengindikasikan bahwa kedua spesies ini memiliki keterbatasan dalam hal kerapatan, distribusi, maupun dominansi dibandingkan dengan *R. mucronata*. Perbedaan tingkat dominansi antar spesies ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti salinitas, kondisi substrat, kedalaman genangan, serta dinamika pasang surut yang memengaruhi kesesuaian habitat bagi masing-masing spesies. Secara umum, *R. stylosa* cenderung berkembang pada zona peralihan dengan kondisi substrat yang masih dipengaruhi air laut, sedangkan *S. alba* lebih sering ditemukan pada area yang lebih terbuka di dekat garis pantai dengan karakteristik lingkungan tertentu. Oleh karena itu, dominansi *R. mucronata* menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di Pulau Bangko-Bangkoang lebih sesuai bagi pertumbuhan spesies tersebut. Dalam konteks pengelolaan dan rehabilitasi ekosistem mangrove, hasil ini menunjukkan bahwa *R. mucronata* berpotensi menjadi spesies utama dalam upaya restorasi, namun keberadaan spesies lain tetap perlu diperhatikan untuk menjaga keseimbangan dan keanekaragaman ekosistem mangrove secara berkelanjutan (Mappiasse et al., 2022).

4.2. Biomassa diatas permukaan/Above ground biomass (AGB)

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 3, diperoleh bahwa *Rhizophora mucronata* memiliki potensi cadangan karbon tertinggi dibandingkan spesies lainnya, dengan nilai sebesar 592,91 ton/ha dan nilai CO₂-ekuivalen sebesar 2173,99 ton/ha. Tingginya nilai tersebut sejalan dengan dominansi spesies ini dalam struktur komunitas mangrove, yang ditunjukkan oleh nilai Indeks Nilai Penting (INP) yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar ukuran dan jumlah individu suatu spesies, maka semakin besar pula kontribusinya terhadap akumulasi biomassa dan cadangan karbon.

Tabel 3. Potensi Cadangan Karbon Mangrove

Jenis	Diameter Rata-rata (cm)	Karbon (ton/ha)	CO ₂ -eq (ton/ha)
<i>Rhizophora mucronata</i>	8,74	592,91	2173,99



Rhizophora stylosa	6,77	118,89	435,94
Sonneratia alba	7,30	14,30	52,45

Sumber: Hasil analisis, 2025

Berdasarkan data pada Tabel 3, *Rhizophora mucronata* merupakan spesies mangrove yang memberikan kontribusi terbesar terhadap cadangan karbon di Pulau Bangko-Bangkoang. Dengan jumlah individu sebanyak 1.077 pohon, diameter rata-rata (DBH) sebesar 8,74 cm, dan biomassa mencapai 1.261,5 ton/ha, spesies ini mampu menyimpan karbon sebesar 592,91 ton/ha serta setara dengan penyerapan CO₂ sebesar 2.173,99 ton/ha. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa *R. mucronata* tidak hanya berperan sebagai pelindung pesisir, tetapi juga memiliki fungsi ekologis yang sangat penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui kapasitas penyimpanan karbon yang tinggi (Hisyam et al., 2023). Sementara itu, *Rhizophora stylosa* memiliki jumlah individu yang lebih sedikit, yaitu 338 pohon, dengan diameter rata-rata 6,77 cm. Spesies ini menghasilkan biomassa sebesar 252,96 ton/ha dengan cadangan karbon sebesar 118,89 ton/ha dan nilai CO₂-ekuivalen sebesar 435,94 ton/ha. Meskipun kontribusinya lebih rendah dibandingkan *R. mucronata*, keberadaan *R. stylosa* tetap penting dalam mendukung fungsi ekologis ekosistem mangrove secara keseluruhan, terutama dalam menjaga stabilitas struktur vegetasi.

Sebaliknya, *Sonneratia alba* menunjukkan kontribusi terendah terhadap cadangan karbon, meskipun memiliki diameter rata-rata yang relatif cukup besar (7,30 cm). Dengan jumlah individu hanya 48 pohon, biomassa yang dihasilkan sebesar 30,43 ton/ha, cadangan karbon sebesar 14,30 ton/ha, serta CO₂-ekuivalen sebesar 52,45 ton/ha. Rendahnya kontribusi ini terutama dipengaruhi oleh jumlah individu yang terbatas, sehingga perannya dalam penyimpanan karbon relatif kecil dibandingkan dua spesies lainnya. Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa *Rhizophora mucronata* merupakan salah satu spesies mangrove dengan potensi penyimpanan karbon tertinggi dibandingkan spesies mangrove lainnya (Karim et al., 2019; Nedhisa & Tjahjaningrum, 2019). Hal ini disebabkan oleh karakteristik morfologi dan laju pertumbuhan yang relatif lebih tinggi, serta kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi lingkungan pesisir (Z.A et al., 2024). Selain itu, penelitian oleh Hilmi et al. (2024) menunjukkan bahwa kandungan karbon pada spesies *Rhizophora* berkisar antara 42,48%–53,34%, dengan *R. mucronata* memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan *R. stylosa*. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa faktor biotik, seperti jenis spesies dan ukuran diameter batang, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap besarnya cadangan karbon yang tersimpan dalam ekosistem mangrove. Oleh karena itu, dalam upaya pengelolaan dan konservasi mangrove sebagai penyerap karbon (*carbon sink*), perlu mempertimbangkan dominansi spesies serta struktur tegakan untuk mengoptimalkan fungsi ekosistem dalam mitigasi perubahan iklim (Ulqodry et al., 2025).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, komposisi spesies mangrove di Pulau Bangko-Bangkoang, Kabupaten Pangkep, terdiri atas tiga spesies, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Sonneratia alba*. Dari ketiga spesies tersebut, *Rhizophora mucronata* merupakan spesies yang paling dominan sekaligus memiliki kontribusi terbesar terhadap cadangan karbon, dengan nilai sebesar 592,91 ton/ha atau setara dengan 2.173,99 ton/ha CO₂-ekuivalen. Sementara itu, *Rhizophora stylosa* memiliki cadangan karbon sebesar 118,89 ton/ha (435,94 ton/ha CO₂-ekuivalen), dan *Sonneratia alba* sebesar 14,30 ton/ha (52,45 ton/ha CO₂-ekuivalen). Hasil ini menunjukkan bahwa struktur tegakan dan dominansi spesies berpengaruh signifikan terhadap besarnya cadangan karbon yang tersimpan, sehingga ekosistem mangrove di Pulau Bangko-Bangkoang memiliki peran penting dalam penyimpanan karbon dan mitigasi perubahan iklim.

Daftar Pustaka

- Arfan, A., Juanda, M. F., Maddatuang, M., Umar, R., Maru, R., & Anshari, A. (2022). Strategi Pengelolaan Ekowisata Mangrove Pulau Bangkobangkoang Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 19(1), 49–62. <https://doi.org/10.20886/jakk.2022.19.1.49-62>
- Fakhrurrozi, F., Yuniar, Z., Harun, M., Lestariningsih, W. A., & Rahman, I. (2023). Community Structure and Health Conditions of Mangrove in Sabu Raijua. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 105–111. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4626>



- Hilmi, E., Hendrayana, Samudra, S. R., Fikriyya, N., Junaidi, T., Cahyo, T. N., Putri, N. A., & Ummah, A. N. (2024). Species-specific and landscape carbon storage analysis of mangrove forest in Segara Anakan Lagoon, Cilacap, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(8), 2748–2755. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250848>
- Hisyam, M., Indrayani, E., Kalor, J. D., & Waum, I. (2023). Perbandingan Stok Karbon Mangrove *Rhizophora mucronata* di Kampung Enggros dan Entrop, Jayapura, Papua. *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 6(1), 15–19. <http://ejournal.uncen.ac.id/index.php/ACR>
- Karim, H. A., Ahmad, A., & Rosdayanti, A. (2019). Komposisi Dan Cadangan Karbon Ekosistem Mangrove Teluk Bone Palopo, Sulawesi Selatan Composition And Carbon Stock Of Mangrove Ecosystem Gulf Of Bone Palopo, South Of Sulawesi. *Gorontalo: Journal of Forestry*, 2(1), 11–19.
- Kathiresan, K., Anburaj, R., Gomathi, V., & Saravanakumar, K. (2013). Carbon sequestration potential of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina* as influenced by age, season, growth and sediment characteristics in southeast coast of India. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3), 397–408. <https://doi.org/10.1007/s11852-013-0236-5>
- Kusmana, C., Hidayat, T., Tiryana, T., Rusdiana, O., & Istomo. (2018). Allometric models for above- and below-ground biomass of *Sonneratia* spp. *Global Ecology and Conservation*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00417>
- Mappiasse, M. F., Djafar, M., & Asra, R. (2022). Distribution of mangrove health in the coastal area of Maros Regency in 2021 based on Sentinel-2 satellite imagery Sebaran kesehatan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Maros tahun 2021 berdasar Citra Satelit Sentinel-2. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 11(2), 165–179. www.jurnal.balithutmakassar.org
- Mutahharah, M., Alamsyah, R., Azizah, R., & Akram, A. (2024). Estimasi Kandungan Karbon dan Serapan Karbon pada Daun, Akar dan Tanah di Pesisir Mangrove Sinjai Utara Kabupaten Sinjai. *HUTAN TROPIKA*, 19(2), 284–293. <https://doi.org/10.36873/jht.v19i2.16815>
- Nedhisa, P. I., & Tjahjaningrum, I. T. (2019). Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan Persamaan Allometrik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2), 61–65.
- Rahman, R., Bramana, A., Suharti, R., & Irawan, H. (2025). Analisis Vegetasi Mangrove Berdasarkan Faktor Lingkungan Perairan di Kawasan Pesisir Kabupaten Pati. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(1), 49–60. <https://doi.org/10.14710/buloma.v14i1.62083>
- Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseangrofau Marina*, 7(1), 1–8.
- Ulqodry, T. Z., Raihan, M., Muhtadi, Sarno, Hendri, M., Apri, R., Putri, W. A. E., & Aryawati, R. (2025). Carbon Stock and Potential for Carbon Absorption by Mangrove Forests on Maspari Island: The Outermost Small Island in South Sumatra. *Jurnal Sylva Lestari*, 13(2), 519–536. <https://doi.org/10.23960/jsl.v13i2.1095>
- Z.A, S. A., 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>