

RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

Struktur Komunitas dan Pola Zonasi Vegetasi Mangrove di Kampung Kayu Ara Permai, Kabupaten Siak, Provinsi Riau***Community Structure and Zonation Patterns of Mangrove Vegetation in Kayu Ara Permai Village, Siak Regency, Riau Province*****Insani Indah Putri^{1*}, Yusni Ihwan Siregar², Eko Prianto³**¹ Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Riau, Pekanbaru² Program Pascasarjana, Universitas Riau, Pekanbaru³ Jurusan Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau*Correspondent email: insaniindahputri29@gmail.com

Received: 24 July 2026 | Accepted: 31 July 2026 | Published: 31 July 2026

Abstrak. Kawasan mangrove Kampung Kayu Ara Permai, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak telah berkembang menjadi destinasi ekowisata berbasis konservasi swadaya masyarakat, namun pemahaman ilmiah tentang kondisi ekologis aktualnya masih belum memadai. Penelitian ini mengkaji komposisi floristik, struktur dan stratifikasi tegakan, dominansi spesies, keanekaragaman ekologi, serta pola zonasi vegetasi mangrove di kawasan tersebut menggunakan metode plot tunggal berukuran 10×10 m sebanyak 27 plot yang tersebar pada tiga zona komunitas. Inventarisasi mencatat 35 entri taksonomi yang terdiri atas 34 spesies teridentifikasi, dengan 21 spesies mangrove sejati (61,8%) dan 13 spesies mangrove asosiasi (38,2%). Famili Rhizophoraceae mendominasi dengan enam takson, dan *Sonneratia ovata* berstatus Near Threatened (NT-IUCN) tercatat hadir dalam plot. Kerapatan bervariasi sangat tajam antarstrata: semai 16.060 ind./ha, pohon 2.519 ind./ha, dan pancang 1.121 ind./ha, dengan rasio semai–pancang 14,3:1 yang mengindikasikan tekanan saringan ekologis pada fase transisi pertumbuhan. Sebanyak 89,0% individu pohon terkonsentrasi pada kelas diameter 4–20 cm dan 75,7% berada di bawah ketinggian 10 m, mencerminkan tegakan yang aktif beregenerasi namun belum matang secara struktural. Dominansi spesies bersifat life-stage specific, dengan *Rhizophora apiculata* memimpin pada strata pohon (INP 71,79) dan semai (INP 64,62), sementara *Scyphiphora hydrophyllacea* dan *Bruguiera gymnorrhiza* menjadi komponen paling penting pada strata pancang. Nilai Shannon-Wiener berkisar antara $H' = 1,62$ hingga 2,22 dengan pemerataan yang menurun dan dominansi yang meningkat pada strata yang lebih muda. Pola zonasi tidak mengikuti gradien linear seaward–landward, melainkan terbentuk sebagai mosaik komunitas dengan kekayaan spesies tertinggi pada zona belakang yang diduga dipicu oleh abrasi fisik dan dinamika hidrodinamika lokal. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan multi-strata dan pemantauan berbasis ekologi merupakan fondasi yang tidak dapat dihindari dalam pengelolaan kawasan mangrove yang berkelanjutan..

Kata kunci: Struktur Komunitas Mangrove, Indeks Nilai Penting, Zonasi Mosaik, Regenerasi Mangrove, Kayu Ara Permai

Abstract. The mangrove area of Kayu Ara Permai Village, Sungai Apit District, Siak Regency has evolved into a community-based conservation ecotourism destination, yet scientific understanding of its current ecological condition remains inadequate. This study examined the floristic composition, stand structure and stratification, species dominance, ecological diversity, and mangrove vegetation zonation patterns using a systematic plot method with a standardized plot size of 10×10 m across 27 plots distributed among three community zones. Inventorying recorded 35 taxonomic entries comprising 34 identified species, of which 21 were true mangroves (61.8%) and 13 were associated mangroves (38.2%). Rhizophoraceae was the most species-rich family with six taxa, and *Sonneratia ovata*, classified as Near Threatened (NT-IUCN), was recorded within the plots. Density varied substantially

across strata: seedlings at 16,060 ind./ha, trees at 2,519 ind./ha, and saplings at 1,121 ind./ha, with a seedling-to-sapling ratio of 14.3:1 suggesting considerable ecological filtering pressure at the growth transition phase. A total of 89.0% of tree individuals were concentrated in the 4–20 cm diameter class and 75.7% were below 10 m in height, reflecting a regeneratively active yet structurally immature stand. Species dominance was life-stage specific, with Rhizophora apiculata leading in the tree stratum (IVI 71.79) and seedling stratum (IVI 64.62), while Scyphiphora hydrophyllacea and Bruguiera gymnorrhiza emerged as the most important components among saplings. Shannon-Wiener diversity ranged from $H' = 1.62$ to 2.22, with evenness declining and dominance increasing toward younger strata. Zonation did not follow a linear seaward–landward gradient but instead formed a community mosaic with the highest species richness in the landward zone, driven by physical erosion dynamics and local hydrodynamic conditions. These findings underscore that multi-strata assessment and ecology-based monitoring are indispensable foundations for the sustainable management of mangrove conservation areas, with Rhizophoraceae as the dominant family. The stand structure showed a declining density pattern from trees at 2,640.74 ind/ha, to saplings at 1,096.30 ind/ha, to seedlings at 640.74 ind/ha, indicating a

Keywords: Community Structure, Floristic Composition, Mangrove, Natural Regeneration, Kayu Ara Permai

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berperan vital dalam menjaga keseimbangan ekologi darat dan laut. Secara global, hutan mangrove berfungsi sebagai habitat bagi keanekaragaman hayati, benteng alami penstabil garis pantai dari abrasi dan gelombang, serta area pembesaran (*nursery ground*) bagi berbagai spesies ikan dan invertebrata benthik (Alongi, 2020; Wang & Gu, 2021). Di Indonesia, ekosistem ini juga berkontribusi signifikan terhadap mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon biru di dalam biomassa dan sedimen (Arifanti *et al.*, 2022). Provinsi Riau, termasuk wilayah pesisir Kampung Kayu Ara Permai di Kabupaten Siak, memiliki kawasan mangrove yang penting secara ekologis karena berperan sebagai pelindung pantai, habitat biota pesisir, serta penyimpan karbon biru (Dewi *et al.*, 2021). Kawasan yang berbatasan langsung dengan perairan Selat Malaka dan Selat Lalang ini dikelola secara swadaya oleh masyarakat lokal, khususnya Kelompok Konservasi Laskar Mandiri, menjadi kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah (MSB) (Pratama *et al.*, 2021). Namun, karakteristik wilayah yang dinamis ini menjadikan ekosistem tersebut sangat rentan terhadap abrasi, sedimentasi, dan tekanan antropogenik.

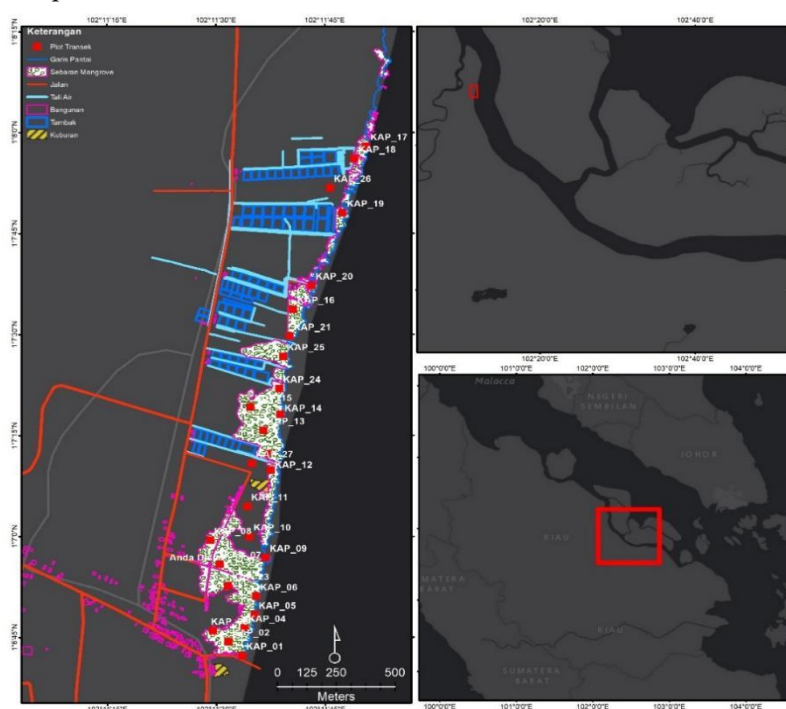
Tekanan terhadap ekosistem mangrove di wilayah Siak cenderung meningkat akibat alih fungsi lahan, pencemaran, serta perubahan iklim (Murdijarso *et al.*, 2021; Sasmito *et al.*, 2020). Di kawasan Ekowisata MSB Kayu Ara Permai sendiri, degradasi garis pantai akibat abrasi diperkirakan memakan daratan hingga 4–5 meter per tahun (Zulkifli *et al.*, 2021). Ekosistem ini juga menghadapi ancaman dari pencemaran sampah laut (*marine debris*) yang didominasi oleh makroplastik jenis kemasan, yang tidak hanya merusak nilai estetika tetapi juga berpotensi menutupi perakaran, mengganggu sistem aerasi, dan menghambat pertumbuhan bibit mangrove (Siwolo *et al.*, 2024). Perubahan struktur komunitas dan rendahnya keberadaan semai dapat menjadi indikasi terganggunya proses regenerasi akibat tekanan fisik dan antropogenik tersebut. Oleh karena itu, analisis vegetasi pada berbagai strata pertumbuhan penting dilakukan untuk menilai kapasitas pemulihan dan kesehatan ekosistem (Setyadi *et al.*, 2021; Wijaya *et al.*, 2024).

Meskipun beberapa kajian sebelumnya telah mendeskripsikan struktur komunitas mangrove di kawasan MSB Kayu Ara Permai, informasi ekologis yang tersedia masih terbatas dalam menggambarkan kondisi mutakhir seluruh strata pertumbuhan. Kajian terdahulu cenderung menekankan pola komposisi dan dominansi jenis, seperti tingginya Indeks Nilai Penting (INP) *R. apiculata*, pada tingkat pohon dan pancang (Efriyeldi & Amin, 2022; Nisari *et al.*, 2021). Sementara itu, informasi mengenai tingkat semai sebagai indikator awal keberhasilan regenerasi alami belum banyak dievaluasi secara mendalam. Padahal, keberadaan dan kerapatan semai sangat menentukan keberlanjutan struktur tegakan mangrove di masa

depan, terutama pada kawasan yang mengalami tekanan abrasi dan aktivitas wisata yang intens. Kebaruan penelitian ini terletak pada penyediaan evaluasi struktur komunitas mangrove berbasis strata pertumbuhan secara lengkap, mulai dari pohon, pancang, hingga semai, yang dikombinasikan dengan analisis indeks ekologi untuk menilai potensi regenerasi alami pada tapak ekowisata yang tertekan secara ekologis. Keterbatasan data mutakhir dan belum lengkapnya informasi antarstrata pertumbuhan ini dapat menyulitkan penyusunan strategi konservasi yang adaptif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi floristik dan kerapatan mangrove pada strata pohon, pancang, dan semai; menganalisis struktur komunitas mangrove berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP), indeks keanekaragaman, indeks kemerataan, dan indeks dominansi; serta mengevaluasi potensi regenerasi alami berdasarkan keterwakilan jenis dan kerapatan individu pada setiap strata pertumbuhan sebagai dasar rekomendasi pengelolaan konservasi mangrove di kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah Kayu Ara Permai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kawasan ekosistem mangrove Kampung Kayu Ara Permai, Kecamatan Sungai Arit, Kabupaten Siak, Provinsi Riau (koordinat: 1°6'48" – 1°6'56" LU dan 102°11'35" – 102°11'37" BT), pada bulan Februari 2025. Area sampling mencakup luasan sekitar 25 ha yang dikelola sebagai kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah (MSB) dengan karakteristik habitat estuarin yang dipengaruhi secara langsung oleh aliran sungai dan intrusi air laut dari Selat Lalang dan Selat Malaka. Substrat dominan di zona ini berupa lumpur berlapis lempung (*mud-clay*) hingga gambut (*peat*) dengan ketebalan sedimen yang bervariasi, khas bagi zona intertidal pesisir timur Sumatera yang memiliki akresi sedimen aktif (BRGM, 2022; Hersa et al., 2022; Siwolo et al., 2024). Pola pasang surut di lokasi tergolong *mixed semidiurnal tide* (campuran condong ke harian ganda) dengan kisaran pasang rata-rata 1,5–2,2 meter, yang secara periodik menggenangi tegakan mangrove dan memengaruhi gradien salinitas serta dinamika sedimentasi (MacKenzie et al., 2021; Siwolo et al., 2024). Sebaran titik pengamatan dan batas area studi disajikan secara visual pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan sebaran titik pengamatan struktur komunitas mangrove

Pengumpulan data vegetasi dilakukan menggunakan metode plot bertingkat (*nested quadrat plot*) yang ditempatkan secara sistematis-acak (*systematic random sampling*) mengikuti gradien zonasi alami mangrove dari arah sungai/laut ke daratan (Cintron & Novelli, 1984), selaras dengan kajian terdahulu di kawasan yang sama (Dewi *et al.*, 2021; Nisari *et al.*, 2021). Sebanyak 27 plot pengamatan digunakan, ukuran 10 m × 10 m, sehingga total luas area sampling utama untuk strata pohon mencapai 2.700 m² atau sekitar 1,08% dari total luas kawasan studi 25 ha. Intensitas sampling ini dianggap memadai untuk menggambarkan struktur komunitas. Pada setiap plot, mencakup seluruh strata vegetasi mangrove, yaitu pohon (DBH > 4 cm), pancang (DBH ≤ 4 cm dan tinggi ≥ 1,5 m), serta semai (tinggi < 1,5 m). Ambang batas DBH > 4 cm digunakan karena tegakan mangrove di lokasi penelitian didominasi oleh vegetasi muda hingga sedang akibat proses regenerasi dan rehabilitasi, sehingga klasifikasi ini lebih representatif untuk menggambarkan struktur komunitas lokal.

Pada setiap plot, parameter yang diukur meliputi jumlah individu, tinggi total, dan lingkaran batang (GBH) untuk strata pohon dan pancang yang kemudian dikonversi menjadi diameter (DBH = GBH/π). Khusus untuk individu dengan akar tunjang (misalnya *Rhizophora* sp.) atau percabangan di bawah 1,3 m, pengukuran diameter dilakukan pada bagian batang utama tepat di atas titik percabangan atau akar tunjang tertinggi untuk menghindari bias ukuran. Identifikasi spesies divalidasi mengacu pada *database* taksonomi terkini *Plants of the World Online* (POWO, 2024) dan panduan identifikasi lapangan baku (Noor *et al.*, 1999).

Data vegetasi dianalisis untuk menghitung komposisi dan struktur komunitas melalui Indeks Nilai Penting (INP) (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). Untuk strata pohon dan pancang, INP dihitung berdasarkan penjumlahan Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), dan Dominansi Relatif (DR) dengan persamaan:

$$INP = KR + FR + DR \dots\dots\dots (1)$$

Sementara itu, untuk strata semai, INP dihitung menggunakan persamaan:

$$INP = KR + FR \dots\dots\dots (2)$$

Keanekaragaman spesies diestimasi menggunakan Indeks Shannon-Wiener (H').

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \dots\dots\dots (3)$$

Tingkat pemerataan distribusi diukur dengan Indeks Pielou (J')

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \dots\dots\dots (4)$$

Dominansi dihitung dengan Indeks Simpson (C)

$$C = \sum p_i^2 \dots\dots\dots (5)$$

Kekayaan spesies dievaluasi melalui Indeks Margalef (R)

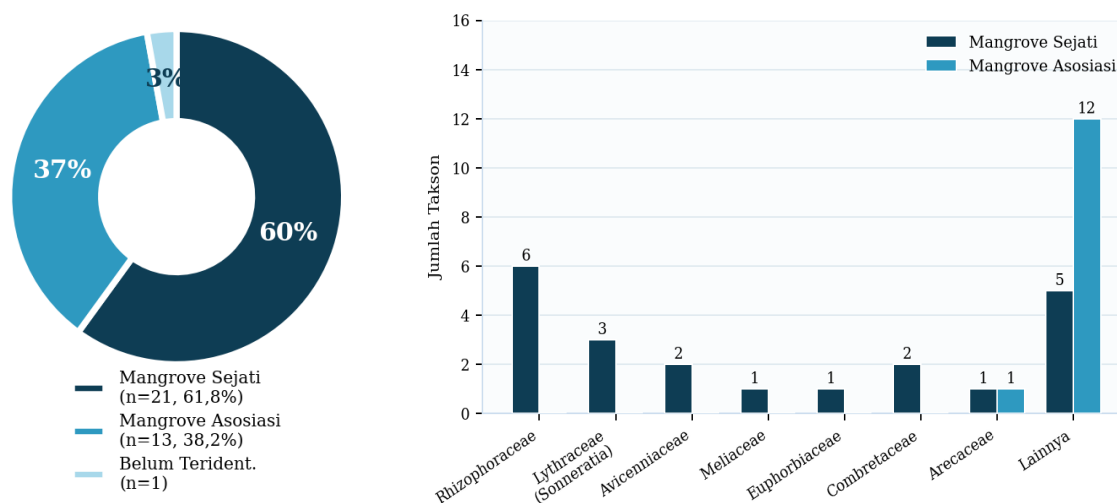
$$R = \frac{(S-1)}{\ln N} \dots\dots\dots (6)$$

di mana p_i adalah proporsi individu spesies ke- i terhadap total individu, S adalah jumlah spesies, dan N adalah total individu (Krebs, 1989; Odum, 1971).

Interpretasi nilai indeks mengacu pada klasifikasi ekologi yang relevan untuk ekosistem mangrove di pesisir Riau: $H' < 1$ (rendah), 1–3 (sedang), > 3 (tinggi); dan J' mendekati 1 (distribusi merata) (Efriyeldi & Amin, 2022; Nisari et al., 2021). Nilai Indeks Simpson (C) yang mendekati 0 menunjukkan rendahnya dominansi satu spesies tertentu (distribusi spesies lebih seimbang), sedangkan nilai mendekati 1 menunjukkan dominansi tinggi oleh satu atau beberapa spesies. Stabilitas komunitas dievaluasi secara lebih komprehensif dengan mengaitkan nilai indeks ini pada struktur antarstrata dan potensi regenerasinya. Seluruh perhitungan statistik, validasi data, dan visualisasi hasil dilakukan menggunakan Microsoft Office Excel 365, serta diperkuat dengan paket analisis ekologi pada perangkat lunak R versi 4.3.2 (*vegan* dan *ggplot2 packages*) untuk memastikan akurasi, transparansi metode, dan reproduktibilitas hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi vegetasi mangrove di Kampung Kayu Ara Permai mencatat 35 entri taksonomi, terdiri atas 34 spesies teridentifikasi dan satu entri belum teridentifikasi (NN). Dari 34 spesies tersebut, 21 merupakan mangrove sejati (61,8%), 13 merupakan mangrove asosiasi (38,2%), dan satu entri memerlukan validasi lanjutan (Tabel 1). Sebanyak 28 spesies dijumpai di dalam plot (82,4%), sedangkan enam spesies, antara lain *Acanthus ilicifolius*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, *Oncosperma tigillarum*, *Pandanus tectorius*, dan *Terminalia catappa*, hanya ditemukan di luar plot, mengindikasikan adanya mikrohabitat marginal yang tidak sepenuhnya terwakili desain plot (Gambar 1). Kekayaan takson yang teridentifikasi dalam studi ini jauh lebih komprehensif dibandingkan kajian terdahulu di kawasan ekowisata yang sama, seperti Nisari et al. (2021) yang hanya mencatat 9 spesies dan Efriyeldi dan Amin (2022) yang mencatat 11 spesies tingkat pohon, sehingga menegaskan pentingnya pendekatan inventarisasi menyeluruh.



Gambar 1. Komposisi kategori ekologis vegetasi mangrove di Kampung Kayu Ara Permai (donut, kiri): mangrove sejati mendominasi dengan 21 takson (61,8%). Distribusi takson per famili (batang, kanan): Rhizophoraceae menjadi famili paling kaya dengan enam takson mangrove sejati.

Tabel 1. Komposisi spesies vegetasi mangrove di Kampung Kayu Ara Permai, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Riau

No	Famili	Spesies	Nama Lokal	Kategori	Status IUCN	Distribusi	Keterangan
1	Acanthaceae	<i>Acanthus ilicifolius</i> L.	Jeruju	Sejati	LC	Luar plot	Sejati
2	Pteridaceae	<i>Acrostichum aureum</i> Linn.	Paku laut	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
3	Pteridaceae	<i>Acrostichum speciosum</i> Willd.	Paku laut	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
4	Avicenniaceae	<i>Avicennia alba</i> Blume	Api-api	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
5	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera cylindrica</i> (L.) Blume	Tumu	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
6	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Lamk	Tumu	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
7	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera parviflora</i> (Roxb.) W.&A. ex Griff	Lenggad ai	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
8	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera sexangula</i> (Lour.) Poir	Tumu	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
9	Rhizophoraceae	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Rob	Tengar	Sejati	LC	Luar plot	Sejati
10	Euphorbiaceae	<i>Excoecaria agallocha</i> L	Buta-but	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
11	Malvaceae	<i>Heritiera littoralis</i> Aiton	Dungun	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
12	Combretaceae	<i>Lumnitzera littorea</i> (Jack) Voigt	Teruntu m	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
13	Combretaceae	<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd	Teruntu m	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
14	Arecaceae	<i>Nypa fruticans</i> Wurm	Nipah	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
15	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	Bakau	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
16	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mucronata</i> Lam	Bakau	Sejati	LC	Luar plot	Sejati
17	Rubiaceae	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i> C.F. Gaertn	Cingam	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
18	Lythraceae	<i>Sonneratia alba</i> J.E. Smith	Pedada	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
19	Lythraceae	<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl	Pedada	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
20	Lythraceae	<i>Sonneratia ovata</i> Backer	Pedada	Sejati	NT	Dalam plot	Sejati
21	Meliaceae	<i>Xylocarpus granatum</i> J. Koenig	Nyirih	Sejati	LC	Dalam plot	Sejati
22	Primulaceae	<i>Ardisia elliptica</i> Thunberg	Cempena i	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
23	Fabaceae	<i>Derris trifolia</i> Lour	Tuba	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
24	Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.f.)	Paku resam	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
25	Moraceae	<i>Ficus microcarpa</i> L.f	Beringin	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
26	Flagellariaceae	<i>Flagellaria indica</i> L	Rotan dini	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
27	Salicaceae	<i>Flacourtia rukam</i> Zoll. & Mor	Rukam	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
28	Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L	Waru laut	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
29	Arecaceae	<i>Oncosperma tigillarium</i> (Jack) Ridl	Nibung	Asosiasi	LC	Luar plot	Ikutan
30	Pandanaceae	<i>Pandanus tectorius</i> Parkinson ex Z	Pandan	Asosiasi	LC	Luar plot	Ikutan
31	Asteraceae	<i>Pluchea indica</i> (L.) Less	Beluntas	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
32	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L	Ketapang	Asosiasi	LC	Luar plot	Ikutan
33	Rubiaceae	<i>Uncaria tomentosa</i> (Willd. ex Schult)	Kuku elang	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan
34	Lamiaceae	<i>Vitex pinnata</i> L	Leban	Asosiasi	LC	Dalam plot	Ikutan

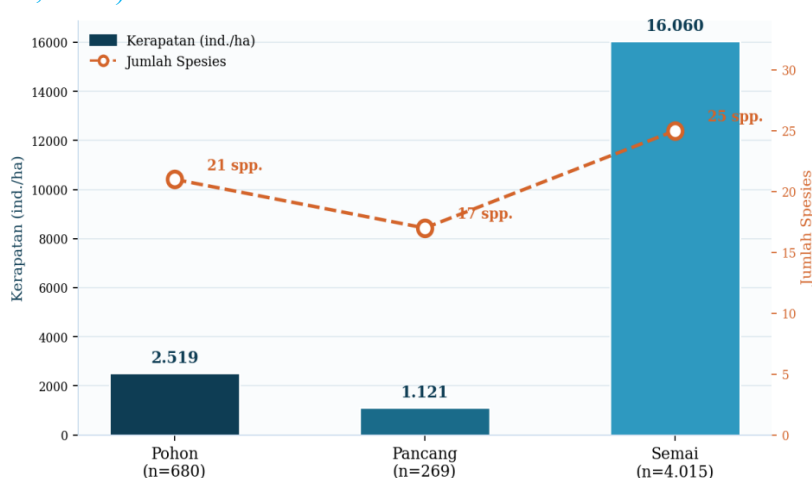
Keterangan: LC = *Least Concern*; NT = *Near Threatened* (IUCN Red List 2024).

Dominasi mangrove sejati sebesar 61,8% menunjukkan kawasan ini masih mempertahankan karakter floristik khas ekosistem mangrove intertidal, bukan sekadar vegetasi pantai sekunder. Kekuatan famili Rhizophoraceae, sebagai penyumbang terkaya dengan enam takson (*Bruguiera cylindrica*, *B. gymnorrhiza*, *B. parviflora*, *B. sexangula*, *Rhizophora apiculata*, dan *R. mucronata*) - berkaitan dengan kemampuan reproduksi vivipar, kolonisasi substrat berlumpur, dan sistem akar

yang efektif pada kondisi anaerob (Bunting et al., 2022). Harefa et al. (2022) mencatat konsistensi dominasi *R. apiculata* pada berbagai ekosistem mangrove Sumatera, sejalan dengan pola yang ditemukan di Kayu Ara Permai.

Proporsi mangrove asosiasi yang mencapai 38,2% mengindikasikan bahwa komunitas ini bukan tegakan homogen, melainkan mosaik vegetasi transisi yang dipengaruhi gradien genangan, tekstur sedimen, dan kedekatan dengan vegetasi daratan. Tingginya proporsi asosiasi dapat mencerminkan riwayat penebangan selektif pada spesies komersial Rhizophoraceae dan Meliaceae yang membuka ruang bagi spesies asosiasi lebih toleran terhadap gangguan. Verifikasi menggunakan data historis penggunaan lahan atau citra satelit multitemporal diperlukan untuk menguji klaim ini. Dari aspek konservasi global, seluruh spesies berstatus *Least Concern* (LC) kecuali *Sonneratia ovata* Backer yang berstatus *Near Threatened* (NT) IUCN dan dijumpai di dalam plot. Studi genomik Shearman et al. (2024) mengungkapkan bahwa *S. ovata* memiliki keragaman genetik populasi yang rendah, sehingga individu dewasa di Kayu Ara Permai berpotensi memiliki nilai konservasi genetik yang signifikan dan harus diprioritaskan dalam program pemantauan jangka panjang.

Analisis tiga strata menunjukkan perbedaan kerapatan yang sangat mencolok. Strata semai memiliki kerapatan 16.060 individu/ha, jauh melampaui strata pohon (2.519 ind./ha) dan pancang (1.121 ind./ha). Rasio kerapatan semai terhadap pancang mencapai 14,3:1, sedangkan rasio pancang terhadap pohon hanya 0,45:1. Selain itu, kekayaan spesies tertinggi justru ditemukan pada strata semai (25 spesies), bukan strata pohon (21 spesies), mengindikasikan keluasan rekrutmen awal dari berbagai spesies (Gambar 2, Tabel 2). Fenomena akumulasi individu pada fase semai ini sejalan dengan temuan Dewi et al. (2021) di lokasi berdekatan yang juga mencatat kerapatan semai sangat tinggi mencapai 33.611 individu/ha. Hambatan transisi ini diduga kuat dipengaruhi oleh tajuk pohon dewasa yang rapat sehingga menghalangi penetrasi cahaya bagi pertumbuhan lanjutan (Efriyeldi & Amin, 2022), serta tekanan fisik seperti abrasi pantai yang menghambat penempelan bibit (Zulkifli et al., 2021).



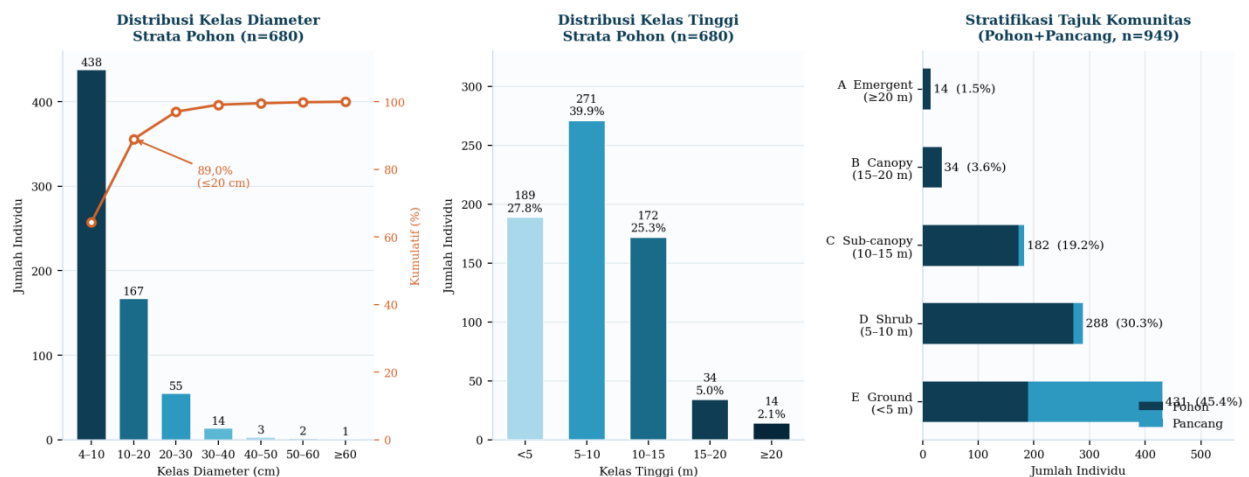
Gambar 2. Kerapatan vegetasi mangrove antarstrata pertumbuhan (batang, sumbu kiri) dan jumlah spesies (titik-garis, sumbu kanan). Kerapatan semai melampaui pohon dan pancang dengan selisih yang sangat besar; kekayaan spesies tertinggi justru pada strata semai (25 spesies).

Kelimpahan semai yang sangat tinggi dapat mencerminkan produksi propagul besar dari pohon induk yang ada, keberadaan ruang rekrutmen sementara pada substrat terbuka, atau akumulasi individu muda yang belum melewati saringan ekologis awal. Sloey *et al.* (2024) menegaskan bahwa fase awal dan menengah daur hidup (*early to intermediate ontogenetic stages*) merupakan tahap paling rentan dalam regenerasi hutan mangrove, individu muda sangat sensitif terhadap perubahan kondisi hidrologis, biogeokimia, dan kompetisi antarindividu. Ketidakmampuan sebagian besar semai untuk berkembang menjadi pancang mencerminkan adanya saringan ekologis (*ecological filter*) yang mencakup kompetisi cahaya di bawah tajuk, ketidakstabilan substrat, herbivori, atau fluktuasi genangan yang melampaui toleransi fisiologis spesies.

Tabel 2. Struktur vegetasi mangrove berdasarkan strata pertumbuhan.

Strata	n Individu	Luas Sampling (m ²)	Kerapatan (ind./ha)	n Spesies
Pohon	680	2.700	2.519	21
Pancang	269	2.400	1.121	17
Semai	4.015	2.500	16.060	25

Distribusi kelas diameter, distribusi kelas tinggi, dan stratifikasi tajuk komunitas disajikan bersama dalam satu panel tiga grafik (Gambar 3) agar profil vertikal tegakan dapat dibaca secara menyeluruh dan terpadu.



Gambar 3. Profil vertikal komunitas mangrove Kampung Kayu Ara Permai. (Kiri) Distribusi kelas diameter strata pohon (n=680): kurva-J terbalik dengan 89,0% individu pada diameter <20 cm; garis kumulatif oranye menunjukkan akumulasi cepat. (Tengah) Distribusi kelas tinggi pohon: kelas 5-10 m mendominasi (39,9%), strata emergent (lebih dari atau sama dengan 20 m) hanya 2,1%. (Kanan) Stratifikasi tajuk gabungan pohon dan pancang (n=949): strata E (ground, <5 m) mendominasi dengan 45,4% individu.

Distribusi diameter membentuk kurva-J terbalik yang khas: kelas 4-10 cm mendominasi (64,4%), gabungan kelas 4-20 cm mencapai 89,0%, sementara pohon berdiameter lebih dari atau sama dengan 40 cm hanya berjumlah enam individu (0,9%). Distribusi tinggi memperkuat pola yang sama - 67,7% pohon berada di bawah ketinggian 10 m dan strata emergent hanya mencapai 2,1%. Stratifikasi tajuk gabungan pohon-pancang menunjukkan 75,7% individu terkonsentrasi di bawah 10 m (strata D dan E). Strata emergent yang hanya mencakup 1,5% individu mengindikasikan bahwa fungsi perlindungan pantai dari lapisan tajuk atas masih terbatas;

komunitas ini lebih bercirikan hutan muda atau hutan pascagangguan daripada hutan mangrove matang yang didominasi pohon besar dengan tutupan tajuk rapat dan kontinyu.

Pola kurva-J terbalik menunjukkan rekrutmen yang berjalan baik, dengan cadangan individu muda yang memadai untuk menggantikan pohon tua secara bertahap. Namun konsentrasi ekstrem 89% individu pada diameter <20 cm juga dapat mencerminkan ketidakmampuan individu melampaui batas diameter tertentu akibat tekanan lingkungan, tebang pilih historis, atau gangguan fisik berulang seperti abrasi dan penumpukan serasah. Kondisi tegakan yang didominasi oleh individu muda ini merupakan cerminan dari sejarah kawasan yang sebelumnya mengalami tekanan penebangan dan baru dikonservasi secara intensif oleh Kelompok Konservasi Laskar Mandiri sejak tahun 2016-2018 (Pratama et al., 2021). Interpretasi ini hanya dapat dikonfirmasi melalui data pertumbuhan longitudinal atau rekonstruksi riwayat gangguan kawasan. Distribusi diameter pancang memperlihatkan bahwa 76,6% individu berada pada kelas 2-4 cm, dengan kelas 3-4 cm sebagai kelompok terbesar (43,9%). Kondisi ini mengindikasikan adanya gelombang individu yang mendekati batas masuk strata pohon (diameter 4 cm), sinyal positif bahwa ada potensi penambahan stok pohon dalam beberapa tahun ke depan, asalkan kondisi ekologis mendukung transisi tersebut.

Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan pola dominansi yang berbeda secara nyata antarstrata (Tabel 3, Gambar 4). Pada strata pohon, memiliki INP tertinggi (71,79), diikuti *B. gymnorrhiza* (52,85) dan *S. hydrophyllacea* (28,36). Pada strata pancang, dominansi bergeser secara dramatis ke *S. hydrophyllacea* (INP 76,29) dan *B. gymnorrhiza* (73,42), sementara *R. apiculata* turun ke posisi ketiga (33,89). Pada strata semai, *R. apiculata* kembali mendominasi (INP 64,62), diikuti *E. agallocha* (29,46) dan *A. alba* (21,64). Tabel 3 menyajikan nilai INP secara presisi numerik untuk keperluan sitasi ilmiah, sementara Gambar 4 memvisualisasikan pola pergeseran dominansi secara komparatif antar strata keduanya berfungsi komplementer.

Tabel 3. Lima spesies dengan INP tertinggi pada setiap strata pertumbuhan.

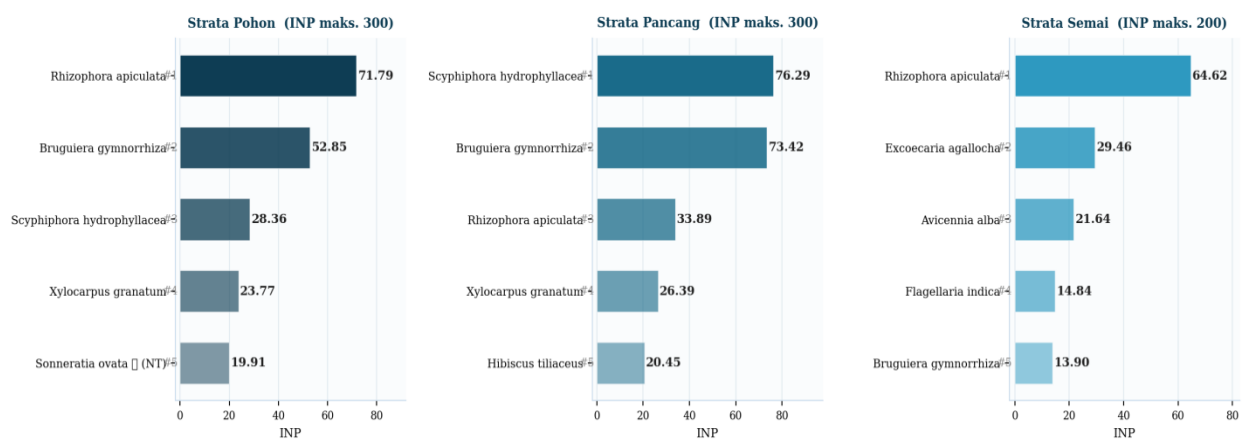
Rank	Pohon (maks. 300)	INP	Pancang (maks. 300)	INP	Semai (maks. 200)
1	<i>R. apiculata</i>	71,79	<i>S. hydrophyllacea</i>	76,29	<i>R. apiculata</i> - 64,62
2	<i>B. gymnorrhiza</i>	52,85	<i>B. gymnorrhiza</i>	73,42	<i>E. agallocha</i> - 29,46
3	<i>S. hydrophyllacea</i>	28,36	<i>R. apiculata</i>	33,89	<i>A. alba</i> - 21,64
4	<i>X. granatum</i>	23,77	<i>X. granatum</i>	26,39	<i>F. indica</i> - 14,84
5	<i>S. ovata</i> (NT)	19,91	<i>H. tiliaceus</i>	20,45	<i>B. gymnorrhiza</i> - 13,90

Catatan: INP pohon dan pancang = kerapatan relatif + frekuensi relatif + dominansi relatif (maks. 300). INP semai = kerapatan relatif + frekuensi relatif (maks. 200). NT = *Near Threatened* (IUCN).

Pola ini menunjukkan bahwa dominansi komunitas bersifat *life-stage specific*: spesies yang dominan pada satu strata belum tentu dominan pada strata lainnya. *R. apiculata* memiliki kekuatan rekrutmen awal yang tinggi, terbukti dari dominansinya pada semai dan mampu mempertahankan posisi dominan hingga strata pohon. Namun pada strata pancang, *S. hydrophyllacea* dan *B.*

gymnorhiza memiliki keunggulan kompetitif, kemungkinan berkaitan dengan toleransi lebih baik terhadap naungan tajuk atau kondisi substrat di bawah tegakan dewasa. Dinamika pergeseran ini menunjukkan perkembangan struktur komunitas yang menarik, mengingat pada kajian sebelumnya oleh Nisari *et al.* (2021) dan Efriyeldi dan Amin (2022), *R. apiculata* mendominasi secara mutlak dengan INP di atas 100% pada semua tingkatan, yang kini mulai menunjukkan partisi ruang dengan spesies lain.

Pola ini konsisten dengan fisiologi yang diketahui, *R. apiculata* memiliki produksi propagul besar dan kemampuan rekrutmen awal yang kuat, namun kalah bersaing dari *S. hydrophyllacea* dan *B. gymnorhiza* pada kondisi teduh parsial di bawah tajuk pohon dewasa. Pergeseran dominansi pada pancang dapat merupakan artefak dari distribusi spasial *S. hydrophyllacea* yang cenderung mengelompok (*clumped distribution*), sehingga *overrepresented* pada plot tertentu. Analisis distribusi spasial individu dan verifikasi lapangan diperlukan untuk membedakan kedua kemungkinan ini secara kausal. Keberadaan *S. ovata* (NT) pada peringkat kelima INP pohon (19,91) tanpa kehadiran yang terdeteksi pada pancang dan semai menambah urgensi pemantauan regenerasi spesies ini secara khusus.



Gambar 4. Lima spesies dominan berdasarkan INP pada masing-masing strata pertumbuhan. Pergeseran posisi *R. apiculata* dari dominan pada pohon dan semai ke peringkat ketiga pada pancang, digantikan oleh *S. hydrophyllacea* dan *B. gymnorhiza*, mencerminkan seleksi *life-stage specific* pada fase *establishment*.

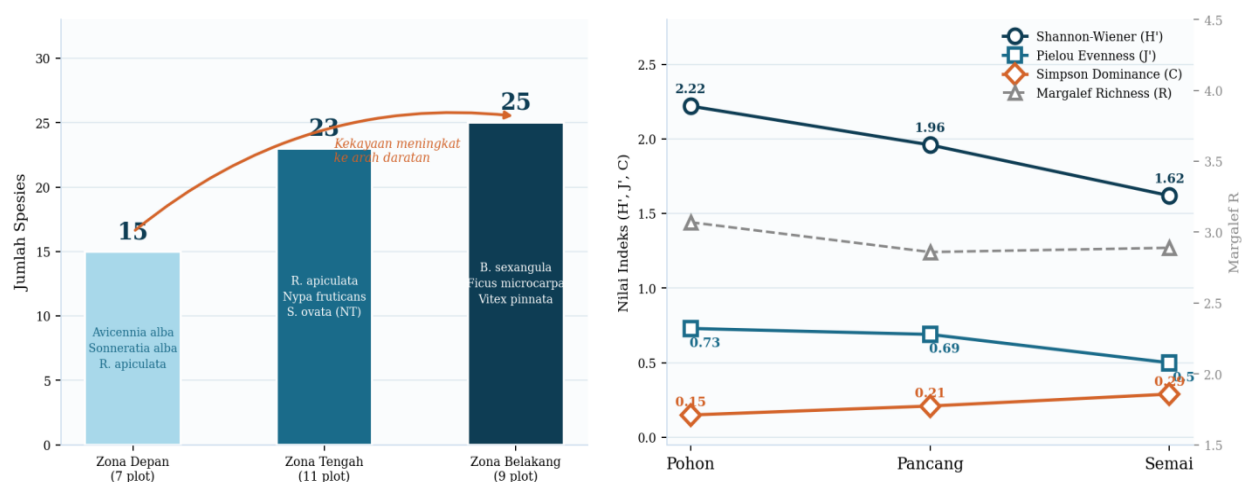
INP tunggal pada strata pohon tidak cukup untuk membaca masa depan tegakan. Penilaian komunitas mangrove harus mengintegrasikan INP pohon, pancang, dan semai agar dapat membedakan spesies yang dominan secara struktural, spesies yang berhasil pada fase transisi, dan spesies yang memiliki potensi regenerasi awal. Pendekatan multi-strata ini sejalan dengan tuntutan restorasi modern yang menilai keberhasilan bukan hanya berdasarkan luas tanam atau jumlah individu, melainkan pada pemulihan komposisi, struktur komunitas, dan proses ekologis.

Nilai indeks ekologi menunjukkan pola yang konsisten di ketiga strata (Gambar 5, panel kanan). Indeks Shannon-Wiener (H') menurun dari 2,22 pada pohon menjadi 1,96 pada pancang dan 1,62 pada semai - seluruhnya berada dalam kisaran keanekaragaman sedang ($1 < H' < 3$) yang umum dilaporkan untuk mangrove campuran Asia Tenggara. Kategori keanekaragaman sedang ini mengonfirmasi tren yang ditemukan oleh Efriyeldi dan Amin (2022) yang mencatat nilai H'

2,86 untuk pohon dan 2,18 untuk pancang di kawasan ini, sekaligus mengoreksi temuan awal Nisari et al. (2021) yang melaporkan nilai H' yang terlampaui tinggi (5,28). Pielou Evenness (J') menurun dari 0,73 ke 0,50, mengindikasikan distribusi individu yang semakin tidak merata pada strata semai. Simpson Dominance (C) meningkat dari 0,15 ke 0,29, mencerminkan konsentrasi individu yang semakin kuat pada beberapa spesies dominan. Margalef Richness (R) relatif stabil (3,07-2,89), menunjukkan bahwa penurunan H' bukan disebabkan hilangnya spesies, melainkan perubahan distribusi kelimpahan.

Magurran (2021) menegaskan bahwa ukuran keanekaragaman hanya menggambarkan distribusi kelimpahan relatif pada saat pengamatan dan tidak secara otomatis membuktikan stabilitas atau resiliensi ekosistem. Nilai H' yang stabil di atas 1 pada semua strata mengindikasikan bahwa komunitas belum mengalami penyempitan spesies yang mengkhawatirkan; nilai Simpson yang rendah pada pohon ($C=0,15$) menunjukkan distribusi dominansi yang cukup merata di strata dewasa. Sedangkan penurunan tajam J' dari 0,73 ke 0,50 pada semai, bersamaan dengan peningkatan C dari 0,15 ke 0,29, merupakan tanda bahwa strata rekrutmen sudah sangat terkonsentrasi pada beberapa spesies, kondisi ini menjadi berisiko jika spesies-spesies dominan semai tersebut rentan terhadap gangguan yang sama.

Analisis sebaran spesies per zona dan indeks ekologi antarstrata disajikan bersama dalam Gambar 5. Panel kiri menampilkan kekayaan spesies per zona komunitas, sedangkan panel kanan menampilkan tren keempat indeks ekologi antarstrata. Pola zonasi menunjukkan bahwa kekayaan spesies meningkat ke arah daratan: zona depan (7 plot) mencatat 15 spesies, zona tengah (11 plot) 23 spesies, dan zona belakang (9 plot) 25 spesies (Tabel 4). Kerusakan fisik akibat abrasi pantai yang mencapai 4-5 meter per tahun (Zulkifli et al., 2021) secara langsung mendisrupsi gradien linear tersebut. Analisis status keberlanjutan oleh Adriman et al. (2023) juga mengonfirmasi bahwa tingkat abrasi merupakan atribut ekologis yang paling sensitif, sehingga wajar jika zonasi alami terganggu dan membentuk mosaik.



Gambar 5. (Kiri) Kekayaan spesies mangrove per zona komunitas; zona belakang menunjukkan kekayaan tertinggi (25 spesies) dengan spesies karakteristik masing-masing zona. Panah oranye menunjukkan tren peningkatan kekayaan ke arah daratan. (Kanan) Tren empat indeks ekologi antarstrata pertumbuhan: H' dan J' menurun dari pohon ke semai sedangkan C meningkat; Margalef R (sumbu kanan) relatif stabil.

Pola peningkatan kekayaan ke arah daratan bertentangan dengan model zonasi mangrove linear klasik. Li *et al.* (2024) menunjukkan bahwa distribusi propagul di sepanjang gradien intertidal lebih ditentukan oleh berat jenis propagul spesifik dan durasi retensi, bukan semata-mata toleransi salinitas atau jarak dari garis pantai. Twomey dan Lovelock (2024) menegaskan bahwa distribusi genus mangrove pada *margin seaward* dan *riverine* sangat bergantung pada konteks hidrodinamika lokal. Bunting *et al.* (2022) juga menekankan bahwa pemantauan mangrove global perlu mempertimbangkan perubahan spasial dan fragmentasi karena mangrove sangat dinamis terhadap perubahan pesisir. Tumpang tindih komposisi spesies yang luas antarzona dengan *R. apiculata* dan *X. granatum* hadir di seluruh zona, merupakan bukti empiris tidak adanya batas zona yang tegas. Sementara klasifikasi zona berbasis posisi relatif plot, bukan data elevasi mikro, salinitas *porewater*, atau frekuensi genangan yang terukur langsung. Analisis multivariat NMDS atau CCA yang mengintegrasikan variabel lingkungan terukur akan memberikan basis yang lebih kuat secara ekologis.

Temuan penelitian mengarah pada empat prioritas pengelolaan yang terukur. Pertama, fase transisi semai-pancang harus menjadi fokus monitoring intensif. Rasio semai-pancang sebesar 14,3:1 merupakan sinyal kuat adanya saringan ekologis yang bekerja secara signifikan. Sloey *et al.* (2024) menegaskan bahwa pengabaian fase ontogenetik awal dan menengah merupakan kesenjangan yang meluas dalam praktik restorasi mangrove global. Monitoring perlu mencatat kelangsungan hidup semai per kohort, kondisi substrat, kedalaman genangan, dan intensitas cahaya di bawah tajuk secara reguler. Kedua, *S. ovata* perlu diprioritaskan sebagai spesies konservasi lokal. Status NT-IUCN yang dikombinasikan dengan keragaman genetik populasi yang rendah (Shearman *et al.*, 2024) membuat setiap individu dewasa di Kayu Ara Permai memiliki nilai konservasi genetik yang tidak dapat diabaikan. Program pemantauan pohon induk, fenologi reproduksi, dan pencarian aktif semai di sekitar pohon dewasa harus dimasukkan dalam rencana pengelolaan jangka panjang.

Ketiga, rehabilitasi fisik habitat harus mendahului atau berjalan seiring dengan penanaman bibit. Lovelock *et al.* (2022) menegaskan bahwa tantangan utama restorasi mangrove global bukan pada teknis penanaman, melainkan pada kesenjangan antara target rehabilitasi dan kondisi ekologis nyata di lapangan. Lovelock (2024) menekankan bahwa ekologi mangrove harus menjadi dasar utama perencanaan program rehabilitasi, termasuk pemetaan elevasi mikro, pengukuran salinitas air pori, dan analisis tekstur sedimen sebagai prasyarat pemilihan spesies dan lokasi tanam yang tepat. Dalam pelaksanaannya, seluruh rekomendasi pengelolaan dan pemantauan ini harus diintegrasikan dengan penguatan kelembagaan lokal, khususnya mengoptimalkan modal sosial Kelompok Konservasi Laskar Mandiri yang selama ini menjadi aktor utama secara swadaya (Alfiah & Susanti, 2023; Yanti *et al.*, 2023). Keempat, pemantauan distribusi mangrove secara berkala menggunakan citra satelit perlu diintegrasikan ke dalam sistem pengelolaan kawasan. Bunting *et al.* (2022) menunjukkan bahwa mangrove global mengalami perubahan signifikan pada periode 1996-2020 dengan pola fragmentasi yang bervariasi antarwilayah. Integrasi data struktur komunitas seperti yang dihasilkan studi ini dengan data penginderaan jauh akan menghasilkan sistem peringatan dini yang lebih komprehensif terhadap degradasi ekosistem mangrove Kayu Ara Permai.

KESIMPULAN

Komunitas mangrove Kampung Kayu Ara Permai dicirikan oleh kekayaan floristik tinggi (34 spesies teridentifikasi) dengan mangrove sejati mendominasi (61,8%) dan Rhizophoraceae sebagai famili paling kaya (6 takson). Kekayaan ini jauh melampaui catatan terdahulu di lokasi yang sama. *Sonneratia ovata* berstatus NT-IUCN yang hadir di dalam plot dengan INP pohon tinggi (19,91) dan keragaman genetik populasi yang rendah merupakan prioritas konservasi lokal yang mendesak. Struktur tegakan menunjukkan regenerasi awal yang sangat aktif (kerapatan semai 16.060 ind./ha), namun fase transisi semai-pancang (rasio 14,3:1) merupakan titik kritis yang harus dipantau secara intensif. Kondisi tegakan yang didominasi individu muda mencerminkan sejarah kawasan yang baru dikonservasi intensif sejak 2016-2018. Distribusi diameter membentuk kurva-J terbalik dengan 89,0% pohon pada diameter 4-20 cm, dan 75,7% individu pohon-pancang terkonsentrasi di bawah ketinggian 10 m.

Dominansi spesies bersifat *life-stage specific*: *R. apiculata* mendominasi pohon dan semai, sedangkan *S. hydrophyllacea* dan *B. gymnorhiza* mendominasi pancang, pola yang menandai perkembangan partisi ruang yang belum terjadi pada kajian terdahulu. Indeks ekologi menunjukkan keanekaragaman sedang (H' 1,62-2,22), pemerataan menurun dan dominansi meningkat pada strata semai. Zonasi membentuk mosaik komunitas dengan kekayaan tertinggi pada zona belakang (25 spesies), sebagian dipicu oleh abrasi pantai 4-5 m/tahun yang mendisrupsi *gradien linear*. Prioritas pengelolaan mencakup: (1) monitoring kohort semai-pancang secara intensif; (2) konservasi dan pemantauan reproduksi *S. ovata*; (3) rehabilitasi kondisi fisik habitat sebagai prasyarat penanaman bibit, yang diintegrasikan dengan penguatan kelembagaan Kelompok Konservasi Laskar Mandiri; dan (4) integrasi pemantauan berbasis penginderaan jauh dalam sistem pengelolaan kawasan mangrove secara berkelanjutan.

REFERENSI

- Adriman, A., Prianto, E., Jhonnerie, R., & Fajri, N. E. (2023). Sustainability status of mangrove ecosystem management in Sungai Apit Subdistrict, Siak Regency, Indonesia. *AACL Bioflux*, 16(4), 2313-2330.
- Alfiah, F., & Susanti, R. (2023). Modal sosial kelompok dalam pengembangan Ekowisata Mangrove di Desa Kayu Ara Permai Kecamatan Sungai Apit Kabupaten Siak. *ETNOREFLIKA: Jurnal Sosial dan Budaya*, 12(2), 262-277. <https://doi.org/10.33772/etnoreflika.v12i2.2165>
- Alongi, D. M. (2020). Carbon balance in global mangrove ecosystems. *Tropical Plant Biology*, 13(1), 21-32. <https://doi.org/10.1007/s12042-020-09242-8>
- Arifanti, V. B., Kauffman, J. B., Subarno, Ilman, M., Tosiani, A., & Guannel, G. (2022). Contributions of mangrove conservation and restoration to climate change mitigation in Indonesia. *Global Change Biology*, 28(1), 200-215. <https://doi.org/10.1111/gcb.15931>

- Badan Restorasi Gambut dan Mangrove (BRGM). (2022). Profil desa peduli gambut-mangrove Kampung Kayu Ara Permai. Kedeputan Bidang Edukasi, Sosialisasi, Partisipasi dan Kemitraan BRGM.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Hilarides, L., Lucas, R. M., Thomas, N., Tadono, T., Worthington, T. A., Spalding, M., Murray, N. J., & Rebelo, L.-M. (2022). Global mangrove extent change 1996-2020: Global Mangrove Watch version 3.0. *Remote Sensing*, 14(15), 3657. <https://doi.org/10.3390/rs14153657>
- Cintron, G., & Novelli, Y. S. (1984). Methods for studying mangrove structure. Dalam S. C. Snedaker dan J. G. Snedaker (Eds.), *The mangrove ecosystem: Research methods*, hlm. 91-113. UNESCO.
- Dewi, D., Efriyeldi, E., & Amin, B. (2021). Estimation of carbon reserved in mangrove forest of Sungai Apit District, Siak Regency, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(3), 197-207. <https://doi.org/10.31258/ajoas.4.3.197-207>
- Efriyeldi, E., & Amin, B. (2022). The community structure and diversity of Sungai Bersejarah mangrove in Sungai Apit District, Siak Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1118(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012043>
- Harefa, M. S., Nasution, Z., & Tuhono, E. (2022). Mangrove species diversity and carbon stock in silvofishery ponds in Deli Serdang District, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230448>
- Hersa, T., Efriyeldi, E., & Amin, B. (2022). Decomposition rate of litterfall mangrove *Rhizophora* sp. at Sungai Bersejarah mangrove area, Kayu Ara Permai Village, Sungai Apit District, Siak Regency, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 5(2), 191-199. <https://doi.org/10.31258/ajoas.5.2.191-199>
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. Harper & Row.
- Li, Y., Chen, Z., Zhao, L., & Xiao, Y. (2024). A re-evaluation of the tidal sorting hypothesis of mangrove zonation: Propagule specific gravity matters. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1368156. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1368156>
- Lovelock, C. E. (2024). Mangrove ecology guiding the use of mangroves as nature-based solutions. *Journal of Ecology*, 112(9), 1988-2003. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14383>
- Lovelock, C. E., Barbier, E., & Duarte, C. M. (2022). Tackling the mangrove restoration challenge. *PLOS Biology*, 20(10), e3001836. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001836>
- MacKenzie, R. A., Friess, D. A., Sharma, S., & Krauss, K. W. (2021). Mangrove ecosystems: A global biogeographic perspective. *Wetlands Ecology and Management*, 29(4), 519-535. <https://doi.org/10.1007/s11273-021-09812-7>
- Magurran, A. E. (2021). Measuring biological diversity. *Current Biology*, 31(19), R1174-R1177. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
- Murdiyarso, D., Sasmito, S. D., Sillanpää, M., & MacKenzie, R. A. (2021). Mangrove ecosystems: A global biogeographic perspective. *Wetlands Ecology and Management*, 29(4), 519-535. <https://doi.org/10.1007/s11273-021-09812-7>

- Nisari, T., Fauzi, M., & Putra, R. M. (2021). Mangrove community structure at mangrove ecotourism area in Kayu Ara Permai Village, Siak Regency. *Berkala Perikanan Terubuk*, 49(2), 1079-1084. <https://doi.org/10.31258/terubuk.49.2.1079-1084>
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (1999). Panduan pengenalan mangrove di Indonesia. PKA/WI-IP.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (3rd ed.). W. B. Saunders Company.
- Plants of the World Online (POWO). (2024). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. <https://www.plantsoftheworldonline.org/>
- Pratama, S. Y., Amady, M. R. E., & Hidir, A. (2021). Ka bakau: Ekowisata mangrove berbasis pengetahuan lokal. *Indonesian Journal of Tourism and Leisure*, 2(1), 117-129. <https://doi.org/10.36256/ijtl.v2i1.168>
- Sasmito, S. D., Taillardat, P., Clendenning, J. N., Cameron, C., Friess, D. A., Murdiyarso, D., & Hutley, G. W. (2020). Effect of land-use and land-cover change on mangrove blue carbon: A systematic review. *Global Change Biology*, 25(12), 4291-4302. <https://doi.org/10.1111/gcb.14774>
- Setyadi, G., Pribadi, R., & Sugianto, D. N. (2021). Evaluasi struktur komunitas dan regenerasi mangrove sebagai indikator kesehatan ekosistem pesisir. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 145-156. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i2.10843>
- Shearman, J. R., Naktang, C., Sonthirod, C., Kongkachana, W., U-Thoomporn, S., Jomchai, N., Maknual, C., Yamprasai, S., Wanthongchai, P., Pootakham, W., & Tangphatsornruang, S. (2024). De novo assembly and analysis of *Sonneratia ovata* genome and population analysis. *Genomics*, 116(3), 110837. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2024.110837>
- Siwolo, A. B., Prianto, E., & Adriman, A. (2024). Identifikasi jenis dan kelimpahan sampah laut pada kawasan ekowisata mangrove Sungai Bersejarah di Desa Kayu Ara Permai Kecamatan Sungai Apit Kabupaten Siak. *South East Asian Water Resources Managements (SEAWARM)*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.32734/seawarm.v2i1.12345>
- Sloey, T. M., Charles, S. P., Xiong, L., Castaneda-Moya, E., Yando, E. S., & Lagomasino, D. (2024). Challenges to and importance of considering early and intermediate ontogenetic stages in mangrove forest recovery and restoration. *Marine Pollution Bulletin*, 209, 117287. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117287>
- Twomey, A. J., & Lovelock, C. E. (2024). Global spatial dataset of mangrove genus distribution in seaward and riverine margins. *Scientific Data*, 11, 306. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03134-1>
- Wang, M., & Gu, Y. (2021). The critical role of mangrove ecosystems in coastal protection and biodiversity conservation. *Marine Environmental Research*, 169, 105342. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105342>
- Wijaya, N. I., Yulianto, G., & Kusmana, C. (2024). Dinamika struktur vegetasi mangrove berdasarkan strata pertumbuhan sebagai dasar pengelolaan pesisir berkelanjutan. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 15(1), 22-31. <https://doi.org/10.29244/jst.v15i1.34567>
- Yanti, R. N., Amadi, M. R. E., Ariyanto, A., & Rahayu, R. (2023). Penanaman mangrove di Sungai Bersejarah Kecamatan Kayu Apit Kabupaten Siak. *Harmoni Masyarakat*, 1(1), 64-68.

Zulkifli, A., Sari, F. M., & Prihati, P. (2021). Pendampingan masyarakat ekowisata mangrove Sungai Bersejarah (MSB) Kayu Ara Permai melalui kebijakan padat karya di masa pandemi Covid-19. *Community Empowerment*, 6(1), 71-80. <https://doi.org/10.31603/ce.4395>

Authors:

Insani Indah Putri, Program Studi Budidaya Perairan, Jl. Provinsi Tembilahan Hulu–Indragiri Hilir, Provinsi Riau, 29200, Indonesia, email: insaniindahputri29@gmail.com

Yusni Ikhwan Siregar, Program Doktor Ilmu Lingkungan, Jl. Pattimura, Gobah–Pekanbaru, Provinsi Riau, 28131, Indonesia, email: yusniikhwan@gmail.com

Eko Prianto, Jurusan Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau, Indonesia, email: eko.prianto@lecturer.unri.ac.id

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

How to cite this article:

Insai, I.P., Siregar, Y.I., Prianto, E. 2024. Struktur Komunitas dan Komposisi Floristik Vegetasi Mangrove di Kampung Kayu Ara Permai, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Riau. *Simbiosis*, 15(1): 15-30. Doi. <http://dx.doi.org/10.33373/sim-bio.v15i1.9345>