

PENENTUAN AREAL POTENSIAL DAN EVALUASI KONDISI BIOFISIK SEBAGAI DASAR REHABILITASI MANGROVE DI HUTAN LINDUNG MUARA SEKAMPUNG

Identification of Potential Area and Biophysical Conditions for Mangrove Rehabilitation in Muara Sekampung

Dimas Hafidhin^{1*}, Cecep Kusmana², Omo Rusdiana³

¹Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB University

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University

³Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University

*Korespondensi Penulis, email: dimashafidhin5@gmail.com

(Diterima 15 Juni 2026 /Disetujui 31 Agustus 2026)

ABSTRACT

Mangrove ecosystems in the Muara Sekampung Protected Forest have experienced degradation due to sedimentation, hydrological changes, and anthropogenic activities. This study aimed to identify potential rehabilitation areas and analyze the biophysical conditions of candidate mangrove rehabilitation sites. The study used NDVI analysis, vegetation and fauna surveys, soil and water analysis, and oceanographic measurements. The results showed a potential mangrove rehabilitation area of approximately 474.47 ha dominated by very low to non-vegetated classes. The study focused on approximately 20 ha with NDVI values of -1 to 0.25 and muddy substrates influenced by tidal inundation. No living mangrove vegetation or natural regeneration was found in all observation plots. Soil conditions were dominated by clay texture with salinity of 5.0–10.5 ppt and very high Fe content. Water quality showed low salinity with an average of 1.63 ppt and neutral to slightly alkaline pH. Oceanographic conditions indicated a diurnal tidal type, inundation depths of 42–95.5 cm, and current velocities of 0.18–0.53 m/s. In general, the biophysical conditions still support mangrove rehabilitation despite hydrological disturbances and sedimentation pressures.

Keywords: biophysical conditions, coastal ecosystem, degradation, mangrove rehabilitation

ABSTRAK

Ekosistem mangrove di Hutan Lindung Muara Sekampung mengalami degradasi akibat sedimentasi, perubahan hidrologi, dan aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi areal rehabilitasi potensial dan menganalisis kondisi biofisik calon lokasi rehabilitasi mangrove. Penelitian dilakukan menggunakan analisis NDVI, survei vegetasi dan fauna, analisis tanah dan air, serta pengukuran oseanografi. Hasil penelitian menunjukkan potensi rehabilitasi mangrove seluas ±474,47 ha yang didominasi vegetasi sangat rendah hingga tidak bervegetasi. Area penelitian difokuskan pada ±20 ha dengan nilai NDVI -1 hingga 0,25 dan substrat berlumpur yang masih dipengaruhi pasang surut. Vegetasi mangrove hidup dan regenerasi alami tidak ditemukan pada seluruh plot pengamatan. Kondisi tanah didominasi tekstur liat dengan salinitas 5,0–10,5 ppt dan kandungan Fe sangat tinggi. Kualitas air menunjukkan salinitas rendah dengan rata-rata 1,63 ppt dan pH netral hingga agak basa. Oseanografi menunjukkan tipe pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), kedalaman genangan 42–95,5 cm, dan kecepatan arus 0,18–0,53 m/s. Secara umum, kondisi biofisik masih mendukung rehabilitasi mangrove meskipun terdapat gangguan hidrologi dan sedimentasi.

Kata kunci: degradasi ekosistem, kondisi biofisik, pesisir, rehabilitasi mangrove

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang berkembang di wilayah tropis dan subtropis, ditandai oleh vegetasi yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap salinitas dan dinamika pasang surut (Imchen *et al.* 2018; Cui-Jing *et al.* 2019). Ekosistem ini umumnya ditemukan pada kawasan estuari seperti muara sungai, laguna, dan teluk yang terlindung (Ofori *et al.* 2023). Mangrove memiliki peran penting secara fisik, ekologis, dan sosial ekonomi, antara lain sebagai pelindung pantai dari abrasi, habitat berbagai biota, serta penyedia jasa lingkungan bagi masyarakat pesisir (Gedan *et al.* 2011; Kusmana 2014; Hernández-Blanco *et al.* 2021).

Indonesia merupakan negara dengan luasan mangrove terbesar di dunia, namun dalam beberapa dekade terakhir mengalami tekanan yang signifikan akibat aktivitas antropogenik, seperti konversi lahan, budidaya tambak, serta ekspansi pembangunan wilayah pesisir (Yusuf *et al.* 2017; Rahadian *et al.* 2022). Degradasi ekosistem mangrove juga terjadi di pesisir timur Provinsi Lampung, khususnya di Hutan Lindung Muara Sekampung yang ditandai oleh penurunan tutupan vegetasi dan gangguan fungsi ekologis akibat sedimentasi dan perubahan hidrologi (Dwiputra *et al.* 2020). Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, kondisi mangrove di Hutan Lindung Muara Sekampung menunjukkan adanya areal dengan tutupan vegetasi yang jarang hingga terbuka, serta dijumpai tegakan mangrove yang mengalami kematian. Pada beberapa lokasi, kondisi genangan dan drainase menunjukkan adanya akumulasi air yang relatif lama sehingga memengaruhi kondisi tapak dan pertumbuhan vegetasi. Selain itu, regenerasi alami pada beberapa bagian areal belum berlangsung secara optimal, yang menunjukkan adanya kebutuhan untuk menentukan lokasi dan jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Kondisi ini menyebabkan menurunnya kemampuan ekosistem dalam mendukung keanekaragaman hayati serta fungsi perlindungan pesisir.

Rehabilitasi mangrove merupakan salah satu pendekatan strategis untuk memulihkan fungsi ekosistem yang terdegradasi (Dahdouh-Guebas *et al.* 2005; Agaton dan Collera 2022). Keberhasilan rehabilitasi salah satunya ditentukan oleh kesesuaian antara kondisi lingkungan dengan kebutuhan tumbuh spesies mangrove yang dikenal

sebagai prinsip *species-site matching* (Lewis 2005; Kusmana *et al.* 2010). Oleh karena itu, penentuan lokasi rehabilitasi yang tepat serta pemahaman terhadap kondisi biofisik lingkungan menjadi tahapan awal yang krusial dalam perencanaan rehabilitasi mangrove.

Namun, informasi mengenai luas areal yang berpotensi direhabilitasi dan kondisi biofisik lingkungan di kawasan Hutan Lindung Muara Sekampung masih terbatas. Informasi tersebut diperlukan sebagai dasar dalam menentukan prioritas lokasi rehabilitasi dan meningkatkan efektivitas pelaksanaan kegiatan penanaman. Berdasarkan kondisi tersebut, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah berapa luas areal yang berpotensi untuk direhabilitasi dan bagaimana kondisi biofisik lingkungan pada calon areal penanaman mangrove di kawasan Hutan Lindung Muara Sekampung?

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi luas areal yang berpotensi untuk direhabilitasi di kawasan Hutan Lindung Muara Sekampung; dan (2) menganalisis kondisi biofisik lingkungan calon areal penanaman mangrove.

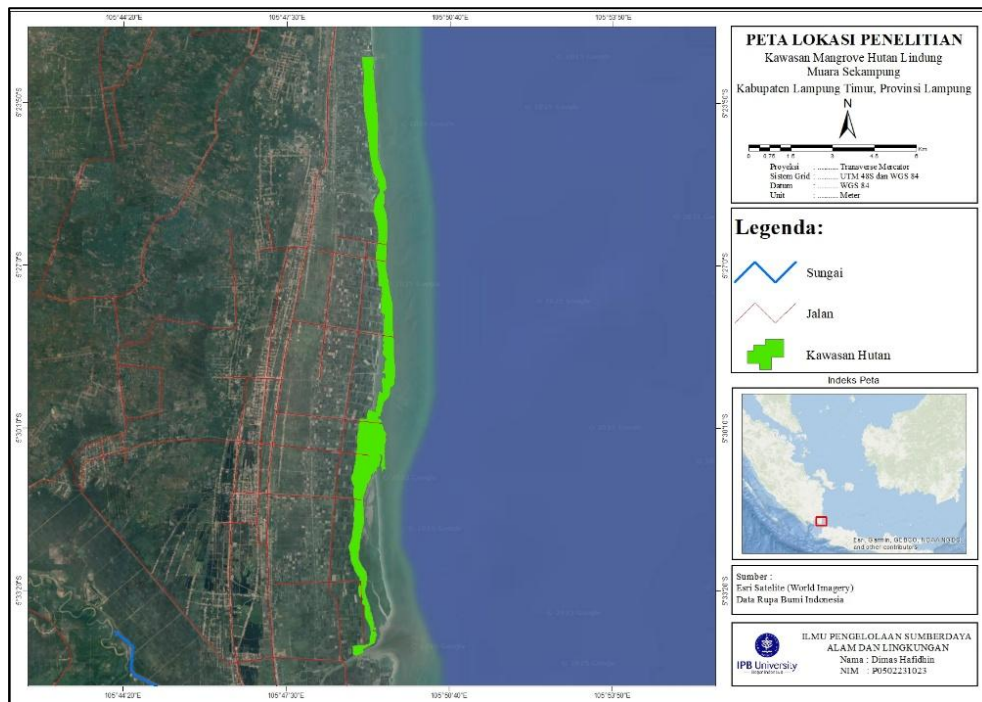
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2025 di kawasan Hutan Lindung Muara Sekampung (Register 15), Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Secara geografis, kawasan penelitian terletak pada koordinat 105°49'00" Bujur Timur dan 5°31'30" Lintang Selatan. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengumpulan Data atau Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksploratif dengan pendekatan spasial dan biofisik. Penentuan areal potensial rehabilitasi dilakukan melalui analisis citra satelit Landsat menggunakan pendekatan indeks vegetasi yang diolah dengan perangkat lunak sistem informasi geografis (QGIS). Klasifikasi tutupan vegetasi dibagi ke dalam beberapa kelas kerapatan untuk mengidentifikasi area dengan kondisi vegetasi rendah hingga tidak bervegetasi sebagai prioritas rehabilitasi (Wahyunto *et al.* 2006).



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Validasi hasil analisis spasial dilakukan melalui survei lapangan. Pengamatan vegetasi menggunakan metode *systematic sampling with nested quadrat plot*, dengan ukuran petak berbeda untuk tingkat semai, pancang, dan pohon (Pangabeian *et al.* 2022). Parameter yang diamati meliputi jumlah individu, komposisi jenis, diameter batang, dan tinggi pohon.

Pengamatan fauna difokuskan pada organisme yang berpotensi menjadi hama, meliputi makrozoobentos dan serangga. Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan menggunakan *ekman grab*, kemudian sampel disaring menggunakan saringan bertingkat sesuai ukuran organisme dan diawetkan dalam larutan etanol sebelum dibawa ke laboratorium. Identifikasi dilakukan secara morfologis menggunakan mikroskop stereo, pinset, cawan petri, dan buku atau kunci identifikasi makrozoobentos hingga tingkat taksonomi yang memungkinkan (Desmawati *et al.* 2019; Noviyanti *et al.* 2019). Pengambilan serangga dilakukan secara manual pada area plot pengamatan dengan menggunakan metode *hand collecting* untuk mengambil individu yang ditemukan pada vegetasi maupun permukaan substrat. Sampel serangga kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah diberi label dan diawetkan menggunakan etanol. Identifikasi dilakukan di laboratorium berdasarkan karakter morfologi menggunakan mikroskop stereo, pinset, cawan petri, serta kunci identifikasi serangga (Triplehorn dan Johnson 2005).

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara sistematis sepanjang gradien pasang surut menggunakan ring sampel untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah di laboratorium (Balai Penelitian Tanah 2009; SNI 8910:2021). Pengukuran kualitas air dilakukan secara langsung di lapangan dengan mengukur derajat keasaman, salinitas, suhu, total padatan terlarut, dan daya hantar listrik menggunakan pH meter, refraktometer, *Total Dissolved Solids* (TDS) meter, *Electrical Conductivity* (EC) meter. Pengamatan oseanografi dilakukan melalui pengukuran pasang surut, kedalaman genangan, durasi genangan, serta kecepatan arus permukaan menggunakan metode pengamatan langsung di lapangan dengan menggunakan *tide staff*, meteran atau mistar ukur untuk kedalaman genangan, *stopwatch* untuk durasi genangan, dan *current drogoue* untuk mengukur kecepatan arus permukaan.

Pengolahan dan Analisis Data

Analisis spasial dilakukan untuk mengidentifikasi luas areal yang berpotensi direhabilitasi berdasarkan klasifikasi kerapatan vegetasi hasil pengolahan citra satelit. Area dengan kerapatan vegetasi rendah hingga tidak bervegetasi ditetapkan sebagai area prioritas rehabilitasi.

Data vegetasi dianalisis untuk memperoleh parameter struktur komunitas, meliputi kerapatan, frekuensi, dominansi, dan indeks nilai penting (Kuchler *et al.* 1976). Selain itu, dihitung indeks keanekaragaman, pemerataan, kekayaan jenis, dan dominansi untuk menggambarkan kondisi

ekosistem. Analisis Vegetasi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Kerapatan suatu jenis (K)

$$K = \frac{\sum \text{Individu suatu jenis}}{\text{Luas petak contoh}}$$

Kerapatan relatif suatu jenis (KR)

$$KR = \frac{K \text{ Suatu jenis}}{K \text{ Seluruh jenis}} \times 100\%$$

Frekuensi suatu jenis (F)

$$F = \frac{\sum \text{Sub-petak ditemukan suatu jenis}}{\sum \text{Seluruh sub-petak contoh}}$$

Frekuensi relatif suatu jenis (FR)

$$FR = \frac{F \text{ Suatu jenis}}{F \text{ Seluruh jenis}} \times 100\%$$

Dominansi suatu jenis (D)

$$D = \frac{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{Luas petak contoh}}$$

Luas Bidang Dasar (LBD)

$$LBD = \pi \times \left(\frac{\text{diameter batang}}{2} \right)^2$$

Dominansi relatif suatu jenis (DR)

$$DR = \frac{D \text{ suatu jenis}}{D \text{ seluruh jenis}} \times 100\%$$

Indeks Nilai Penting (INP)

$$NP = KR + FR \text{ (untuk semai dan pancang)}$$

$$INP = KR + FR + DR \text{ (untuk pohon)}$$

Keanekaragaman (Diversity) Indeks Shannon-Wiener (1949) yaitu:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) (\ln P_i)$$

Keterangan:

$$P_i = n_i/N$$

$$H' = \text{keanekaragaman jenis}$$

$$n_i = \text{jumlah individu suatu jenis}$$

$$N = \text{jumlah total seluruh jenis}$$

Kemerataan (Evenness) menurut Ludwig dan Reynold (1988) yaitu:

$$E = \frac{H}{\log S}$$

Keterangan:

$$E = \text{Indeks kemerataan jenis}$$

$$H' = \text{Indeks keanekaragaman jenis}$$

$$S = \text{Jumlah seluruh jenis}$$

Indeks Kekayaan Jenis rumus Margallef menurut (Magurran 1998) yaitu:

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

Keterangan:

$$R = \text{Indeks kekayaan jenis}$$

$$S = \text{Jumlah jenis yang ditemukan}$$

$$N = \text{Jumlah total individu}$$

Indeks dominansi jenis (Odum 1993):

$$C = \left(\sum_i^n \frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan:

$$C = \text{Indeks dominansi jenis}$$

$$n_i = \text{Kerapatan jenis ke-}i$$

$$N = \text{Total kerapatan seluruh jenis}$$

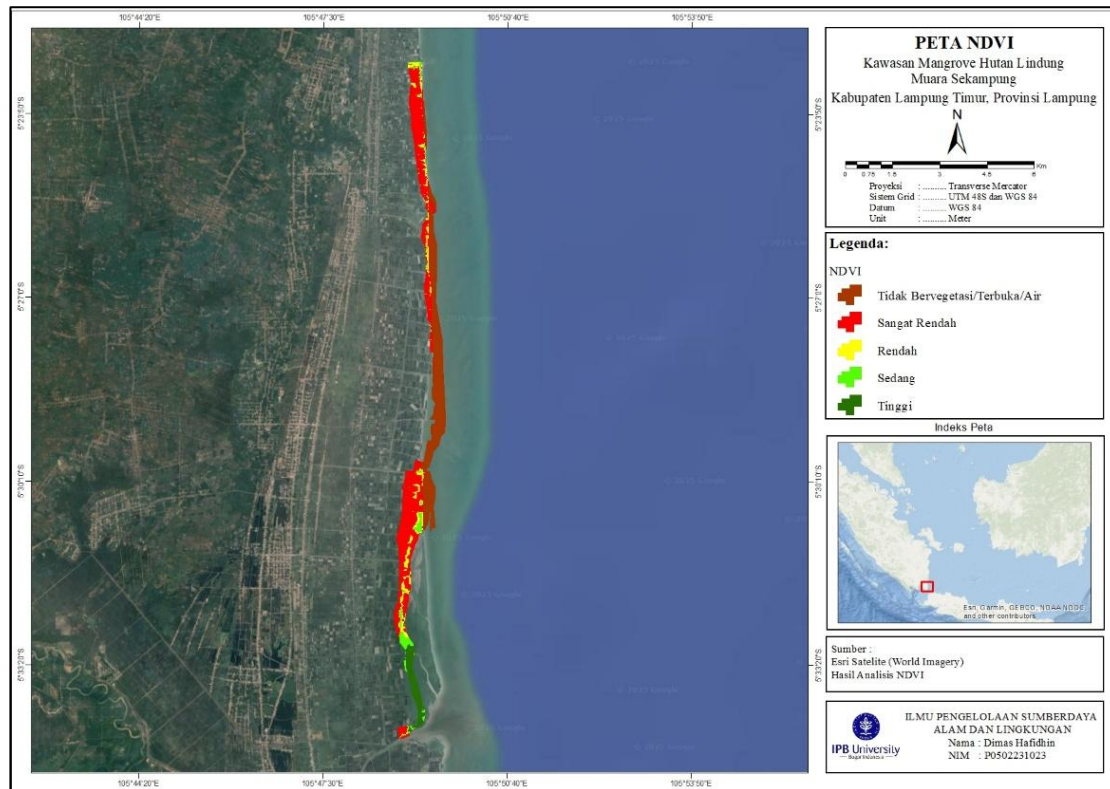
Data fauna dianalisis menggunakan indeks ekologi yang meliputi kelimpahan, keanekaragaman, kemerataan, dan dominansi (Krebs 1978; Shannon dan Weaver 1949; Odum 1993). Data hasil pengukuran dari parameter tanah dan air dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi kesesuaian kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan mangrove. Parameter oseanografi dianalisis untuk menggambarkan dinamika hidrologi yang memengaruhi keberhasilan rehabilitasi. Seluruh hasil analisis diintegrasikan untuk menilai kesesuaian biofisik kawasan sebagai dasar dalam penentuan areal rehabilitasi mangrove.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Areal yang Berpotensi Direhabilitasi dan Penetapan Areal Rehabilitasi

Analisis tutupan vegetasi mangrove di kawasan Hutan Lindung Muara Sekampung dilakukan menggunakan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) berbasis citra Landsat. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa tutupan vegetasi terbagi ke dalam lima kelas kerapatan, yaitu tidak bervegetasi, sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Sebaran spasial pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa kelas vegetasi dengan kerapatan tinggi terkonsentrasi pada bagian selatan kawasan, sedangkan bagian tengah dan utara didominasi oleh kelas vegetasi sangat rendah hingga tidak bervegetasi. Pola ini menunjukkan bahwa degradasi mangrove bersifat heterogen dan dipengaruhi oleh dinamika hidrologi, sedimentasi, serta tekanan aktivitas manusia (Purwanto *et al.* 2025; Aritonang *et al.* 2022; Hamzah *et al.* 2025).



Gambar 2 Peta NDVI Kawasan Mangrove Hutan Lindung Muara Sekampung

Tabel 1 Luas areal berdasarkan klasifikasi NDVI

Kelas Kerapatan	Luas (Ha)	Persentase (%)
Tidak bervegetasi/terbuka/air	302,736	33,65
Sangat rendah	416,830	46,33
Rendah	75,277	8,37
Sedang	46,024	5,10
Tinggi	58,891	6,55
Total	899,758	100,00

Sumber: (Wahyunto *et.al.* 2006)

Distribusi luas masing-masing kelas kerapatan vegetasi disajikan pada Tabel 1. Dari total luas kawasan sebesar 899,758 ha, kelas vegetasi sangat rendah merupakan kategori terluas dengan luasan mencapai 416,83 ha (50,25%), diikuti oleh kelas tidak bervegetasi sebesar 302,74 ha (36,47%). Dengan demikian, lebih dari 86% kawasan berada dalam kondisi vegetasi sangat rendah hingga tidak bervegetasi. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh adanya gangguan hidrologi, sedimentasi, serta kondisi genangan yang kurang mendukung pertumbuhan dan regenerasi mangrove. Kondisi drainase kurang optimal pada beberapa bagian areal, sehingga air cenderung tertahan dalam waktu relatif lama. Kondisi tersebut dapat menghambat pertukaran air, memengaruhi aerasi substrat, serta mengurangi keberhasilan regenerasi alami mangrove. Selain itu, ditemukannya tegakan mangrove yang mengalami kematian dan rendahnya

regenerasi pada beberapa lokasi turut berkontribusi terhadap rendahnya kerapatan vegetasi yang teridentifikasi. Kondisi ini menunjukkan tingkat degradasi yang tinggi dan sejalan dengan temuan pada berbagai kawasan mangrove di Asia Tenggara (Gerona-Daga dan Salmo 2022).

Hasil verifikasi lapangan menunjukkan bahwa sebagian area tidak bervegetasi merupakan tanah timbul dengan substrat lumpur halus yang masih dipengaruhi pasang surut, serta ditemukan sisa tegakan mangrove mati terutama dari jenis *Avicennia* sp. Keberadaan sisa tegakan ini menunjukkan bahwa area tersebut sebelumnya merupakan habitat mangrove aktif yang mengalami penurunan kerapatan akibat gangguan lingkungan, seperti sedimentasi dan perubahan hidrologi (Radabaugh *et al.* 2021). Sedimentasi dapat terjadi akibat meningkatnya masukan sedimen dari daratan melalui aliran sungai dan limpasan permukaan,

serta proses pengendapan material tersuspensi pada kawasan pesisir yang dipengaruhi oleh dinamika pasang surut. Sementara itu, perubahan hidrologi dapat berkaitan dengan perubahan pola aliran dan drainase, termasuk terhambatnya sirkulasi air yang menyebabkan air lebih lama tergenang pada areal tertentu (Ardang *et al.* 2023).

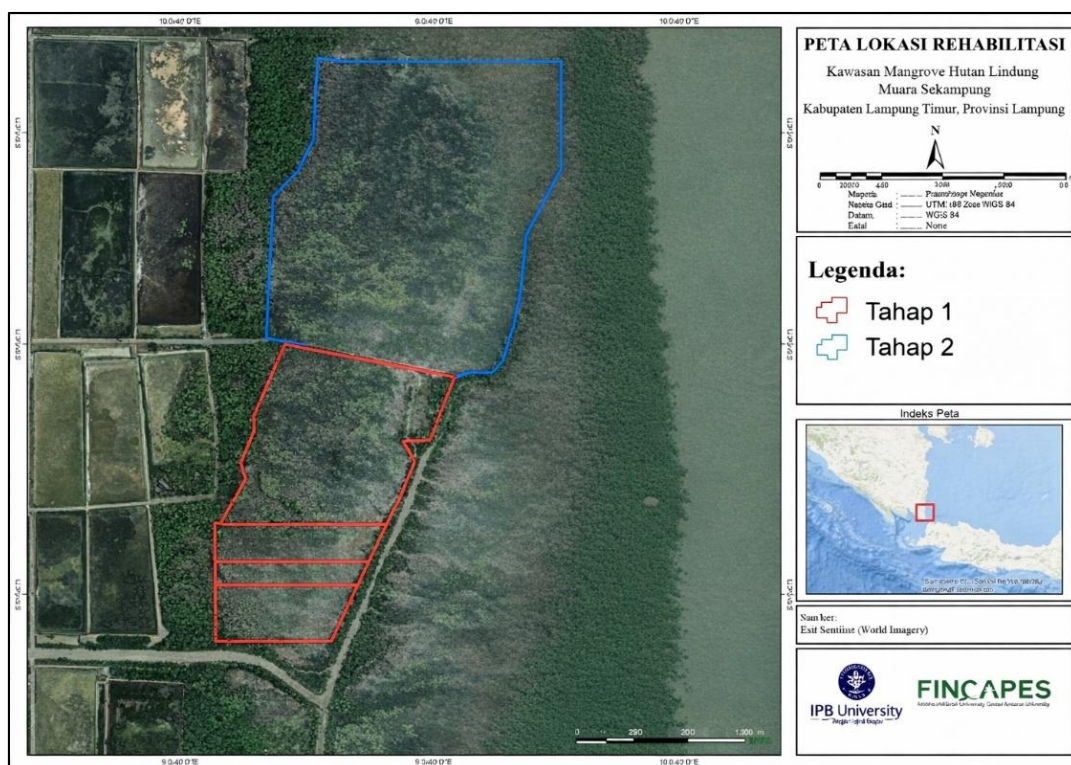
Berdasarkan integrasi analisis NDVI dan verifikasi lapangan, area yang berpotensi direhabilitasi mencakup seluruh kelas vegetasi sangat rendah, sebagian area tidak bervegetasi dengan substrat yang masih sesuai berdasarkan kondisi tekstur dan karakteristik fisik tanah yang mendukung pertumbuhan mangrove, terutama substrat berlumpur hingga lempung dengan kemampuan mempertahankan kelembapan dan tidak didominasi material kasar, serta sebagian area dengan vegetasi rendah. Dengan kriteria tersebut, maka luas area potensial rehabilitasi diperkirakan mencapai $\pm 474,47$ ha. Luasan ini menunjukkan peluang rehabilitasi yang besar sekaligus menegaskan urgensi penanganan berbasis kondisi biofisik tapak (Rahadian 2022; Lewis 2005).

Meskipun luas area potensial cukup besar, penelitian ini berfokus pada penetapan lokasi rehabilitasi pada areal seluas ± 20 ha. Luas $\pm 474,47$ ha merupakan hasil identifikasi awal areal yang berpotensi direhabilitasi berdasarkan integrasi analisis NDVI dan verifikasi lapangan. Selanjutnya, dari areal potensial tersebut ditetapkan areal prioritas seluas ± 20 ha untuk dilakukan analisis kondisi biofisik dan perencanaan rehabilitasi secara

lebih rinci. Pemilihan areal ± 20 ha dilakukan untuk memperoleh lokasi prioritas dengan mempertimbangkan kondisi tutupan vegetasi, karakteristik substrat, hidrologi, serta kesesuaian tapak untuk mendukung rehabilitasi mangrove. Dengan demikian, areal ± 20 ha merupakan bagian dari areal potensial seluas $\pm 474,47$ ha yang ditetapkan sebagai fokus kajian, dan bukan menunjukkan bahwa hanya areal tersebut yang berpotensi untuk direhabilitasi.

Penentuan lokasi dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan nilai NDVI, kondisi substrat, pengaruh pasang surut, kondisi hidrologi, serta aksesibilitas lapangan. Lokasi terpilih berada pada kelas vegetasi rendah hingga tidak bervegetasi dengan nilai NDVI berkisar -1 hingga $0,25$. Areal tersebut selanjutnya menjadi lokasi pengamatan kondisi biofisik dan dasar dalam penyusunan rencana rehabilitasi mangrove. Lokasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil interpretasi citra dan survei lapangan menunjukkan bahwa areal tersebut didominasi oleh lahan terbuka dengan substrat lumpur halus dan tidak lagi ditumbuhi vegetasi mangrove hidup. Namun demikian, areal ini masih berada dalam zona pasang surut aktif dan mengalami genangan secara rutin. Keberadaan sisa tegakan mati *Avicennia* sp. memperkuat indikasi bahwa lokasi tersebut merupakan bagian dari zona ekologis mangrove yang masih memiliki potensi untuk dipulihkan (Kusmana 2014; Lewis dan Brown 2014).



Gambar 3 Peta lokasi rehabilitasi mangrove

Kondisi Biofisik Lingkungan

Kondisi biofisik lingkungan pada areal rehabilitasi menunjukkan karakteristik ekosistem mangrove yang telah mengalami degradasi, namun masih memiliki potensi untuk dipulihkan. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa tidak ditemukan individu mangrove hidup pada seluruh petak pengamatan, baik pada tingkat semai, pancang, maupun pohon. Kondisi tersebut menyebabkan parameter struktur dan komposisi vegetasi, seperti kerapatan, frekuensi, dominansi, dan Indeks Nilai Penting (INP), tidak dapat dihitung dan dianalisis secara kuantitatif. Kondisi lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.

Ketiadaan vegetasi ini menunjukkan bahwa proses regenerasi alami tidak berlangsung. Tidak ditemukannya semai dan pancang mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan tidak lagi mendukung

perkecambahan propagul maupun pertumbuhan anakan mangrove (Putri *et al.* 2021). Keberadaan sisa tegakan mati *Avicennia sp.* menunjukkan bahwa gangguan lingkungan terjadi dalam jangka panjang. Sebagai spesies pionir, kematian jenis ini mengindikasikan adanya tekanan lingkungan yang signifikan, seperti perubahan hidrologi dan peningkatan sedimentasi (Tomlinson 1987; Kusmana 2014; Radabaugh *et al.* 2021).

Komposisi fauna yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa komunitas makrozoobentos didominasi oleh Gastropoda, terutama *Pomacea sp.* dan *Telescopium sp.* Dominasi ini menunjukkan kondisi substrat berlumpur dengan tingkat gangguan yang tinggi (Purnama *et al.* 2024). Kehadiran Polychaeta seperti *Capitella sp.* mengindikasikan kondisi sedimen dengan kandungan bahan organik tinggi dan oksigen rendah (Jarittkhuan *et al.* 2014).



Gambar 4 Kondisi plot penelitian

Tabel 2 Makrozoobenthos di lokasi penelitian

No	Kelas	Genus	Jumlah Individu
1	Gastropoda	Telescopium sp.	121
		Pomacea sp.	565
		Nerita sp.	76
		Neritina sp.	5
		Terebralia sp.	9
		Cerithidea sp.	1
		Vexillum sp.	1
		Gastropoda sp.	1
2	Malacostraca	Metopograpsus sp.	31
		Uca sp.	1
3	Polychaeta	Nereis sp.	23
		Capitella sp.	9
		Namalycastis sp.	2
		Eunice sp.	1
		Polychaeta sp.	1
Total			847

Tabel 3 Serangga di lokasi penelitian

No	Kelas	Genus / Famili	Jumlah Individu
1	Insecta	<i>Culicidae</i> sp.	19
		<i>Cerambycidae</i> imago	11
		<i>Cerambycidae</i> larva	71
		<i>Tenebrionidae</i> imago	14
		<i>Tenebrionidae</i> larva	104
		<i>Coccinellidae</i> sp.	1
		<i>Orthetrum sabina</i>	2
Total			223

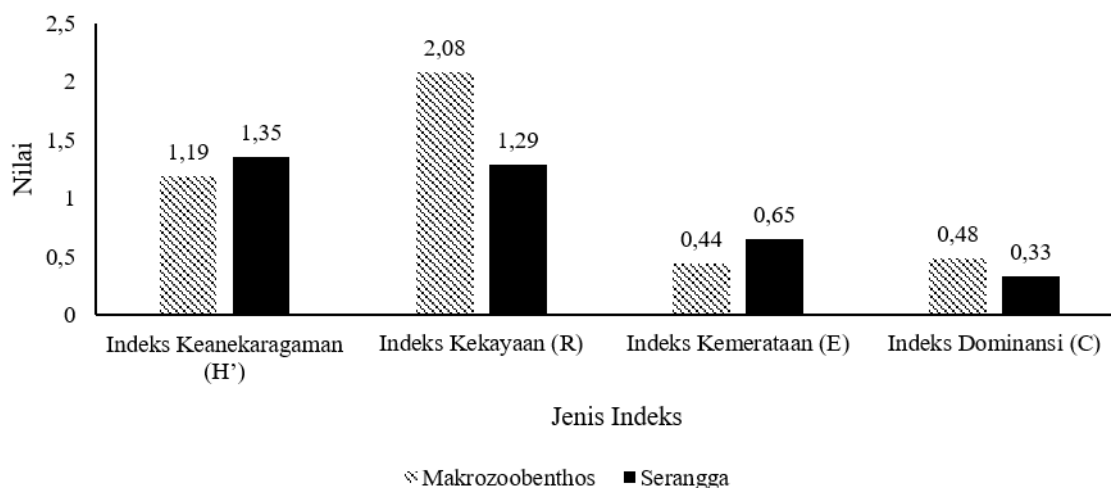
Kandungan bahan organik yang tinggi pada areal mangrove terdegradasi tidak selalu mencerminkan kondisi vegetasi yang masih baik. Bahan organik dalam sedimen dapat berasal dari akumulasi serasah dan sisa vegetasi mangrove yang sebelumnya tumbuh di lokasi, masukan bahan organik dari perairan atau daratan, serta proses pengendapan yang berlangsung pada substrat berlumpur. Kondisi genangan yang relatif lama juga dapat mengurangi ketersediaan oksigen dan memperlambat proses dekomposisi, sehingga bahan organik dapat tetap terakumulasi meskipun tutupan vegetasi mangrove telah mengalami penurunan.

Komunitas serangga didominasi oleh famili *Tenebrionidae* dan *Cerambycidae* yang umumnya ditemukan pada habitat terbuka dan kayu mati,

sehingga menunjukkan adanya gangguan ekosistem yang cukup tinggi (Haneda dan Suheri 2013; Sembiring *et al.* 2024).

Nilai indeks ekologi fauna pada Gambar 5 menunjukkan keanekaragaman rendah dan dominansi tinggi, yang mencerminkan kondisi ekosistem yang belum stabil (Salahuddin 2024).

Kondisi kualitas air yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa salinitas berada pada kategori *oligohalin* dengan rata-rata 1,63 ppt, yang menunjukkan dominasi pengaruh air tawar. Nilai pH yang mendekati netral serta suhu yang sesuai menunjukkan bahwa kondisi perairan masih mendukung pertumbuhan mangrove (Alongi 2014; Wang *et al.* 2024; Pratama *et al.* 2023).



Gambar 5 Nilai indeks keanekaragaman, kekayaan, pemerataan, dan dominansi fauna di lokasi penelitian

Tabel 4 Hasil pengukuran parameter air pada lokasi pengamatan

Ketinggian (m dpl)	Nomor	Salinitas (ppt)	pH	Suhu (°C)	TDS (ppm)	EC (µs/cm)
± 5,4 – 6,0	1	1,40	7,64	32,00	9.130	4.550
	2	1,50	7,65	32,50	9.000	4.500
	3	2,00	7,58	32,30	9.100	4.490
Rata-rata		1,63	7,62	32,27	9.077	4.513
Kategori		Oligohalin	Agak basa	–	Salinitas sedang	Konduktivitas tinggi

Tabel 5 *Bulk density* pada titik sampling

Sampel Tanah	<i>Bulk Density</i> (g/cm ³)
1	0,45
2	0,45
3	0,49
4	0,34
5	0,30
Rata-Rata	0,41

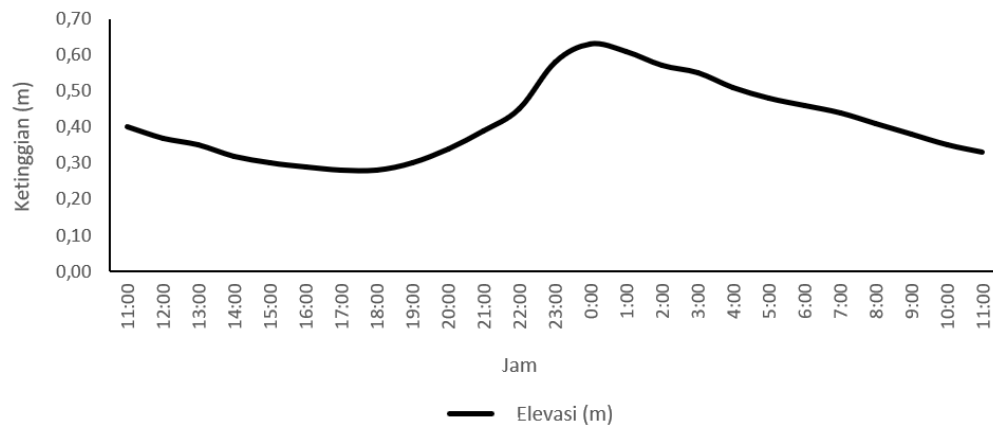
Tabel 6 Hasil analisis tanah di Kawasan Rehabilitasi Hutan Lindung Muara Sekampung

Parameter	Sampel ke-										Rata-Rata	Kategori
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Salinitas (ppt)	9,4	5,0	5,1	10,5	6,7	9,1	6,2	7,7	7,0	6,3	7,3	Mesohalin
Bahan Organik Tanah (%)	6,0	4,9	3,7	4,2	6,8	3,0	5,0	5,4	1,8	1,0	4,2	Tinggi
C-Organik (%)	3,5	2,8	2,2	2,4	4,0	1,7	2,9	3,1	1,0	0,5	2,5	Sedang
N (%)	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,004	0,01	0,046	Sangat Rendah
C/N	49,4	47,3	24,0	48,8	56,4	43,3	71,8	104,0	255,0	102,0	80,2	Sangat Tinggi
P-Tersedia (ppm)	42,8	43,2	95,5	87,2	106,3	90,0	182,2	125,0	47,3	137,0	92,8	Sangat Tinggi
K-Total (mg/kg)	2066,4	2791,3	2591,3	2043,0	1404,3	1413,0	1510,0	1449,7	2628,0	1256,7	1915,4	Sangat Tinggi
Fe (mg/kg)	23148,1	23646,9	25709,9	24958,4	22942,1	23009,8	24242,2	20989,9	30959,6	23638,3	24324,5	Sangat Tinggi
Tekstur Tanah												
Pasir	3,4	7,5	0,8	0,8	3,2	13,6	21,6	17,6	5,6	3,2	7,7	Liat
Debu	44,0	39,7	38,4	44,0	40,5	28,0	52,0	40,0	32,0	32,0	39,1	
Liat	52,6	52,8	60,8	55,2	56,8	58,4	26,4	42,4	62,4	64,0	53,2	

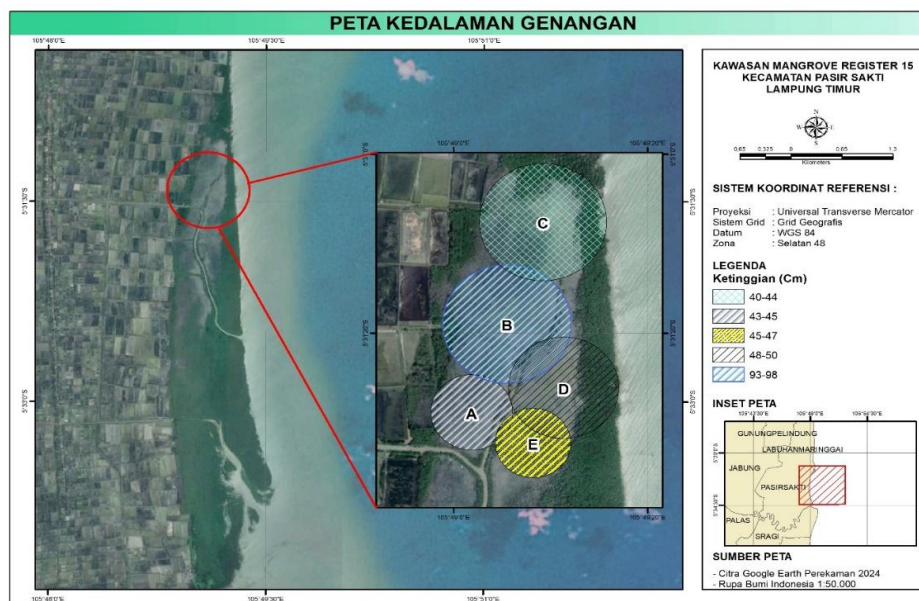
Hasil analisis tanah pada Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa substrat didominasi oleh tekstur liat dengan *bulk density* rendah. Kondisi ini mendukung perkembangan akar, namun berpotensi menyebabkan kondisi anaerob karena tekstur liat memiliki pori-pori halus yang cenderung menahan air dan menghambat pertukaran udara dalam tanah. Kandungan bahan organik yang tinggi, disertai nilai nitrogen yang rendah dan rasio C/N yang tinggi, menunjukkan keterbatasan ketersediaan hara bagi tanaman (Dharmayasa *et al.* 2025). Rasio C/N yang tinggi juga mengindikasikan bahwa proses dekomposisi bahan organik dan mineralisasi nitrogen dapat berlangsung relatif lambat, sehingga nitrogen yang tersedia bagi tanaman menjadi terbatas. Kandungan Fe yang tinggi juga menunjukkan kondisi tanah reduktif yang dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan mangrove (Rahman *et al.* 2024). Kombinasi kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan tapak tidak

hanya berkaitan dengan karakteristik fisik tanah, tetapi juga dengan kondisi kimia tanah dan ketersediaan hara yang perlu diperhatikan dalam rehabilitasi. Oleh karena itu, kondisi tanah tersebut mengindikasikan perlunya pemilihan jenis mangrove yang toleran terhadap lingkungan reduktif serta strategi pengelolaan yang mampu meningkatkan ketersediaan hara dan aerasi tanah.

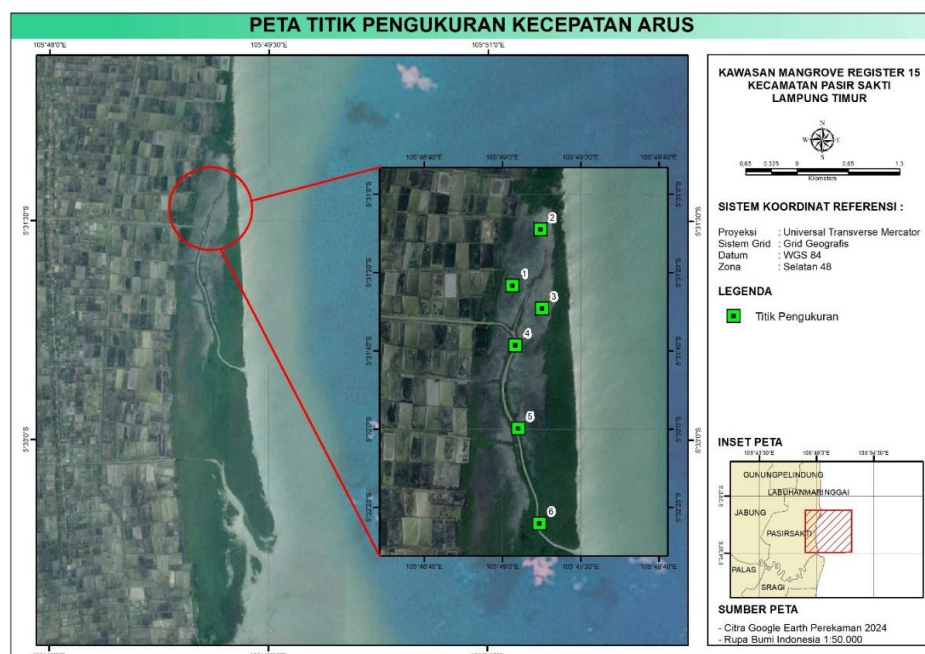
Kondisi oseanografi yang ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 menunjukkan bahwa kawasan memiliki tipe pasang surut harian tunggal dengan pola genangan yang relatif stabil. Namun demikian, ditemukan adanya genangan stagnan akibat drainase yang tidak optimal, yang mengindikasikan gangguan konektivitas hidrologi. Kondisi ini dapat menghambat pertukaran air dan meningkatkan kondisi anaerob pada substrat (Krauss *et al.* 2008; Reef *et al.* 2010; Sasmito *et al.* 2020).



Gambar 6 Grafik pasang surut



Gambar 7 Peta kedalaman genangan



Gambar 8 Peta titik pengukuran kecepatan arus

Secara keseluruhan, kondisi biofisik lingkungan menunjukkan bahwa kawasan masih memiliki kesesuaian untuk rehabilitasi mangrove, namun keberhasilan sangat bergantung pada pengelolaan faktor pembatas, terutama sedimentasi dan hidrologi. Pendekatan rehabilitasi berbasis kondisi tapak menjadi kunci dalam meningkatkan keberhasilan rehabilitasi mangrove (Lewis 2005; Kusmana 2014).

SIMPULAN

Hasil analisis spasial dan verifikasi lapangan menunjukkan bahwa kawasan Hutan Lindung Muara Sekampung memiliki areal yang berpotensi untuk rehabilitasi mangrove seluas $\pm 474,47$ ha. Dari areal potensial tersebut, seluas ± 20 ha ditetapkan sebagai areal prioritas untuk kajian rehabilitasi.

Areal prioritas rehabilitasi memiliki karakteristik biofisik berupa substrat berlumpur dengan dominasi tekstur liat, salinitas tanah sebesar 5,0–10,5 ppt, salinitas air rata-rata 1,63 ppt, serta kondisi pasang surut bertipe diurnal tide. Kedalaman genangan berkisar 40–98 cm dengan kecepatan arus 0,18–0,53 m/s. Hasil pengamatan vegetasi menunjukkan tidak ditemukannya mangrove hidup maupun regenerasi alami pada seluruh plot pengamatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh proyek FINCAPES (*Flood Impacts, Carbon Pricing, and Ecosystem Sustainability*) yang merupakan hasil kolaborasi antara University of Waterloo dan IPB University. Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, baik dalam bentuk fasilitasi kegiatan lapangan, bantuan teknis, maupun kontribusi dalam pengumpulan data, sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

KONTRIBUSI PENULIS

DH: Konseptualisasi, Metodologi, Investigasi, Pengumpulan Data, Kurasi Data, Analisis Formal, Visualisasi, Penulisan – Draf Asli, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan; **CK:** Konseptualisasi, Metodologi, Supervisi, Validasi, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan, Administrasi Proyek. **OR:** Konseptualisasi, Metodologi, Supervisi, Validasi, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan, Administrasi Proyek.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI (*Artificial Intelligence*)

Selama penyusunan karya ini, penulis tidak menggunakan AI.

DAFTAR PUSTAKA

- Agaton, C. B., & Collera, A. A. (2022). Now or later? Optimal timing of mangrove rehabilitation under climate change uncertainty. *Forest Ecology and Management*, 503, 119739. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119739>
- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Ardang DM, Soenardjo N, Taufiq-SPJ N. 2023. Hubungan tekstur sedimen terhadap vegetasi mangrove di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*. 12(3):519–526. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i3.35185>
- Aritonang L, Septyani E, Maria L. 2022. Pemetaan perubahan luasan mangrove melalui analisis citra satelit Landsat di Tangkolak Barat Karawang Jawa Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing* 3(1):30–35. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i1.69>
- [Balai Penelitian Tanah]. 2009. *Petunjuk teknis analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Cui-Jing, Z., Jie, P., Chang-Hai, D., Yong-Ming, W., Yang, L., Jian, S., Hai-Chao, Z., Xin, S., & Meng, L. (2019). Prokaryotic diversity in mangrove sediments across southeastern China fundamentally differs from that in other biomes. *mSystems*, 4(5), e00442-19. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00442-19>
- Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L. P., Di Nitto, D., Bosire, J. O., Lo Seen, D., & Koedam, N. (2005). How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? *Current Biology*, 15(14), R443–R447. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.06.008>
- Desmawati, I., Adany, A., & Java, C. (2019). Studi awal makrozoobentos di kawasan wisata Sungai Kalimas Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 19–22. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.49929>
- Dharmayasa, I. G. N. P., Sugiana, I. P., & Prapasongsa, T. (2025). Soil organic matter in natural and rehabilitated mangroves. *Journal of Ecological Engineering*, 26(1), 153–162. <https://doi.org/10.12911/22998993/197036>

- Dwiputra, M. A., Mustofa, A., & Prasetyo, B. A. (2020). Aplikasi sistem informasi geografis untuk kajian rehabilitasi mangrove di Lampung. *Journal of Science and Applied Technology*, 4(2), 67–70. <https://doi.org/10.35472/jsat.v4i2.256>
- Gedan, K. B., Kirwan, M. L., Wolanski, E., Barbier, E. B., & Silliman, B. R. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: Answering recent challenges to the paradigm. *Climatic Change*, 106(1), 7–29. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-0003-7>
- Gerona-Daga, M. E. B., & Salmo, S. G. III. (2022). A systematic review of mangrove restoration studies in Southeast Asia. *Frontiers in Marine Science*, 9, 987737. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.987737>
- Hamzah, R., Katili, A. S., Husain, I. H., Utina, R., & Misran, F. (2025). A remote sensing-based analysis of mangrove vegetation density and damage levels for coastal ecosystem management. *Mangrove Watch*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.61511/mangrove.v2i1.2025.1717>
- Haneda NF, Kusmana C, Kusuma FD. 2013. Keanekaragaman serangga di ekosistem mangrove. *Jurnal Silvikultur Tropika* 4(1):42–51.
- Hernández-Blanco, M., Costanza, R., & Cifuentes-Jara, M. (2021). Economic valuation of the ecosystem services provided by the mangroves of the Gulf of Nicoya using a hybrid methodology. *Ecosystem Services*, 49, 101258. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101258>
- Imchen, M., Kumavath, R., Barh, D., Vaz, A., Góes-Neto, A., Tiwari, S., Ghosh, P., Wattam, A. R., & Azevedo, V. (2018). Comparative mangrove metagenome reveals global prevalence of heavy metals and antibiotic resistome across different ecosystems. *Scientific Reports*, 8(1), 11187. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29521-4>
- Jarittkhuan S, Damrongrojwattana P, Chewprecha B, Kunbou V. 2014. Diversity of polychaetes in mangrove forest. *Chiang Mai Journal of Science* 44(3):816–823.
- Krauss, K. W., Lovelock, C. E., McKee, K. L., López-Hoffman, L., Ewe, S. M. L., & Sousa, W. P. (2008). Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 105–127. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.014>
- Krebs CJ. 1978. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harper and Row.
- Kuchler AW, Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1976. Aims and methods of vegetation ecology. *Geographical Review* 66(1):114–120.
- Kusmana, C. (2014). Distribution and current status of mangrove forests in Indonesia. In I. Faridah-Hanum, A. Latiff, K. R. Hakeem, & M. Ozturk (Eds.), *Mangrove Ecosystems of Asia: Status, Challenges and Management Strategies* (pp. 37–60). New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8582-7_4
- Kusmana C, Istomo, Purwanegara T. 2010. *Manual teknik budidaya mangrove*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lewis, R. R. (2005). Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*, 24(4), 403–418. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.10.03>
- Lewis, R. R., & Brown, B. (2014). Ecological mangrove rehabilitation: A field manual for practitioners. *Restoration Ecology*, 22(4), 390–391. <https://doi.org/10.1111/rec.12155>
- Noviyanti A, Walil K, Pusandari DT. 2019. Identifikasi makrozoobenthos di kawasan mangrove Aceh Besar. *Bio Natural* 6(2):92–99.
- Odum EP. 1993. *Dasar-dasar ekologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ofori, S. A., Asante, F., Boatemaa Boateng, T. A., & Dahdouh-Guebas, F. (2023). The composition, distribution, and socio-economic dimensions of Ghana's mangrove ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 345, 118622. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118622>
- Pangabean, N. H., Khairani, M., Sitepu, D. R., & Nuzalifa, Y. U. (2022). Analisis vegetasi metode kuadrat. *Jurnal Serunai Ilmu Pendidikan*, 8(2), 171–179. <https://doi.org/10.37755/sjip.v8i2.772>
- Pratama, F. A. P., Yuniarti, M. S., Zallesa, S., & Sunarto. (2023). Hubungan sedimen dan kualitas perairan terhadap kerapatan mangrove di kawasan Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. *Acta Aquatica*, 10(1), 15–23.
- Purnama, M. F., Prayitno, S. B., Muskananfolo, M. R., & Suryanti. (2024). Tropical gastropod density and diversity in the mangrove forest of Totobo Village, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(4), 1663–1675. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250436>
- Purwanto, A. D., Wikantika, K., Deliar, A., Darmawan, S., Suprapedi, Saepuloh, A., Handayani, A. P., Wisha, U. J., Rahmawati, E., Falah, F. N., & Prayudha, B. (2025). Spatial heterogeneity of mangrove changes and its local driving factors on the southern coast of Java Island, Indonesia. *Scientifica*, 2025, 6670733. <https://doi.org/10.1155/sci5/6670733>

- Putri, M. A., Lestari, F., & Kurniawan, D. (2021). Tingkat regenerasi mangrove berdasarkan kerapatan vegetasi di ekosistem mangrove. *Barakuda* 45, 3(1), 1–8.
- Radabaugh, K. R., Dontis, E. E., Chappel, A. R., Russo, C. E., & Moyer, R. P. (2021). Early indicators of stress in mangrove forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 254, 107324. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107324>
- Rahadian, A., Kusmana, C., Setiawan, Y., & Prasetyo, L. B. (2022). Adaptive mangrove ecosystem rehabilitation plan based on coastal typology and ecological dynamics approach. *Journal of Biosciences*, 29(4), 445–458. <https://doi.org/10.4308/hjb.29.4.445-458>
- Rahman, S. U., et al. (2024). Adaptation strategies of mangroves against heavy metal contamination. *Journal of Cleaner Production*, 441, 140868. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140868>
- Reef, R., Feller, I. C., & Lovelock, C. E. (2010). Nutrition of mangroves. *Tree Physiology*, 30(9), 1148–1160. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq048>
- Salahuddin, M. A., Santoso, N., & Hermawan, R. (2024). Analysis of mangrove forest management based on ecological and socio-economic aspects. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7712–7725. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.9485>
- Sari, K., & Soeprbowati, T. R. (2021). Water quality in mangrove forest ecosystems. *Indonesian Journal of Limnology*, 2(2), 37–48. <https://doi.org/10.51264/inajl.v2i2.19>
- Sasmito, S. D., Kuzyakov, Y., Lubis, A. A., Murdiyarso, D., Hutley, L. B., Bachri, S., Friess, D. A., Martius, C., & Borchard, N. (2020). Organic carbon burial and sources in soils of coastal mudflat and mangrove ecosystems. *CATENA*, 187, 104414. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104414>
- Sembiring, J., et al. (2024). Insect diversity in mangrove ecosystems. *BioLink*, 11(1), 12–23. <https://doi.org/10.31289/biolink.v11i1.12216>
- Shannon CE, Weaver W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.
- [SNI] Badan Standardisasi Nasional. 2021. *SNI 8910:2021 Cara uji kadar logam dalam contoh uji limbah padat, sedimen, dan tanah dengan metode destruksi asam menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala atau Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Tomlinson PB. 1987. *The botany of mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Triplehorn CA, Johnson NF. 2005. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Belmont: Thomson Brooks.
- Wahyunto, Ritung S, Suparto. 2006. *Penyusunan peta potensi lahan rawa*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan.
- Wang, W., et al. (2024). Spatio-temporal variation of water salinity in mangrove ecosystems and its environmental drivers. *Plant Diversity*, 46, 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2023.06.006>
- Yusuf, D. N., Prasetyo, L. B., Kusmana, C., & Machfud. (2017). Geospatial approach in determining anthropogenic factors contributed to deforestation of mangrove: A case study in Konawe Selatan, Southeast Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012049>