

STUDI KERAPATAN EKOSISTEM MANGROVE DESA SUNGAI CEMARA KABUPATEN TANJUNG JABUNG TIMUR PROVINSI JAMBI

*A Study on the Density of the Mangrove Ecosystem in Sungai Cemara Village,
Tanjung Jabung Timur District, Jambi Province*

Bakti Mandala^{1*}, Betty Purwati², dan Riki Pandu Winata²

(Diterima 23 Mei 2025 / Disetujui 6 November 2025)

ABSTRACT

Sungai Cemara Village, located in Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi Province, is part of the East Coast Mangrove Forest Nature Reserve and directly borders Berbak Sembilang National Park. This area encompasses approximately 300 hectares of mangrove ecosystems that play a crucial role in coastal protection and serve as habitat for various wildlife species, including migratory birds and the Sumatran tiger. This study aims to analyze the vegetation structure and habitat characteristics of the mangrove ecosystem in the region. The research employed a vegetation survey method across five transects comprising a total of 100 plots, covering three growth stages: seedlings, saplings, and mature trees. The results showed that *Rhizophora* sp. was the dominant species with the highest Important Value Index (IVI) across all growth stages 81,88% in seedlings, 80,79% in saplings, and 145,68% in mature trees. Environmental parameters indicated favorable conditions for mangrove growth, with temperatures ranging from 28–30°C, salinity between 23–25 ppt, soil and water pH values between 6 and 7, and predominantly muddy substrates. These findings suggest that the mangrove ecosystem in Sungai Cemara Village is in a good regenerative condition and holds strong potential for ecologically based conservation efforts.

Keywords: Ecological disaster; Mangrove ecosystem; Sungai Cemara Village; Vegetation analysis

ABSTRAK

Desa Sungai Cemara di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi merupakan bagian dari kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur dan berbatasan langsung dengan Taman Nasional Berbak Sembilang. Kawasan ini memiliki ekosistem mangrove seluas ±300 ha yang berperan penting dalam perlindungan garis pantai serta menjadi habitat bagi berbagai spesies satwa, termasuk burung migran dan harimau sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur vegetasi dan karakteristik habitat ekosistem mangrove di desa tersebut. Metode yang digunakan meliputi survei vegetasi pada lima transek dengan total 100 plot, mencakup tiga tingkat pertumbuhan: semai, pancang, dan pohon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Rhizophora* sp merupakan spesies dominan dengan nilai Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi pada semua tingkat tegakan (81,88% semai; 80,79% pancang; 145,68% pohon). Parameter lingkungan mendukung pertumbuhan mangrove, dengan suhu 28–30°C, salinitas 23–25 ppt, pH tanah dan air 6–7, serta substrat berlumpur. Temuan ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Desa Sungai Cemara memiliki kondisi regeneratif yang baik dan mendukung upaya konservasi berbasis ekologi.

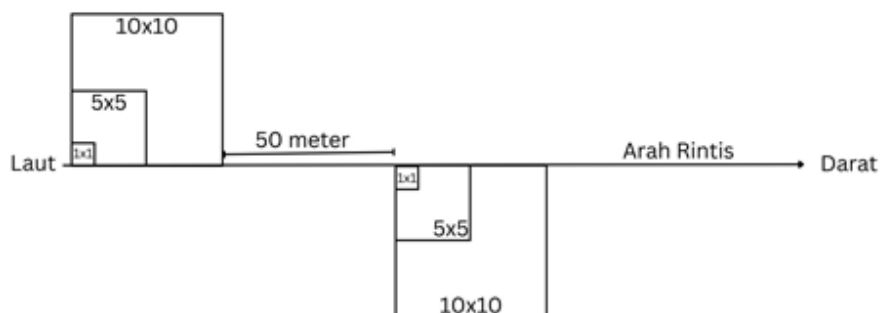
Kata kunci: Analisis vegetasi; Bencana ekologis; Desa Sungai Cemara; Ekosistem mangrove

¹ Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

² Program Studi Kehutanan, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Jambi

* Penulis korespondensi:

e-mail: bb.mandala@unja.ac.id



Gambar 2. Gambar transek pengamatan

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah alat tulis, buku panduan tentang jenis mangrove, GPS (*Global Positioning System*), higrometer, kamera, luxmeter, meteran, parang, peta lokasi penelitian, phi band, soil tester, *tally sheet*, dan tali rafia.

Pengumpulan Data

Pengamatan vegetasi mangrove dilakukan pada 5 transek di kawasan ekosistem hutan mangrove, dimana pada setiap jalur ditentukan dari batas laut sampai dengan batas tumbuhnya vegetasi mangrove. Adapun di dalam transek dipasang transek kuadrat (plot) sesuai dengan kategori vegetasi mangrove. Menurut Bengen *et al.* (2023), transek berukuran 10 x 10 m² digunakan untuk pengambilan data pohon mangrove, transek 5 x 5 m² untuk pengambilan pancang mangrove, dan transek 1 x 1 m² untuk pengambilan data semai mangrove (Gambar 2). Untuk identifikasi spesies akan mengacu pada buku panduan identifikasi mangrove dengan judul *A Field Guide of Indonesian Mangrove* oleh Giesen *et al.* (2006).

Pengambilan sampel kualitas lingkungan perairan dan substrat (pH tanah dan redoks potensial) dilakukan secara *in situ* ketika kondisi surut agar memudahkan dalam mobilisasi di lokasi penelitian. Sementara itu, analisis fraksi substrat menggunakan metode ayakan saringan bertingkat untuk melihat ukuran butiran substrat. Analisis fraksi substrat dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi.

Analisis Vegetasi

Analisis dilakukan dengan menggunakan Indeks Nilai Penting (INP), sebuah metode yang umum digunakan dalam ekologi untuk mengevaluasi pentingnya suatu spesies dalam suatu komunitas vegetasi. INP mencakup beberapa parameter, termasuk kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif (Curtis 1959 dalam Indriyanto 2008), dengan rumus:

INP pancang dan semai = KR + FR

INP pohon = KR + FR + DR

Misra (1980) dalam Widayanti 2014) menjelaskan lebih lanjut mengenai cara menghitung berbagai besaran untuk parameter vegetasi sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis (N)}}{\text{Luas petak contoh (ha)}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis (K)}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}}$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis (F)}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}}$$

$$\text{Dominansi (D)} = \frac{\text{Jumlah bidang datar suatu jenis}}{\text{Luas petak contoh (ha)}}$$

$$\text{Dominansi Relatif (DR)} = \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Dominansi seluruh jenis}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Penelitian.

Desa Sungai Cemara adalah salah satu di antara sembilan Desa yang ada di Kecamatan Sadu, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Propinsi Jambi. Secara geografis Desa Sungai Cemara berada pada koordinat (-1.4060153, 104.4416319), desa yang terletak di pesisir pantai timur Jambi ini banyak memiliki keunikan tersendiri yang tidak dimiliki desa lainnya, diantaranya adalah Desa Sungai Cemara memiliki hutan mangrove dan pantai yang setiap tahunnya dikunjungi oleh burung migran, selain burung migran ekosistem mangrove pantai timur Jambi juga menjadi tempat bermain Harimau Sumatra (*Panthera tigris*) berasal dari Taman Nasional Berbak Sembilang (TNBS) yang lokasinya bersebelahan dengan ekosistem mangrove.

Jenis-jenis mangrove di ekosistem mangrove Desa Sungai Cemara, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di ekosistem mangrove Desa Sungai Cemara Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi dapat dilihat pada Tabel 1. Struktur tegakan mangrove di lokasi penelitian didominasi oleh *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp pada semua tingkat pertumbuhan (semai, pancang, dan pohon). Pada fase semai, *Rhizophora* sp memiliki jumlah individu yang paling banyak, dengan 764 individu pada plot T3 dan 820 individu pada T5, menunjukkan kemampuan regenerasi yang sangat baik di area tersebut. Diikuti oleh *Avicennia* sp, yang meskipun jumlah individunya lebih rendah, tetap menunjukkan penyebaran yang luas, dengan 356 individu pada plot T3 dan 421 individu pada plot T5. Dominasi ini mengindikasikan kapasitas regenerasi yang tinggi dari *Rhizophora* sp, yang sering ditemukan di ekosistem mangrove dengan kondisi substrat berlumpur dan terlindungi dari gangguan fisik (Koo *et al.* 2018). Sementara itu, *Avicennia* sp menunjukkan penyebaran yang lebih luas meskipun dengan jumlah individu lebih rendah, yakni 421 individu pada fase semai di plot T3 dan 356 individu pada plot T2. Sebagai spesies pionir, *Avicennia* sp memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada kondisi salinitas tinggi dan tanah miskin oksigen (García *et al.* 2019).

Jenis lain, seperti *Excoecaria agallocha*, *Casuarina* sp, dan *Thespesia populnea*, muncul dengan jumlah individu yang jauh lebih rendah. *Excoecaria agallocha* ditemukan lebih signifikan pada fase pancang dan semai, tetapi tetap tidak sebanding dengan dominasi *Rhizophora* sp dan

Avicennia sp *Casuarina* sp dan *Thespesia populnea* memiliki peran minor, mencerminkan keterbatasan toleransi terhadap kondisi lingkungan tertentu.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di lokasi ini masih dalam tahap regenerasi, dengan dominasi spesies *Rhizophora* dan *Avicennia* yang berfungsi sebagai penyusun utama komunitas. Temuan ini mendukung teori suksesi ekologis, dimana spesies dominan berperan dalam stabilisasi ekosistem setelah gangguan (Tomlinson 2016). Penelitian lebih lanjut terkait faktor abiotik seperti salinitas dan kualitas air akan memperkaya pemahaman tentang dinamika populasi mangrove di kawasan ini (Setyawan *et al.* 2021).

Karakteristik habitat mangrove di Desa Sungai Cemara, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

1. Parameter Lingkungan yang memengaruhi Pertumbuhan Mangrove

Berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan mangrove di Desa Sungai Cemara, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi dapat dilihat pada Tabel 2. Kondisi lingkungan merupakan faktor utama yang memengaruhi distribusi, struktur, dan dinamika komunitas vegetasi mangrove. Hasil pengukuran parameter lingkungan di Desa Sungai Cemara menunjukkan suhu berkisar antara 28–29 °C, salinitas 23–25 ppt, pH tanah 6–7, serta substrat yang didominasi oleh lumpur (Tabel 2). Nilai-nilai ini mencerminkan karakteristik khas ekosistem mangrove tropis yang mendukung pertumbuhan berbagai spesies mangrove, seperti *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp.

Tabel 1 Jenis-jenis mangrove di ekosistem mangrove Desa Sungai Cemara Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi

Jenis	Jumlah Individu														
	Pohon					Pancang					Semai				
<i>Rhizophora</i> sp	174	37	191	136	205	205	74	382	272	410	696	148	764	544	820
<i>Avicennia</i> sp	25	89	78	112	81	81	198	221	224	162	202	356	421	571	324
<i>Exoecaria agallocha</i>	0	117	0	19	10	0	234	0	64	37	0	498	0	117	77
<i>Casuarina</i> sp	0	0	1	6	0	0	0	9	25	0	0	0	18	44	0
<i>Thespesia populnea</i>	0	0	2	2	0	0	0	6	10	0	0	0	18	46	0

Tabel 2 Hasil pengukuran parameter lingkungan di habitat mangrove di Desa Sungai Cemara, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Parameter	Transek 1	Transek 2	Transek 3	Transek 4	Transek 5
Suhu (°C)	28	28.1	29.3	29	30
Salinitas (ppt)	24	23	23	25	24
pH Air	6.5	7.4	7.2	7	6
pH Tanah	6	6	7	7	6
Substrat	berlumpur	berlumpur	berlumpur	berlumpur	berlumpur

Suhu yang relatif stabil pada kisaran 28–29°C berada dalam rentang optimal bagi aktivitas fisiologis tanaman mangrove. Suhu lingkungan memengaruhi laju fotosintesis, respirasi, serta efisiensi penggunaan air dan nutrisi oleh tanaman (Alongi 2020). Menurut Mukherjee *et al.* (2014), suhu ideal untuk pertumbuhan mangrove tropis berkisar antara 25–32°C. Suhu yang konsisten dan tidak ekstrem juga mendukung regenerasi alami semai dan pancang, serta memperkuat produktivitas primer ekosistem mangrove.

Salinitas di lokasi penelitian berkisar antara 23–25 ppt, tergolong dalam kategori salinitas sedang. Mangrove memiliki adaptasi fisiologis terhadap salinitas tinggi melalui mekanisme ekskresi dan penyimpanan garam, terutama pada spesies seperti *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* (Kumar and Bhatt 2021). Salinitas yang stabil berkontribusi terhadap zonasi alami vegetasi dan memungkinkan dominasi spesies yang adaptif terhadap kondisi estuarin.

Nilai pH air berkisar antara 6,0–7,4 dan pH tanah antara 6,0–7,0, yang menunjukkan kondisi netral hingga sedikit asam. Tanah dan perairan mangrove dengan pH pada rentang ini umumnya memiliki aktivitas biologis yang cukup tinggi dan mendukung pelapukan bahan organik yang efisien (Duarte *et al.* 2022). Keasaman yang masih dalam batas toleransi ini mendukung proses biogeokimia, termasuk ketersediaan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor.

Jenis substrat di seluruh transek berupa lumpur, yang merupakan karakteristik umum ekosistem mangrove pesisir dataran rendah. Substrat berlumpur memiliki kapasitas tinggi dalam menyimpan bahan organik dan nutrisi, serta menyediakan struktur yang stabil untuk perkembangan sistem perakaran (Lovelock and Reef 2020). Lumpur juga berperan penting dalam akumulasi karbon biru dan sebagai medium tumbuh

yang mendukung regenerasi semai serta pertumbuhan vegetasi dewasa.

Secara keseluruhan, kombinasi suhu yang stabil, salinitas moderat, pH asam yang masih dalam batas toleransi, dan substrat berlumpur memberikan kondisi lingkungan yang sesuai untuk mendukung keberlanjutan ekosistem mangrove di Desa Sungai Cemara. Faktor-faktor ini juga menunjukkan bahwa kawasan tersebut memiliki potensi tinggi untuk pelestarian dan pengelolaan mangrove berbasis ekologi.

2. Analisis Vegetasi habitat mangrove

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa *Rhizophora* sp merupakan spesies dengan nilai dominansi tertinggi pada semua tingkat tegakan. Pada tingkat semai, *Rhizophora* sp memiliki INP sebesar 81,88 %, pada pancang 80,79 %, dan pada pohon meningkat hingga 145,68 %. Tingginya nilai ini menandakan bahwa *Rhizophora* sp memiliki peran ekologi yang dominan baik dalam hal jumlah individu, luas penutupan, maupun kehadirannya di lokasi penelitian. Hal ini sesuai dengan temuan Tuwu *et al.* (2025), yang menyatakan bahwa INP merupakan indikator kuantitatif untuk menentukan spesies dominan dalam suatu komunitas, di mana semakin tinggi nilai INP menunjukkan semakin besar kontribusi ekologis spesies tersebut.

Spesies *Avicennia* sp menduduki peringkat kedua dengan INP 62,50 % pada semai, 63,31 % pada pancang, dan 85,67 % pada pohon. Walaupun lebih rendah dibanding *Rhizophora* sp, *Avicennia* tetap memiliki peranan penting dalam struktur komunitas. Dominansi kedua genus ini memperlihatkan kemampuan adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan pesisir, termasuk fluktuasi salinitas dan pasang surut (Hadiyanto *et al.* 2021).

Tabel 3 Hasil analisis tegakan mangrove di ekosistem mangrove Desa Sungai Cemara Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi

Tipe tegakan	Famili	KR %	DR %	FR %	INP (%)
Semai	<i>Rhizophora</i> sp	52,47	-	29,41	81,88
	<i>Avicennia</i> sp	33,09	-	29,41	62,50
	<i>Excoecaria agallocha</i>	12,22	-	17,65	29,86
	<i>Casuarina</i> sp	1,09	-	11,76	12,86
	<i>Thespesia populnea</i>	1,13	-	11,76	12,89
Pancang	<i>Rhizophora</i> sp	51,38	-	29,41	80,79
	<i>Avicennia</i> sp	33,89	-	29,41	63,31
	<i>Excoecaria agallocha</i>	12,82	-	17,65	30,46
	<i>Casuarina</i> sp	1,30	-	11,76	13,07
	<i>Thespesia populnea</i>	0,61	-	11,76	12,38
Pohon	<i>Rhizophora</i> sp	57,82	58,45	29,41	145,68
	<i>Avicennia</i> sp	29,96	26,29	29,41	85,67
	<i>Excoecaria agallocha</i>	11,36	10,63	17,65	39,64
	<i>Casuarina</i> sp	0,54	4,05	11,76	16,36
	<i>Thespesia populnea</i>	0,31	0,58	11,76	12,66

Sementara itu, spesies lain seperti *Excoecaria agallocha*, *Casuarina* sp, dan *Thespesia populnea* menunjukkan nilai INP yang relatif rendah (<40 % pada semua strata). Nilai ini mengindikasikan bahwa ketiga spesies tersebut tidak berperan dominan, melainkan hanya sebagai komponen penyerta dalam ekosistem mangrove. Menurut Sonhaji (2023), spesies dengan nilai INP rendah tetap penting karena berkontribusi pada keanekaragaman vegetasi meskipun perannya secara struktural tidak signifikan. Secara keseluruhan, distribusi nilai INP memperlihatkan pola hierarkis yang jelas, di mana dominasi *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp menjadi penentu utama struktur komunitas mangrove, sementara spesies lain hanya mendukung keragaman vegetasi. Pola ini juga umum ditemukan di berbagai ekosistem mangrove Indonesia (Sonhaji 2023). Famili tumbuhan yang mendominasi pada setiap tipe tegakan disajikan pada Tabel 3.

Analisis struktur tegakan mangrove di lokasi penelitian menunjukkan variasi kontribusi tiap spesies pada parameter kerapatan relatif (KR), dominasi relatif (DR), dan frekuensi relatif (FR). Pada tingkat semai dan pancang, nilai KR tertinggi ditunjukkan oleh *Rhizophora* sp (52,47% dan 51,38%), diikuti *Avicennia* sp (33,09% dan 33,89%). Tingginya KR pada kedua genus ini mengindikasikan bahwa *Rhizophora* dan *Avicennia* memiliki jumlah individu yang lebih banyak dibanding spesies lain, sehingga berperan penting dalam menjaga keberlanjutan regenerasi mangrove. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Tuwu *et al.* (2025), yang melaporkan bahwa KR tinggi menunjukkan potensi regenerasi yang baik dan peluang dominansi suatu spesies dalam komunitas pada masa mendatang. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Wardhani *et al.* (2022), bahwa tingginya nilai KR pada *Rhizophora* menandakan tingginya kemampuan regenerasi alami di kawasan mangrove pesisir.

Pada tingkat pohon, *Rhizophora* sp kembali menunjukkan nilai KR tertinggi (57,82%), sementara *Avicennia* sp berada pada urutan kedua (29,96%). Dominasi jumlah individu pohon dewasa dari kedua spesies ini menandakan keberhasilan regenerasi semai dan pancang hingga mencapai strata pohon. Fenomena serupa ditemukan pada ekosistem mangrove di wilayah Sulawesi, di mana *Rhizophora* mendominasi struktur komunitas diikuti *Avicennia* (Sonhaji 2023). Penelitian Fitriana *et al.* (2020) juga memperkuat temuan ini, bahwa dominansi *Rhizophora* dan *Avicennia* secara konsisten ditemukan di berbagai lokasi mangrove Indonesia sebagai indikasi keberhasilan regenerasi.

Parameter dominasi relatif (DR) yang hanya dihitung pada tingkat pohon menunjukkan pola

yang sama. *Rhizophora* sp mencatat DR tertinggi (58,45%), diikuti *Avicennia* sp (26,29%). Tingginya DR menandakan bahwa *Rhizophora* memiliki luasan basal area yang lebih besar, sehingga mendominasi tutupan kanopi hutan mangrove. Menurut Hadiyanto *et al.* (2021), tingginya nilai DR menunjukkan kontribusi suatu spesies terhadap biomassa dan kapasitas penyimpanan karbon, yang menjadikan spesies tersebut penting dalam fungsi ekosistem. Demikian pula, penelitian Rizqiani *et al.*, (2018) menyebutkan bahwa spesies dengan DR tinggi berperan besar dalam penyediaan biomassa dan penyerapan karbon di ekosistem mangrove.

Sementara itu, frekuensi relatif (FR) pada semua tingkat tegakan menunjukkan nilai yang sama untuk *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp (29,41%), diikuti *Excoecaria agallocha* (17,65%), serta *Casuarina* sp dan *Thespesia populnea* (11,76%). Nilai FR yang relatif merata menggambarkan bahwa kelima spesies memiliki penyebaran yang cukup seragam di lokasi penelitian, meskipun jumlah dan dominasi mereka berbeda. Menurut Sonhaji (2023), nilai FR yang tinggi pada spesies dominan menandakan penyebaran spasial yang luas, sementara spesies dengan FR rendah umumnya hanya berperan sebagai penyerta dalam ekosistem. Penelitian Kusmana *et al.* (2019) juga menguatkan bahwa nilai FR memberikan gambaran persebaran spesies, di mana spesies dominan cenderung memiliki distribusi yang lebih merata dalam ekosistem mangrove.

Secara keseluruhan, kombinasi nilai KR, DR, dan FR memperlihatkan bahwa *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp merupakan spesies utama yang mengontrol struktur komunitas mangrove, baik melalui jumlah individu, luas penutupan, maupun sebarannya. Spesies lain seperti *Excoecaria agallocha*, *Casuarina* sp dan *Thespesia populnea*, meskipun memiliki nilai relatif lebih rendah, tetap memberikan kontribusi penting dalam menjaga keragaman vegetasi dan kestabilan ekosistem. Hal ini sejalan dengan pernyataan Alongi (2020) yang menekankan bahwa keberadaan spesies penyerta dengan nilai relatif rendah tetap penting dalam menjaga kompleksitas dan fungsi ekologis hutan mangrove.

SIMPULAN DAN SARAN

Ekosistem mangrove di Desa Sungai Cemara didominasi oleh *Rhizophora* sp dengan nilai INP 81,88% (semay), 80,79% (pancang), dan 145,68% (pohon), serta *Avicennia* sp dengan INP 62,50% (semay), 63,31% (pancang), dan 85,67% (pohon). Tingginya nilai INP kedua spesies tersebut

menunjukkan kemampuan adaptasi dan regenerasi yang kuat pada kondisi lingkungan optimal (suhu 28–30 °C, salinitas 23–25 ppt, pH 6–7, substrat berlumpur), sehingga keduanya berperan sebagai spesies kunci dalam menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove di kawasan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad E, Nursanti N, Marwoto, Fazriyas F, Jayanti DP. 2020. Studi kerapatan mangrove dan perubahan garis pantai tahun 1989–2018 di pesisir Provinsi Jambi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(2):138–152.
- Alongi DM. 2015. The impact of climate change on mangrove forests. *Current Climate Change Reports*. 1(1):30–39. <https://doi.org/10.1007/s40641-015-0002-x>
- Alongi DM. 2020. *Blue carbon: Coastal sequestration for climate change mitigation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41624-9>
- Bengen D, Yonvitner, Rahman R. 2023. *Pedoman Teknis Pengenalan Dan Pengelolaan Mangrove*. Bogor (ID). IPB Press.
- Duarte CM, Losada IJ, Hendriks IE, Mazarrasa I, Marbà N. 2022. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Journal Nature Climate Change*, 12(3):225–234. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01280-1>
- Fitriana Y, Rahmawati D, Saputra, R. 2020. Analisis potensi regenerasi alami mangrove di kawasan pesisir tropis. *Jurnal Biologi Tropis*. 20(2):123–132. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i2.XXXX>
- García M, Rivera VH, Twilley RR, Zimmer M. 2019. *Mangrove Responses to Environmental Change*. Amerika (USA). CRC Press.
- Giesen W, Wulffraat S, Zieren M, Scholten L. 2006. *A Field Guide to The Mangroves of Indonesia*. Bangkok: FAO and Wetlands International.
- Indriyanto. 2010. *Ekologi Hutan*. Jakarta (ID). Bumi Aksara.
- Hadiyanto H, Sulistiyowati H, Susanto H. 2021. Adaptasi fisiologis mangrove terhadap kondisi lingkungan pesisir. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 19(1):45–56. <https://doi.org/10.14710/jil.19.1.45-56>
- Koo BJ, Kim JB, Cho HJ, Lee WK. 2018. Regeneration patterns of mangrove forests after physical disturbance in tropical regions. *Journal Wetlands Ecology and Management*. 26(2):125–138. <https://doi.org/10.1007/s11273-017-9556-1>
- Kumar D, Bhatt A. 2021. Physiological adaptations of mangroves to salt stress. *Journal Plant Stress*. 1(1):100008. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100008>
- Kumara MP, Jayatissa LP, Krauss KW, Phillips DH, Huxham M. 2016. High mangrove density enhances surface accretion, surface elevation change, and tree survival in coastal areas susceptible to sea-level rise. *Journal Oecologia*. 164(2):545–553. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1705-2>
- Kusmana C, Wibowo A, Siregar CA. 2019. Evaluasi keberhasilan rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat di pesisir Indonesia. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 10(1):45–55. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.10.1.45-55>
- Lovelock CE, Reef R. 2020. Variable effects of nutrient enrichment on soil carbon storage in mangroves. *Journal Frontiers in Marine Science*. 7:579210. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.579210>
- Mukherjee N, Sutherland WJ, Dicks LV, Hoge J, Koedam N, Dahdouh-Guebas F. 2014. Ecosystem service valuations of mangrove ecosystems to inform decision making and future valuation exercises. *Journal Plus One*. 9(9):107706. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107706>
- Rizqiani A, Nugroho SP, Setyawan A. 2018. Struktur komunitas dan dominansi vegetasi mangrove di kawasan konservasi pesisir Jawa. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 12(3):177–186. <https://doi.org/10.22146/jik.XXXX>
- Salim AG, Siringoringo HH. 2016. Pengaruh penutupan mangrove terhadap perubahan garis pantai dan intrusi air laut di hilir DAS Ciasem dan DAS Cipunegara, Kabupaten Subang. *Jurnal Geografi*. 23(3).
- Setyawan A, Winarno K, Nugroho SP. 2021. Analysis of environmental factors affecting mangrove distribution in coastal ecosystems of Indonesia. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 6(1):45–53. <https://doi.org/10.22146/jtbb.60010>
- Sonhaji. (2023). Struktur komunitas mangrove di Sulawesi: Analisis indeks nilai penting. *Jurnal Strata Pohuwato*. 15(2), 77–89.
- Thampanya U, Vermaat JE, Duarte CM. 2002. Colonization success of common Thai mangrove species as a function of shelter from water movement. *Journal Marine Ecology Progress Series*. 237:111–120. <https://doi.org/10.3354/meps237111>
- Tomlinson PB. 2016. *The Botany Of Mangroves* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Tuwu A, Wardhani S, Nugraha R. 2025. Analysis of vegetation diversity as an indicator of

- environmental stability in mangrove ecosystems. *International Journal of Environmental Science and Applied Management*. 4(1):45–54.
- Van der Stocken T, Wee AKS, De Ryck DJR., VanschoenwinkelMB, FriessDA, Dahdouh-Guebas, F, *et al.* 2019. A general framework for propagule dispersal in mangroves. *Journal Biological Reviews*, 94(4):1547–1575. <https://doi.org/10.1111/brv.12513>
- Wardhani S, Pratama D, Nugroho A. 2022f. Regeneration potential of *Rhizophora* species in mangrove ecosystems. *Forest and Society*. 6(1):22–34. <https://doi.org/10.24259/fs.v6i1.19963>