



Estimasi Stok Karbon pada Ekosistem Mangrove di Pulau Lepar Pongok, Kabupaten Bangka Selatan, Bangka Belitung

Henri^{1,a*}, Arthur Muhammad Farhaby^{2,b}, Okto Supratman²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung, Jl. Kampus Terpadu UBB Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka 33172, Indonesia

²Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Kelautan, Universitas Bangka Belitung, Jl. Kampus Terpadu UBB Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka 33172, Indonesia

^aEmail penulis pertama: biology.henry@gmail.com, ^bemail penulis kedua: amfarhaby88@gmail.com, *corresponding author: biology.henry@gmail.com

Diterima: 7 November 2023; Disetujui: 30 Agustus 2024; Diterbitkan: 30 Agustus 2024

Abstract

Estimated Carbon Stock in the Mangrove Ecosystem on Lepar Pongok Island, South Bangka Regency, Bangka Belitung. The mangrove ecosystem is a coastal wetland that plays an important role in the global carbon cycle, especially because of its high carbon storage capacity. Estimating carbon storage is important so this research aims to obtain information about carbon reserves in the mangrove forest ecosystem on Lepar Island, South Bangka Regency. The vegetation and biomass collection method was carried out using a systematic sampling method and dead mangrove tree biomass measurements referred to SNI (7724:2011), while substrate sampling was carried out using a composite method which was then analyzed for carbon content using the Loss of Ignition (LOI) method. The research results showed that there were 11 mangrove species at the four stations with *Rhizophora apiculata* and *Sonneratia alba* always present at every station except at station IV. The average density of the mangrove ecosystem on Lepar Island falls within the criteria for very dense density (1,689.75 ind/ha). The average value of aboveground biomass is 87.55 ton/ha and carbon stock is 41.15 ton/ha, and the highest at station IV is 182.88 ton/ha for aboveground biomass and 85.95 tonnes/ha for carbon stock while the lowest was at station II, namely 30.90 ton/ha for aboveground biomass and 14.52 for carbon stock. The potential of existing carbon stocks can be used as an important effort to conserve and restore mangrove ecosystems in facing climate change mitigation.

Key Words : aboveground biomass, mangrove ecosystem, species composition, carbon stock

Intisari

Ekosistem mangrove merupakan salah satu lahan basah pesisir yang berperan penting dalam siklus karbon global terutama karena kapasitas penyimpanan karbonnya yang tinggi. Estimasi penyimpanan karbon menjadi penting sehingga penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi mengenai cadangan karbon pada ekosistem hutan mangrove di Pulau Lepar, Kabupaten Bangka Selatan. Metode pengambilan vegetasi dan biomassa dilakukan secara *systematic sampling method* dan pengukuran biomassa pohon mangrove mati mengacu pada SNI (7724:2011), sedangkan pengambilan sampel substrat dilakukan dengan metode komposit yang selanjutnya dianalisis kandungan karbon menggunakan *metode Loss of Ignition* (LOI). Hasil penelitian terdapat sebanyak 11 spesies mangrove pada keempat stasiun dengan *Rhizophora apiculata* dan *Sonneratia alba* yang selalu ada pada setiap stasiun kecuali pada stasiun IV. Kerapatan rata-rata ekosistem mangrove di Pulau Lepar masuk dalam kriteria kerapatan sangat padat (1.689,75 ind/ha). Nilai rata-rata *aboveground biomass* sebesar 87,55 ton

/ha dan stok karbonnya sebesar 41,15 ton/ha, dan yang tertinggi pada stasiun IV sebesar 182,88 ton/ha untuk *aboveground biomass* dan 85,95 ton/ha untuk stok karbon sedangkan terendah pada stasiun II yaitu 30,90 ton/ha untuk *aboveground biomass* dan 14,52 stok karbonnya. Potensi stok karbon yang ada dapat dijadikan upaya pentingnya konservasi dan restorasi ekosistem mangrove dalam menghadapi mitigasi perubahan iklim.

Kata Kunci : *aboveground biomass*, ekosistem mangrove, komposisi jenis, stok karbon.

1. Pendahuluan

Mangrove sebagai salah satu ekosistem penting dalam menyediakan berbagai jasa ekosistem, termasuk penyimpanan dan penyerapan karbon yang berkontribusi langsung terhadap mitigasi perubahan iklim (Cameron et al., 2019; Kauffman et al., 2020). Meskipun hutan mangrove hanya menempati 0,7% dari kawasan hutan tropis, deforestasinya bertanggung jawab atas 10% emisi global. Hal ini dikarenakan hutan mangrove berperan 4–5 kali lebih efektif dalam menyerap karbon dibandingkan hutan tropis terestrial (Donato et al., 2011).

Ekosistem mangrove diperkirakan telah kehilangan 35–86% luas aslinya secara global yang disebabkan oleh aktivitas antropogenik (Sippo et al., 2018). Hutan mangrove dapat dengan mudah kehilangan karbon organik jika diganggu (Hamilton & Casey, 2016). Ancaman antropogenik yang signifikan masih ada, seperti eutrofikasi perairan pesisir (Halpern et al., 2019), pembukaan lahan untuk pengembangan wilayah pesisir (Romañach et al., 2018), dan intensifnya pengembangan budidaya perikanan (Thomas et al., 2018). Akibatnya, kehilangan dan degradasi hutan yang terus-menerus akan berdampak secara signifikan terhadap cadangan karbon (Gomes et al., 2021).

Laju hilangnya mangrove di Indonesia telah meningkat dari 52.000 ha/tahun pada tahun 1985–2005 dan menjadi 100.000 ha/tahun pada tahun 2006 hingga 2012 (Ilman et al., 2016). Hutan mangrove sangat dinamis dan luas serta kondisi spasialnya berubah dengan cepat, sehingga perlu upaya konservasi mangrove yang efektif yang memerlukan pengetahuan yang kuat tentang status mangrove di masa lalu dan saat ini (Friess et al., 2019). Perlindungan dan restorasi mangrove dapat menjadi langkah penting sebagai bagian dari program global *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+) untuk meningkatkan adaptasi terhadap perubahan iklim (Ahmed & Glaser, 2016).

Mangrove di Bangka Belitung pada beberapa ekosistem perlu dilakukan upaya konservasi secara efektif untuk melindungi, memulihkan, dan melestarikan kawasan mangrove yang tersisa (Sari et al., 2023). Hal ini dilihat dari potensi ekosistem mangrove sebagai salah satu penyimpan karbon biru potensial, seperti pada mangrove di Desa Kurau Timur, Kabupaten Bangka Tengah memiliki cadangan karbon tersimpan sebesar 3.207,29 ton/ha (Henri et al., 2023), dan produksi karbon serasah sebesar 6,85 ton/ha/tahun (Farhaby et al., 2023). Mangrove di Desa Sukamandi Kabupaten Belitung Timur memiliki cadangan karbon tersimpan sebanyak 957,56 ton/ha (Sapriyadi et al., 2023). Kandungan karbon hutan mangrove di Kepulauan Lepar Pongok didominasi jenis *Rhizophora mucronata* sebesar 179,31 t C/ha yang setara dengan biomassa 358,62 t/ha (Heriyanto & Silvaliandra, 2019). Akan tetapi untuk mangrove di Pulau Lepar belum dilakukan penelitian sehingga perlu dikaji untuk mendapatkan informasi mengenai estimasi cadangan karbon pada ekosistem hutan mangrove di Pulau Lepar, Kabupaten Bangka Selatan. Berdasarkan hal di atas, maka penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai cadangan karbon pada ekosistem hutan mangrove di Pulau Lepar, Kabupaten Bangka Selatan.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni s.d Agustus 2023. Pengambilan data lapangan dilakukan di Hutan Mangrove Pulau Lepar, Kabupaten Bangka Selatan, Bangka

Belitung. Analisis sampel dan identifikasi jenis mangrove dilakukan di Laboratorium Biologi dan Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Bangka Belitung.

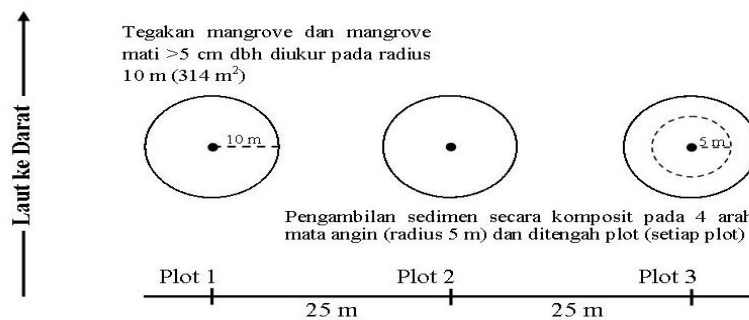
2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan lokasi penelitian yang lebih spesifik, *handphone* untuk dokumentasi, *core sediment* untuk mengambil sampel sedimen, DO meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut, termometer untuk mengukur suhu air, pH meter untuk mengukur pH, salinometer untuk mengukur kadar salinitas, meteran, dan tali rafia. Bahan yang digunakan adalah kertas label dan kantong plastik.

2.3 Metode Pengambilan Data

2.3.1 Pengambilan Vegetasi dan Biomassa Mangrove

Metode pengambilan tegakan vegetasi dilakukan secara *systematic sampling method*, dengan pertimbangan plot sampling dilakukan dari arah laut ke darat. Pengambilan data dilakukan pada empat stasiun yang masing-masing stasiun terdiri dari tiga plot. Plot sampel menggunakan plot yang berbentuk lingkaran berdiameter 20 meter dengan jarak antar plot sejauh 25 meter. Ukuran plot berdiameter 20 m ($r = 10$ m, $A = 314$ m²) untuk mengukur pohon dengan ukuran diameter > 5 cm (Donato et al., 2012), seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan plot sampel penelitian di Pulau Lepar
(Figure 1. Plot chart of research samples on Lepar Island)

2.3.2 Pengambilan Biomassa Mangrove Mati

Pengukuran biomassa pohon mangrove mati mengacu pada SNI (7724:2011) yaitu dengan mengukur pohon mati yang ada di dalam plot setinggi dada (DBH 1,3 m) dan menghitung tinggi pohon dengan persamaan trigonometri. Selanjutnya perhitungan biomassa pohon mangrove mati dilakukan dengan metode geometrik. Sedangkan pengukuran biomassa kayu mangrove mati dilakukan dengan mengukur diameter pangkal dan ujung serta panjang total kayu mangrove mati, untuk selanjutnya dihitung berdasarkan volume (SNI 7724:2011).

2.3.3 Pengambilan Sampel Substrat

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).

2.4 Analisis Data

2.4.1 Kerapatan Jenis

Kerapatan jenis (D_i) merupakan jumlah tegakan jenis ke-1 dalam suatu unit area. Penentuan kerapatan jenis dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan :

D_i : Kerapatan jenis (ind/m²); n_i : Jumlah total tegakan jenis i ; dan A : Luas total plot (m²)

2.4.2 Cadangan Karbon diatas Permukaan Tanah

Penghitungan cadangan karbon per hektar untuk biomassa di atas permukaan tanah menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

Keterangan :

C_n : Kandungan karbon/hektar pada masing-masing *carbon pool*/plot (ton/ha); C_x : Kandungan karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot (ton); dan L_{plot} : Luas plot (m²)

2.4.3 Stok Karbon Biomassa

Perhitungan stok karbon dari biomassa mengacu pada SNI (7724:2011) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_b = B \times \%C_{org}$$

Keterangan :

C_b : Kandungan karbon dari biomassa (kg); B : Total biomassa (kg); dan $\%C_{org}$: Nilai persentase kandungan karbon (0,47)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Jenis-jenis vegetasi mangrove di Pulau Lepar

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa jenis vegetasi mangrove pada empat (4) stasiun yang dilakukan pengamatan beragam yaitu sebanyak 11 spesies mangrove. Masing-masing stasiun yaitu stasiun I (5 spesies), stasiun II (7 spesies), stasiun III (5 spesies) dan stasiun IV (1 spesies), seperti yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis vegetasi mangrove per stasiun di Pulau Lepar
(Table 1. Species of mangroves vegetation per station on Lepar Island)

Nama Spesies	Stasiun Penelitian			
	I	II	III	IV
<i>Bruguiera exaristata</i>	-	+	+	-
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	-	+	+	-
<i>Ceriops decandra</i>	+	-	-	-
<i>Ceriops tagal</i>	-	-	+	-
<i>Lumnitzera littorea</i>	-	+	-	-
<i>Lumnitzera racemosa</i>	-	+	-	-
<i>Rhizophora apiculata</i>	+	+	+	-
<i>Rhizophora mucronata</i>	+	-	-	+
<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	-	+	-	-
<i>Sonneratia alba</i>	+	+	+	-
<i>Xylocarpus granatum</i>	+	-	-	-

Keterangan : (+) ditemukan, (-) Tidak ditemukan

Rhizophora apiculata dan *Sonneratia alba* merupakan spesies yang ditemukan pada ketiga stasiun kecuali di stasiun IV dan kedua spesies tersebut termasuk jenis mangrove mayor. Menurut Noor et al. (2006), pada ekosistem mangrove yang tanahnya berpasir, umumnya didominasi oleh kelompok dari genus *Sonneratia*, sedangkan genus *Avicennia* dan genus *Rhizophora* cenderung mendominasi pada daerah yang berlumpur. Adanya variasi kumpulan spesies pada lokasi atau stasiun tertentu merupakan sebagai bentuk serangkaian nilai yang mengkuantifikasi probabilitas setiap spesies untuk dapat hidup di unit fokus tertentu (Karger et al., 2016). Spesies yang ada saat ini merupakan sebagian dari kumpulan spesies. Bagian lainnya saat ini tidak ada spesies yang secara teoritis mampu hidup dalam kondisi ekologi tertentu di lokasi tersebut (Carmona & Pärtel, 2021).

Spesies yang bervariasi ini juga dipengaruhi oleh karakteristik stasiun secara ekologi yang berbeda-beda. Hutan mangrove yang diteliti menunjukkan pola distribusi spesies yang berbeda dan pengurangan kompleksitas struktural dari zona pasang surut rendah menuju daratan. Pada stasiun 4 memiliki karakteristik secara ekologi berbeda dibandingkan dengan ketiga stasiun lainnya, dimana pada stasiun ini secara tofografi berada tepat di tepi pantai dengan kondisi pantai terjal. Fisiografi pantai (tofografi) dapat mempengaruhi komposisi, distribusi spesies dan lebar hutan mangrove. Pantai yang terjal komposisi, distribusi dan lebar hutan mangrove lebih kecil karena kontur yang terjal menyulitkan pohon mangrove untuk tumbuh (Urrego et al., 2014).

vegetasi hutan mangrove yang terjaga memberikan dampak penting dalam skala kecil, salah satunya adalah mengurangi kecepatan pasang surut dan gelombang gelombang serta melindungi garis pantai dari erosi (Mcivior et al., 2012). Bahkan dalam skala besar hutan mangrove berfungsi memitigasi perubahan iklim dengan peyerapan sejumlah besar karbon organik dalam sedimen dan sumber biomassa (Jennerjahn, 2020).

3.1 Kerapatan, *aboveground biomass*, dan stok karbon mangrove di Pulau Lepar

Komposisi jenis mangrove terbanyak di temukan pada stasiun II yaitu sebanyak 7 spesies dengan nilai kerapatan 1.885 ind/ha. Pada Stasiun I dan III di temukan 5 spesies dengan nilai kerapatan 812 ind/ha dan 2.307 ind/ha. Stasiun IV ditemukan hanya 1 spesies dengan nilai kerapatan 1.755 ind/ha seperti yang tersaji pada Tabel 2. Berdasarkan Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove. Kriteria mangrove dengan kerapatan >1.500 ind/ha termasuk kriteria sangat padat, ≥ 1000 -< 1500 ind/ha termasuk dalam kriteria sedang dan mangrove dengan kerapatan < 1000 ind/ha termasuk kriteria jarang. Berdasarkan hal tersebut, perhitungan nilai rata-rata kerapatan jenis dapat dikatakan bahwa, kerapatan ekosistem mangrove di Pulau Lepar dalam kriteria kerapatan sangat padat yaitu dengan rata-rata dari keempat stasiun 1.689,75 ind/ha.

Tabel 2. Kerapatan, *aboveground biomass*, dan stok karbon mangrove di Pulau Lepar
(Table 2. Density, *aboveground biomass*, and mangrove carbon stock on Lepar Island)

Stasiun	Lokasi	Range DBH (Cm)	Jumlah Pohon (Ind)	Kerapatan (Ind/ha)	<i>Aboveground biomass</i> (Ton/ha)	Stok karbon (Ton/ha)
I	Penutuk	156-2,87	50	812	98,90	46,48
II	Kumbang	11,46-1,27	116	1.885	30,90	14,52
III	Kumbang	22,29-0,64	142	2.307	37,53	17,64
IV	Tanjung Sangkar	15,29-1,27	108	1.755	182,88	85,95
Total			416	6759	350,21	164,59
Rerata			104	1.689,75	87,55	41,15

Penyusun utama dari biomassa adalah senyawa penyusun karbohidrat yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) yang dihasilkan melalui proses

fotosintesis tanaman. Hasil penghitungan *aboveground biomass* (AGB) di setiap stasiun penelitian dengan nilai rerata *aboveground biomass* sebesar 87,55 ton/ha. Stasiun IV memiliki nilai biomassa tertinggi yaitu sebesar 182,88 ton/ha (AGB). Hal ini dikarenakan pada stasiun IV didominasi oleh genus *Rhizophora*. Mangrove genus *Rhizophora* tumbuh di daerah belumpur dengan adaptasi akar yang berbentuk tunjang. Salah satu fungsi akar tunjang pada jenis mangrove ini adalah untuk menyerap udara pada kondisi miskin oksigen, semakin sedikit kandungan oksigen maka akan meningkatkan jumlah dan tinggi akar tunjang (Suryono et al., 2018). Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Heriyanto & Subiandono (2012) dan Rachmawati et al. (2014), nilai biomassa dari jenis *Rhizophora* sp. lebih besar dibandingkan jenis mangrove yang lain. Sedangkan nilai biomassa terendah pada stasiun III yaitu sebesar 30,90 ton/ha (AGB). Hal ini terjadi karena ukuran diameter (*diameter at breast height*, DBH) pada lokasi III merupakan yang terkecil dibandingkan dengan lokasi lainnya. Berbedanya nilai biomassa di atas permukaan dan biomassa bawah permukaan pada masing-masing stasiun bervariasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh diameter (DBH), tinggi tanaman, kerapatan kayu dan kesuburan tanah, serta usia pohon tersebut pada masing-masing stasiun. Kandungan biomassa mangrove dipengaruhi oleh kerapatan, diameter, jenis, dan *wood density* mangrove (Rachmawati et al., 2014).

Stok karbon menggambarkan seberapa besar suatu pohon dalam menyimpan karbon. Besar kecilnya stok karbon dalam suatu vegetasi bergantung pada jumlah biomassa yang terkandung pada pohon, kesuburan tanah dan daya serap vegetasi tersebut (Ati et al., 2014). Hasil perhitungan stok karbon pada tegakan mangrove di Pulau Lepar, Kabupaten Bangka Selatan dengan rerata simpanan karbon pada tegakan sebesar 41,15 ton/ha, dengan simpanan karbon tegakan mangrove terbesar pada stasiun IV yaitu sebesar 85,95 ton/ha. Sedangkan nilai simpanan karbon tegakan mangrove terendah pada stasiun II yaitu sebesar 14,52 ton/ha. Berdasarkan penelitian Al-Reza et al. (2017), 47% dari biomassa adalah karbon. Semakin tinggi nilai biomassa, maka akan semakin tinggi simpanan karbonnya dan sebaliknya rendah nilai biomassa juga akan menyebabkan semakin rendah simpanan karbonnya. Selain itu, rendahnya penyerapan karbon mungkin tidak didorong oleh fitur-fitur tertentu dari habitat atau oleh lingkungan geomorfologi yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhannya (Almahasheer et al., 2017). Penyerapan karbon di hutan mangrove juga dapat dipengaruhi dari unsur iklim, seperti curah hujan, suhu, dan evapotranspirasi. Selain itu, hal ini dapat terjadi melalui sistem oseanografi pesisir seperti arus, ketinggian pasang surut, dan geomorfologi (Alongi, 2008).

4. Kesimpulan

Mangrove di Pulau Lepar, Kabupaten Bangka Selatan ditemukan sebanyak 11 spesies dengan komposisi jenis tertinggi pada stasiun II sebanyak 7 spesies dan terendah pada stasiun IV yaitu 1 spesies. Kerapatan ekosistem mangrove dari keempat stasiun sebesar 1.689,75 ind/ha yang termasuk dalam kriteria kerapatan sangat padat. *Aboveground biomass* (182,88 ton/ha) dan stok karbon (85,95 ton/ha) pada stasiun IV tertinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Nilai rata-rata *aboveground biomass* pada penelitian ini sebesar 87,55 ton/ha dan stok karbonnya sebesar 41,15 ton/ha.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Bangka Belitung yang telah mendanai kegiatan penelitian melalui skema hibah Penelitian Dosen Tingkat Universitas dengan nomor kontrak 323.AD/UN50/L/PP/2023. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim asisten peneliti yang tergabung dalam Kelompok Studi Ekosistem Mangrove (KETEM), Laboratorium Biologi dan Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ahmed, N., & Glaser, M. (2016). Coastal aquaculture, mangrove deforestation and blue carbon emissions: Is REDD+ a solution? *Marine Policy*, 66, 58–66.
- Al-Reza, D. D., Hermawan, R., & Prasetyo, L. B. (2017). Carbon Stocks Potential Above Ground Surface in Taman Hutan Raya Pancoran Mas, Depok. *Media Konservasi*, 22(1), 71–78.
- Almahasheer, H., Serrano, O., Duarte, C. M., Arias-Ortiz, A., Masque, P., & Irigoien, X. (2017). Low Carbon sink capacity of Red Sea mangroves. *Scientific Reports*, 7(1), 1–10.
- Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1–13.
- Ati, R. N. A., Rustam, A., Kepel, T. L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., Mangindaan, P., Salim, H. L., & Hutahaeon, A. A. (2014). Stok Karbon Dan Struktur Komunitas Mangrove Sebagai Blue Carbon di Tanjung Lesung, Banten. *Jurnal Segara*, 10(2), 119–127.
- Cameron, C., Hutley, L. B., Friess, D. A., & Brown, B. (2019). Community structure dynamics and carbon stock change of rehabilitated mangrove forests in Sulawesi, Indonesia. *Ecological Applications*, 29(1), 1–20.
- Carmona, C. P., & Pärtel, M. (2021). Estimating probabilistic site-specific species pools and dark diversity from co-occurrence data. *Global Ecology and Biogeography*, 30(1), 316–326.
- 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.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2012). Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *CIFOR Brief*, 12, 1–12.
- 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.
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2019). The State of the World's Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 89–115.
- Gomes, L. E. de O., Sanders, C. J., Nobrega, G. N., Vescovi, L. C., Queiroz, H. M., Kauffman, J. B., Ferreira, T. O., & Bernardino, A. F. (2021). Ecosystem carbon losses following a climate-induced mangrove mortality in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 297(October 2020), 113381.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J. S., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C., & Selkoe, K. A. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8.
- Hamilton, S. E., & Casey, D. (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*, 25(6), 729–738. <https://doi.org/10.1111/geb.12449>
- Henri, H., Syafa'ati, R., & Farhaby, A. M. (2023). Estimasi Cadangan Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove di Desa Kurau Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 15(1), 52–64.
- Heriyanto, N. ., & Silvialiandra, V. (2019). Keanekaragaman Mangrove dan Sediaan Karbonnya di Kepulauan Lepar Pongok, Bangka Selatan. *Buletin Plasma Nutfah*, 25(2), 47–56.
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2012). Composition and Structure, Biomass, and Potential of Carbon Content In Mangrove Forest At National Park Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 9(1), 23–32.
- Ilman, M., Dargusch, P., Dart, P., & Onrizal. (2016). A historical analysis of the drivers of loss and degradation of Indonesia's mangroves. *Land Use Policy*, 54, 448–459.
- Jennerjahn, T. C. (2020). Relevance and magnitude of "Blue Carbon" storage in mangrove sediments: Carbon accumulation rates vs. stocks, sources vs. sinks. *Estuarine, Coastal and*

- Shelf Science*, 247, 1–11.
- Karger, D. N., Cord, A. F., Kessler, M., Kreft, H., Kühn, I., Pompe, S., Sandel, B., Sarmiento Cabral, J., Smith, A. B., Svenning, J. C., Tuomisto, H., Weigelt, P., & Wesche, K. (2016). Delineating probabilistic species pools in ecology and biogeography. *Global Ecology and Biogeography*, 25(4), 489–501.
- Kauffman, J. B., Adame, M. F., Arifanti, V. B., Schile-Beers, L. M., Bernardino, A. F., Bhomia, R. K., Donato, D. C., Feller, I. C., Ferreira, T. O., Jesus Garcia, M. del C., MacKenzie, R. A., Magonigal, J. P., Murdiyarto, D., Simpson, L., & Hernández Trejo, H. (2020). Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. *Ecological Monographs*, 90(2), 1–18.
- Mcivor, A., Spencer, T., & Möller, I. (2012). Storm Surge Reduction by Mangroves. *Natural Coastal Protection Series*, 1–35.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. I. N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: PHKA/WI-IP.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*, 13(19), 85–91.
- Romañach, S. S., DeAngelis, D. L., Koh, H. L., Li, Y., Teh, S. Y., Raja Barizan, R. S., & Zhai, L. (2018). Conservation and restoration of mangroves: Global status, perspectives, and prognosis. *Ocean and Coastal Management*, 154, 72–82.
- Sapriyadi, S., Farhaby, A. M., & Adibrata, S. (2023). Estimation of Carbon Stocks in Mangrove Stands in Sukamandi Village East Belitung Regency. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 17(2), 76–80.
- Sari, S. P., Koedam, N., Pamungkas, A., Muftiadi, M. R., & Van Coillie, F. (2023). Unveiling the Diversity of Bangka Island's Mangroves: A Baseline for Effective Conservation and Restoration. *Forests*, 14(8), 1–22.
- Sippo, J. Z., Lovelock, C. E., Santos, I. R., Sanders, C. J., & Maher, D. T. (2018). Mangrove mortality in a changing climate: An overview. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 215(May), 241–249.
- Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimation of Biomass Content and Carbon in Perancak Mangrove Forest Jembrana Regency of Bali Province. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1), 1–8.
- Thomas, J. B. E., Nordström, J., Risén, E., Malmström, M. E., & Gröndahl, F. (2018). The perception of aquaculture on the Swedish West Coast. *Ambio*, 47(4), 398–409.
- Urrego, L. E., Molina, E. C., & Suárez, J. A. (2014). Environmental and anthropogenic influences on the distribution, structure, and floristic composition of mangrove forests of the Gulf of Urabá (Colombian Caribbean). *Aquatic Botany*, 114, 42–49.