

Analisis Kesesuaian Lahan pada area Rehabilitasi Mangrove di Bantaran Muara Sungai Progo Kecamatan Galur Kabupaten Kulon Progo

Sri Utami, Yus Andhini Bhukti Pertiwi*, Malihatun Nufus, Supriyadi
Program Studi Pengelolaan Hutan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret
*E-mail: yus_andhini@staff.uns.ac.id

Artikel diterima : 20 Februari 2026 Revisi diterima : 3 September 2026.

ABSTRACT

Mangrove forests play a vital role in maintaining ecosystem stability. However, the rate of decline in mangrove areas continues to increase due to deforestation and degradation. Therefore, mangrove forest rehabilitation is crucial. The challenge of mangrove rehabilitation is the environment. In estuary areas, environmental dynamics occur that affect the suitability of land for mangrove rehabilitation. Therefore, the aim of this study is to assess land suitability in relation to vegetation percentage and chlorophyll content, and to evaluate the success of mangrove rehabilitation at the Progo River estuary. The mangrove rehabilitation area was divided into three research blocks to evaluate environmental factors: substrate, salinity, temperature, waves, currents, and tides. The mangrove species used for rehabilitation was *Rhizophora mucronata*. Furthermore, plant growth evaluations, including growth percentage and plant chlorophyll content, were conducted through a census. The results show an increase in the land suitability category from Block I to Block III. Block I (76%) or quite suitable with appropriate environmental parameters are salinity and temperature. Meanwhile, Blocks II and III (96%) are very suitable, with proper ecological parameters including substrate, salinity, temperature, wave height, and current speed. The low percentage of mangrove growth from the three research blocks, namely 14.6%, 17.6%, and 19.2%, indicates that the rehabilitation activities were categorized as unsuccessful. However, the finding of increased plant chlorophyll content in Blocks I, II, and III, namely 41.69, 47.02, and 54.86 SPAD, respectively. Thus, indicating that land suitability increases towards Block III.

Key words: chlorophyll content; environmental factors; land suitability; mangrove; survival rate

ABSTRAK

Hutan mangrove berperan penting dalam menjaga kestabilan ekosistem, namun laju penurunan luasan kawasan mangrove terus meningkat akibat deforestasi dan degradasi. Oleh karena itu, rehabilitasi hutan mangrove menjadi hal penting. Tantangan rehabilitasi mangrove adalah lingkungan. Di wilayah muara sungai, terjadi dinamika lingkungan sehingga mempengaruhi kesesuaian lahan untuk rehabilitasi mangrove. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kesesuaian lahan dengan persen tumbuhan dan kandungan klorofil serta mengevaluasi keberhasilan rehabilitasi mangrove di Muara Sungai Progo. Area rehabilitasi mangrove dibagi menjadi tiga blok penelitian untuk mengkaji faktor lingkungan meliputi substrat, salinitas, suhu, gelombang, arus, dan pasang surut. Spesies mangrove yang digunakan untuk rehabilitasi adalah *Rhizophora mucronata*. Selanjutnya, evaluasi pertumbuhan tanaman meliputi persen tumbuh dan kandungan klorofil tanaman dilakukan secara sensus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kategori kesesuaian lahan dari Blok I menuju Blok III. Blok I (76%) atau cukup sesuai dengan parameter lingkungan yang sesuai adalah salinitas dan suhu. Sedangkan Blok II dan III (96%) atau sangat sesuai, dengan parameter lingkungan yang sesuai meliputi substrat, salinitas, suhu, tinggi gelombang, dan kecepatan arus. Persen tumbuh mangrove yang rendah dari ketiga blok penelitian, yaitu 14,6%, 17,6 %, dan 19,2%, menunjukkan kegiatan rehabilitasi dikategorikan tidak berhasil. Hal ini diduga karena adanya faktor antropogenik. Namun, temuan jumlah kandungan klorofil tanaman meningkat pada Blok I, II, dan III yaitu 41,69, 47,02, dan 54,86 SPAD, dapat menggambarkan kesesuaian lahan mengalami peningkatan seiring menuju Blok III.

Kata kunci: faktor lingkungan; kandungan klorofil; kesesuaian lahan; mangrove; persen tumbuh

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan komunitas vegetasi yang secara khas tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut (Haya dkk., 2015). Secara ekologi, hutan mangrove memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan ekosistem pesisir seperti

penyerap karbon, penyedia habitat sekaligus nutrisi bagi biota perairan hingga pagar hijau yang baik dalam menahan ancaman angin dan abrasi (Fikri dkk., 2023). Secara ekonomi, keberadaan hutan mangrove berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pendapatan masyarakat pesisir seperti sebagai penyedia bahan baku untuk beragam olahan pangan maupun obat-obatan hingga nilai estetika

alam yang menjadi objek wisata (Ersan dkk., 2022). Namun demikian, laju penurunan luasan kawasan mangrove di Indonesia semakin meningkat. Indonesia tercatat memiliki hutan mangrove terluas di dunia berdasarkan Peta Mangrove Nasional tahun 2017 yaitu 3,36 juta ha atau setara 25% dari keseluruhan ekosistem mangrove global (Wowor dkk., 2024). Akan tetapi dalam periode tahun 2009-2019, tercatat seluas 261.141 ha lahan mangrove telah hilang akibat deforestasi dan degradasi (Arifanti dkk., 2019).

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang mengalami penurunan kualitas dan kuantitas ekosistem mangrove. Salah satunya disebabkan oleh *natural disturbance* atau faktor alami berupa karakteristik pantai selatan Pulau Jawa yang terkenal dengan angin kencang dan ombak besar (Jati dan Pribadi, 2017). Salah satu wilayah yang mengalami penurunan luas mangrove terletak di bantaran Muara Kali Progo, Desa Banaran, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo. Hilangnya tutupan mangrove di kawasan ini menyebabkan peningkatan intensitas dampak abrasi terhadap lingkungan sekitar. Abrasi dapat diartikan sebagai proses pengikisan di daerah pesisir yang ditimbulkan oleh arus dan gelombang laut akibat rusaknya keseimbangan alam (KLHK, 2023). Dampak substansial abrasi di wilayah bantaran Muara Sungai Progo terjadi pada tahun 2005-2006 yang menyebabkan rusaknya infrastruktur rumah mesin pompa air, hilangnya lahan pertanian, hingga rusaknya beberapa rumah warga sekitar (Cahyono dkk., 2017). Tindakan efektif dalam menekan dan memperbaiki dampak kerusakan abrasi adalah melalui rehabilitasi mangrove.

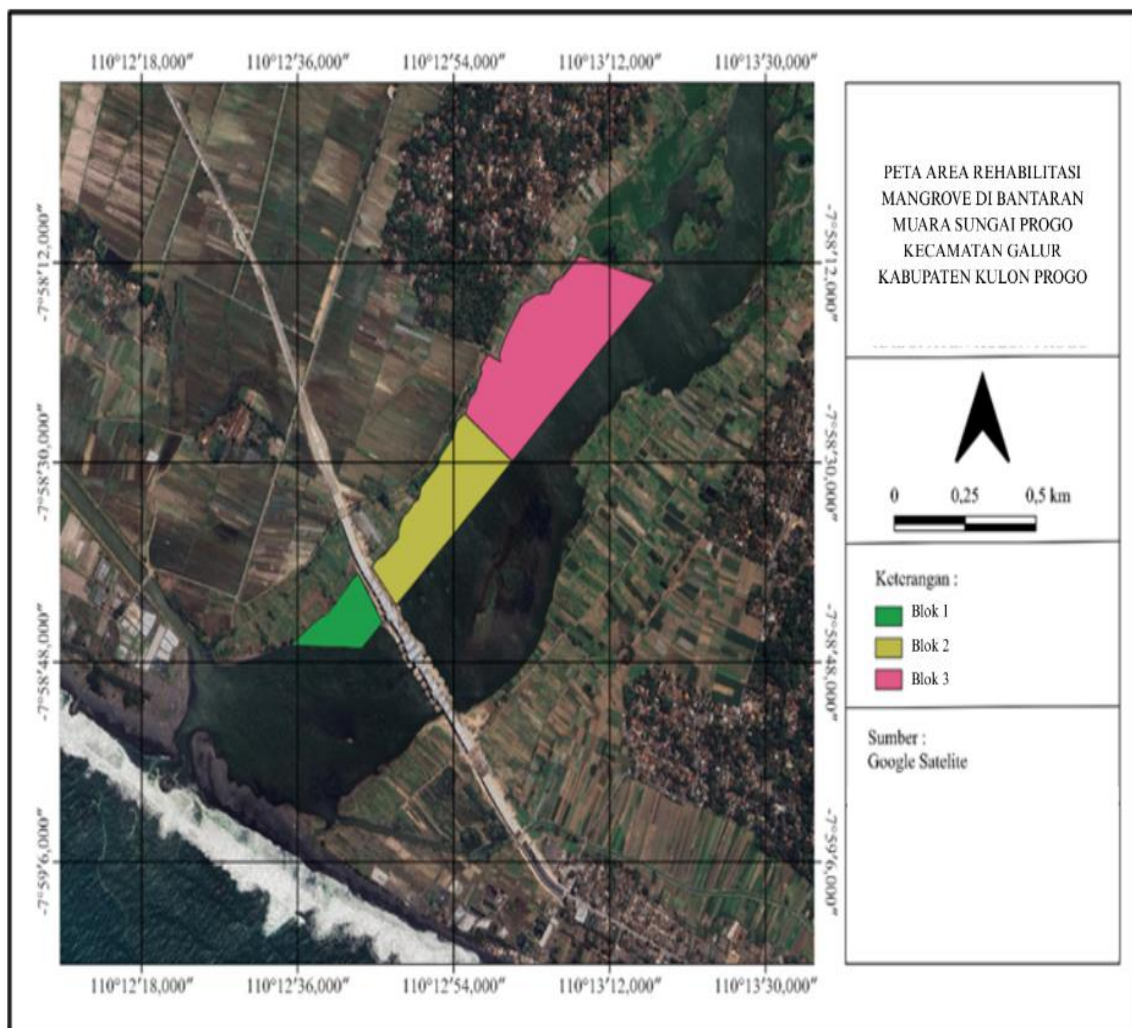
Rehabilitasi mangrove berperan penting dalam upaya memulihkan dan mengembalikan kondisi mangrove yang telah rusak atau terganggu fungsinya menjadi stabil kembali (Fauzi dkk., 2022). Kegiatan rehabilitasi mangrove efektif dilakukan karena kemampuan akarnya dalam

mengikat substrat dan menahan erosi, sehingga meningkatkan peran ekosistem mangrove sebagai pelindung kawasan pesisir (Ma'ruf dkk., 2022). Wilayah bantaran Muara Sungai Progo memiliki karakteristik lingkungan yang berubah-ubah akibat dinamika muara sungai, sehingga mempengaruhi kesesuaian lahan untuk rehabilitasi mangrove. Penelitian mengenai kesesuaian lahan rehabilitasi mangrove di wilayah tersebut terakhir dilakukan pada 2016 (Budiadi dkk., 2016). Pada penelitian tersebut, telah disampaikan rekomendasi jenis tanaman rehabilitasi. Namun, belum terdapat pembaharuan data mengenai kondisi lingkungan dan keberhasilan rehabilitasi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kesesuaian lahan dengan persen tumbuhan dan kadungan klorofil serta mengevaluasi keberhasilan rehabilitasi mangrove di Muara Sungai Progo.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan Juli hingga Agustus 2025. Penelitian dilaksanakan di bantaran Muara Sungai Progo, Desa Banaran, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo. Secara spesifik, luas area rehabilitasi mangrove adalah ± 30 ha memanjang menuju arah sungai dan dilintasi Jembatan Pandansimo. Berdasarkan kondisi tersebut, area rehabilitasi dibagi menjadi 3 blok penelitian, sebagai berikut (1) Blok I berhadapan langsung dengan laut, (2) Blok II terletak setelah jembatan, dan (3) Blok III berada di area yang paling jauh dari laut, yaitu setelah Blok II (Gambar 1) dengan luasan masing-masing blok berturut-turut adalah 3,2 ha, 9,2 ha, dan 16,5 ha. Kegiatan rehabilitasi mangrove telah dilakukan sejak tahun 2013. Jenis bibit yang digunakan adalah *Rhizophora mucronata*, sejumlah 500 bibit pada masing-masing blok. Secara teknis, tidak terdapat jarak tanam khusus yang digunakan.



Gambar 1. Lokasi penelitian di bantaran Muara Sungai Progo, Desa Banaran, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan alat bantu yang terdiri dari GPS Garmin 65s, *Water Quality Tester* tipe EZ-9909, *Soil Plant Analysis Development* (SPAD), sekop kecil, *Handcounter*, plastik klip, kertas label, dan laptop. Data yang dikaji adalah faktor lingkungan dan evaluasi kesesuaian lahan. Faktor lingkungan berupa substrat, salinitas, dan suhu diukur langsung di lapangan, sedangkan faktor lingkungan berupa tinggi gelombang, kecepatan arus, dan pasang surut diperoleh secara sekunder melalui website resmi *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), *Ocean Surface Current Analysis Real-time* (OSCAR), dan Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI). Sementara itu, aspek evaluasi pertumbuhan tanaman yaitu persen tumbuh

dan kandungan klorofil tanaman ditentukan secara sensus.

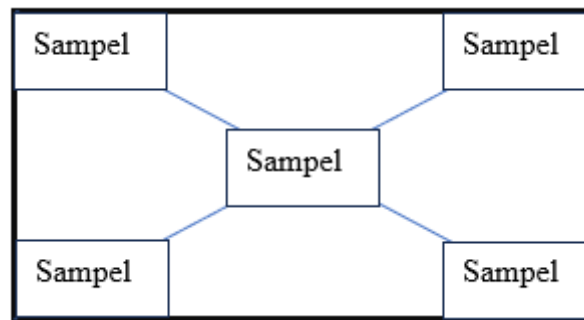
Prosedur Penelitian

Pengukuran Parameter Lingkungan.

Pengambilan sampel parameter substrat, salinitas dan suhu ditentukan melalui pembuatan titik sampling pada setiap area rehabilitasi. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah *purposive sampling with diagonal system* (Umam dkk., 2023) Pengukuran salinitas dan suhu hanya dilakukan pada titik pusat sampling dengan tiga kali ulangan yaitu pagi, siang, dan sore. Pengambilan sampel substrat dilakukan pada setiap titik sampling (lima titik) pada masing-masing blok. Lebih lanjut, sampel substrat yang telah diperoleh di lapangan kemudian dianalisis di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Program Studi Ilmu Tanah Universitas Sebelas Maret menggunakan metode pipet sesuai Balai Pengujian Standar Instrumen

Tanah dan Pupuk (2023). Pada masing-masing blok dibuat petak untuk menentukan titik sampling untuk

pengukuran salinitas, suhu, dan pengambilan sampel susbtrat (Gambar 3).



Gambar 2. Sketsa titik pengambilan sampel substrat, salinitas, dan suhu dengan Sistem Diagonal

Pengukuran persen tumbuh dan kadungan klorofil daun

Pengukuran persen tumbuh dan kandungan klorofil daun dilakukan secara sensus. Berdasarkan informasi pada Peraturan Kepala Badan Restorasi Gambut dan Mangrove Nomor: P.2/KaBRGM/2023 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Restorasi Gambut dan Mangrove Nomor: P.4/KaBRGM/2022 mengenai Petunjuk Teknis Percepatan Rehabilitasi Mangrove Lingkup Badan Restorasi Gambut dan Mangrove, kegiatan penilaian rehabilitasi mangrove dapat dilakukan minimal 2 bulan setelah penanaman. Tanaman pada lokasi penelitian berumur tanam 4 bulan. Persen tumbuh dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Persen tumbuh}(\%) = \frac{\text{Jumlah tanaman hidup}}{\text{Total tanaman yang ditanam}} \times 100\%$$

Selanjutnya, untuk kandungan klorofil pada daun tanaman mangrove ditentukan menggunakan

Soil Plant Analysis Development (SPAD). Tata cara pengukuran kadar klorofil tanaman mengacu pada Hanafiyanto dan Wahono (2021). Sampel daun dipilih dari setiap tanaman pada posisi duduk daun ke 4 sampai ke 5 dari ujung daun. Pemilihan tersebut didasarkan atas pertimbangan daun seragam tidak terlalu muda (pembentukan klorofil yang belum sempurna) dan tua (telah mengalami klorosis atau nekrosis) (Allifah dkk., 2022).

Analisis Data

Analisis Kriteria Kesesuaian Parameter Lingkungan

Proses analisis diawali dengan pemberian skor pada masing-masing faktor atau parameter lingkungan. Masing-masing faktor memiliki batas nilai dengan skor tertinggi 3. Acuan pemberian skor untuk faktor lingkungan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Acuan pemberian skor pada masing-masing faktor lingkungan

Parameter	Batas Nilai	Skor	Kriteria
Substrat ¹⁾	Lanau atau Lempung	3	Sesuai
	Pasir	2	Cukup Sesuai
	Kerikil	1	Tidak sesuai
Salinitas ²⁾	>1,75-35 ‰	3	Sesuai
	<1,75-1 ‰	2	Cukup Sesuai
	0 ‰	1	Tidak sesuai
Suhu ²⁾	10-30 °C	3	Sesuai
	31-40 °C	2	Cukup Sesuai
	>40 °C	1	Tidak sesuai
Gelombang ³⁾	<1 m	3	Sesuai
	>1-2 m	2	Cukup Sesuai
	>2 m	1	Tidak sesuai
Arus ³⁾	<0,5 m/detik	3	Sesuai
	>0,5-0,7 m/detik	2	Cukup Sesuai
	>0,7 m/detik	1	Tidak sesuai
Pasang Surut ³⁾	Semi Diurnal	3	Sesuai
	Campuran	2	Cukup Sesuai
	Diurnal	1	Tidak sesuai

Sumber: ¹⁾ Barkey (1990), ²⁾ Kusmana (1995), ³⁾ Suriamihardja dkk. (1998)

Analisis Kesesuaian Lahan

Setelah skor masing-masing parameter diperoleh maka dilanjutkan dengan penentuan bobot pada setiap parameter lingkungan. Penentuan bobot parameter lingkungan pada Tabel 2 diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut (Utojo *dkk.*, 2004) :

$$w_j = \left[\frac{n-rj+1}{\sum(n-rp+1)} \right]$$

Tabel 2. Bobot parameter kesesuaian lahan

No.	Parameter	Skor	Kriteria	Bobot	Nilai Maks.
1	Substrat ¹	3	Sesuai	0,28	0,84
		2	Cukup Sesuai		
		1	Tidak Sesuai		
2	Salinitas Air ²	3	Sesuai	0,23	0,69
		2	Cukup Sesuai		
		1	Tidak Sesuai		
3	Suhu Air ²	3	Sesuai	0,19	0,57
		2	Cukup Sesuai		
		1	Tidak Sesuai		
4	Gelombang Laut ³	3	Sesuai	0,14	0,42
		2	Cukup Sesuai		
		1	Tidak Sesuai		
5	Arus Laut ³	3	Sesuai	0,09	0,27
		2	Cukup Sesuai		
		1	Tidak Sesuai		
6	Pasang Surut ³	3	Sesuai	0,04	0,12
		2	Cukup Sesuai		
		1	Tidak Sesuai		

Keterangan: ¹Barkey (1990), ²Kusuma (1995), ³Suriamihardja *dkk.* (1998)

Setelah bobot setiap parameter lingkungan diperoleh, selanjutnya penilaian kesesuaian lahan rehabilitasi mangrove dirumuskan melalui persamaan berikut (Utojo *dkk.*, 2004).

$$\text{Nilai kesesuaian} = \frac{\text{Total Skor Keseluruhan}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100\%$$

Nilai yang diperoleh dari persamaan diatas, kemudian dibandingkan dengan kategori kesesuaian lahan pada Tabel 3.

Keterangan:

wj = Bobot parameter

n = Jumlah parameter

rj = Posisi ranking

rp = Parameter (p = 1, 2, 3,...,n)

Hasil pembobotan setiap parameter kemudian dirangkum pada Tabel 2

Tabel 3. Nilai Kesesuaian Lahan

Interval Nilai Kesesuaian	Kategori	% Interval Kesesuaian
1	S1 (Sesuai)	78 – 100
2	S2 (Cukup Sesuai)	55 – 78
4	N (Tidak Sesuai)	<55

Sumber: Utojo dkk., (2004)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Lingkungan

Substrat

Pembentukan substrat pada dasarnya dipengaruhi pasang surut air laut. Proses pasang surut air laut membentuk gelombang dan kecepatan arus air yang membawa partikel pasir, debu, dan lempung terdorong menuju daratan (Paputungan dkk., 2025). Akar mangrove *R. mucronata* yang menjangkar dan rapat berperan penting dalam menahan substrat berupa pasir serta efektif dalam

mengikat partikel debu maupun lempung yang terbawa arus pasang surut air. Mekanisme ini mendukung terbentuknya sedimentasi substrat yang stabil bagi pertumbuhan mangrove (Muazzasari dkk., 2025). Secara umum, tekstur substrat berupa lempung merupakan jenis substrat yang paling cocok untuk pertumbuhan mangrove. Mahmud dkk, (2014) menjelaskan bahwa tekstur substrat didominasi lempung memiliki ukuran partikel kecil atau halus sehingga baik dalam mencengkeram akar sekaligus mengikat bahan organik atau nutrisi yang terlarut dalam air.

Tabel 4. Substrat area rehabilitasi di bantaran Muara Sungai Progo, Desa Banaran, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo

Fraksi (%)	Blok I	Blok II	Blok III
Pasir	67,9	29,9	37,9
Debu	22	46	46
Liat	10,1	24,1	16,1
Tekstur	Lempung berpasir	Lempung	Lempung

Substrat pada lokasi penelitian menunjukkan perbedaan komposisi fraksi dari Blok I menuju Blok III (Tabel 4). Blok I didominasi fraksi pasir, sedangkan Blok II dan Blok III didominasi fraksi debu dan liat yang membentuk tekstur lempung. Hasil ini menggambarkan lokasi penelitian memiliki sebaran substrat yang variatif dibandingkan dengan penelitian Setyowati dkk, 2025 pada sepanjang pesisir Bulakbaru, Jepara yang memiliki substrat cenderung lumpur atau lanau. Perbedaan tersebut terjadi akibat pengaruh letak geografis pesisir Bulakbaru yang menghadap ke Laut Jawa yang memiliki karakteristik perairan yang lebih tenang, sehingga sedimentasi didominasi oleh substrat halus. Dominasi pasir pada Blok I mencerminkan kondisi perairan berenergi tinggi, sehingga partikel ukuran besar lebih cepat mengendap. Hasil ini selaras dengan Arief (2003), ukuran partikel pasir yang

lebih besar dan berat dibanding partikel debu dan liat menyebabkan partikel ini lebih cepat berhenti dan mengendap, sehingga dominasi pasir pada blok I merupakan hal yang normal. Selanjutnya, pada Blok II dan Blok III yang dibatasi jembatan Pandansimo, menciptakan kondisi air tenang sehingga partikel halus seperti debu dan liat mengendap secara dominan pada area ini.

Kondisi lingkungan perairan

Kondisi lingkungan perairan merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan rehabilitasi mangrove di wilayah muara. Variasi fisik dan kimia perairan membentuk karakteristik habitat yang berbeda pada setiap blok penelitian sehingga berpengaruh terhadap kesesuaian lahan dan pertumbuhan mangrove. Hasil pengukuran parameter lingkungan perairan pada lokasi penelitian disajikan sebagai berikut.

Tabel 5. Interpretasi kondisi lingkungan perairan terhadap rehabilitasi mangrove di bantaran Muara Sungai Progo Kecamatan Galur Kabupaten Kulon Progo

Parameter	Kondisi umum di lokasi penelitian
Salinitas	26,96 – 33,83 ‰
Suhu	26,92 – 27,11 °C
Tinggi Gelombang	0,11 – 2,5 m
Kecepatan Arus	0,2 – 0,5 m/dt
Pasang Surut	F=0,352

Keterangan: F= Nilai *formzahl* tipe pasang surut

Kondisi lingkungan perairan di bantaran Muara Sungai Progo menunjukkan kombinasi faktor pendukung dan pembatas terhadap rehabilitasi mangrove (Tabel 5). Salinitas perairan yang berkisar antara 26,96-33,83‰, relatif lebih tinggi dibandingkan kisaran optimal pertumbuhan mangrove yaitu 10-30‰ (Adirawan *dkk.*, 2023). Kondisi tersebut berpotensi menekan proses pembentukan klorofil akibat terganggunya penyerapan unsur Mg dan Fe, sehingga proses fotosintesis terganggu (Apriliansa *dkk.*, 2021). Selain itu, tinggi gelombang maksimum yang mencapai 2,5 m di lokasi penelitian tergolong lebih besar dibandingkan dengan penelitian Setyowati *dkk.*, (2025) di sepanjang pesisir Bulakbaru, Jepara yang berkisar 0,07 – 0,39 m. Umumnya perairan estuari yang relatif terlindung, memiliki tinggi gelombang <1 m sehingga baik untuk mendukung stabilitas substrat mangrove (Tofiqurohman, 2014). Suhu perairan yang relatif stabil pada kisaran $\pm 27^{\circ}\text{C}$ di lokasi penelitian sesuai dengan suhu optimal pertumbuhan (20-40 °C) (Kalor *dkk.*, 2018). Kondisi ini mampu mendukung terjadinya konduktansi stomata dan laju asimilasi pada daun mangrove (Tuflaha *dkk.*, 2019). Lebih lanjut, kecepatan arus yang berkisar 0,2 - 0,5 m/dt ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Saru *dkk.*, 2018 di Kecamatan Bontoa Sulawesi Selatan yang berkisar 0,03 – 0,07 m/dt. Kecepatan arus optimal bagi pertumbuhan mangrove yaitu <0,5 m/dt, berpengaruh terhadap proses sedimentasi dalam membentuk substrat bagi tempat tumbuh mangrove (Suriamihardja *dkk.*, 1998).

Tipe pasang surut berdasarkan nilai F atau *Formzahl* diklasifikasikan menjadi 4 tipe, yaitu jika $0 < F \leq 0,25$ termasuk dalam kategori semi diurnal, lalu nilai $0,25 < F \leq 1,5$ tergolong dalam kategori campuran condong harian ganda, kemudian nilai $1,5 < F \leq 3$ termasuk dalam kategori campuran condong harian tunggal, dan nilai $F > 3$ termasuk dalam kategori diurnal (Supriyadi *dkk.*, 2018). Tipe pasang surut pada Muara Sungai Progo, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo diperoleh dari nilai

F sebesar 0,352 merupakan tipe campuran harian ganda yaitu dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Nilai *formzahl* ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Diana *dkk.*, 2025 pada pesisir Kulon Progo sebesar 0,43 yang tergolong dalam rentang campuran harian ganda. Sedangkan tipe pasang surut efektif yang mendukung pertumbuhan mangrove adalah tipe semi diurnal yang memiliki frekuensi dua kali pasang dan dua kali surut per hari dengan tinggi dan durasi yang sama. Karakteristik tersebut menciptakan kondisi hidrologis yang teratur, sehingga baik untuk pertumbuhan mangrove (Sepang *dkk.*, 2024). Namun, mengingat tinggi dan durasi pasang surut yang berbeda pada tipe campuran harian ganda, mempengaruhi pertumbuhan mangrove, artinya kondisi pasang surut dengan tinggi dan durasi yang tidak stabil dapat membentuk cekaman bagi tanaman mangrove.

Kesesuaian Lahan

Pelaksanaan penanaman mangrove membutuhkan standar yang dapat menggambarkan suatu daerah tersebut layak atau tidak untuk ditanami mangrove. Hal tersebut berkaitan dengan karakteristik pertumbuhan dan penyebaran tanaman mangrove. Kriteria parameter lingkungan (substrat, salinitas, suhu, kecepatan arus, tinggi gelombang, dan pasang surut) dijadikan sebagai acuan dalam penentuan kriteria kesesuaian lahan suatu daerah untuk ditanami mangrove. Hasil analisis kesesuaian lahan di ketiga blok penelitian menggambarkan parameter lingkungan yang variatif (Tabel 6).

Tabel 6. Parameter Lingkungan pada Blok I, Blok II, dan Blok III Bantaran Muara Sungai Progo Kecamatan Galur Kabupaten Kulon Progo

No.	Parameter lingkungan	Blok		
		I	II	III
1.	Substrat	Lempung berpasir	Lempung	Lempung
2.	Salinitas	33,83‰	27,6 ‰	26,96 ‰
3.	Suhu	27,11 °C	27,22 °C	26,92 °C
4.	Gelombang laut	2,5 m	0,11 m	0,13 m
5.	Arus laut	0,5 m/detik	0,2 m/detik	0,2 m/detik
6.	Pasang Surut	Campuran harian ganda	Campuran harian ganda	Campuran harian ganda

Tabel 7. Nilai kesesuaian lahan pada Blok I, Blok II, dan Blok III Bantaran Muara Sungai Progo Kecamatan Galur Kabupaten Kulon Progo

No	Parameter Lingkungan	Bobot	Blok					
			I		II		III	
			Skor	Nilai	Skor	Nilai	Skor	Nilai
1	Substrat	0,28	2	0,56	3	0,84	3	0,84
2	Salinitas	0,23	3	0,69	3	0,69	3	0,69
3	Suhu	0,19	3	0,57	3	0,57	3	0,57
4	Gelombang laut	0,14	1	0,14	3	0,42	3	0,42
5	Arus laut	0,09	2	0,18	3	0,27	3	0,27
6	Pasang Surut	0,04	2	0,08	2	0,08	2	0,08
Total			2,22		2,87		2,87	
Nilai Kesesuaian Lahan (%)			74%		96%		96%	
Kelas			S2 (Cukup sesuai)		S1 (Sangat sesuai)		S1 (Sangat sesuai)	

Hasil analisis kesesuaian lahan menunjukkan perbedaan yang jelas antar blok penelitian. Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh interaksi faktor geografis dan antropogenik (pembangunan Jembatan Pandansimo). Faktor pembatas utama yang mempengaruhi nilai kesesuaian lahan pada Blok I adalah tinggi gelombang laut (Tabel 6 dan 7). Blok I berbatasan langsung dengan laut menciptakan gelombang laut tinggi yang memicu abrasi sehingga menyebabkan kerusakan mangrove. Gelombang laut yang tinggi juga memperkuat arus laut sehingga mengganggu pembentukan sedimen substrat. Secara biofisik, pemilihan jenis spesies yang lebih adaptif terhadap kondisi Blok I perlu dipertimbangkan. Hal tersebut juga diperkuat oleh faktor salinitas Blok I yang paling tinggi dibandingkan blok lainnya, mencerminkan lingkungan yang cocok bagi mangrove *Avicennia* sp. atau *Sonneratia* sp. melalui sistem perakaran kuat dengan tipe akar napas dan bentuk adaptasinya yang memiliki kelenjar garam (Rahim dan Baderan,

2017). Sementara, Blok II dan Blok III terletak setelah jembatan, sehingga menyebabkan gelombang dan arus laut mencapai nilai toleransi pertumbuhan mangrove. Kondisi tersebut menciptakan arus air tenang sehingga sangat mendukung dominasi sedimentasi berupa lempung yang ideal bagi perakaran mangrove. Hasil ini sejalan dengan penelitian Listi dkk, (2022) di Desa Jatikotal, Purworejo yang menjelaskan bahwa kesesuaian lahan yang rendah di area dekat dengan laut terjadi akibat pengaruh arus dan salinitas tinggi. Sedangkan pada area yang menjauhi laut memiliki salinitas rendah dan arus stabil bagi pertumbuhan mangrove. Dengan demikian Blok II dan Blok III dapat di prioritaskan sebagai area rehabilitasi yang memiliki peluang keberhasilan lebih besar. Faktor lingkungan pembatas pada Blok II dan Blok III adalah pasang surut dengan tipe campuran harian ganda (Tabel 6 dan 7). Meskipun bukan menjadi faktor pembatas kritis, tipe pasang surut tersebut kurang optimal bagi pertumbuhan mangrove.

Evaluasi Pertumbuhan Tanaman

Persen Tumbuh

Evaluasi pertumbuhan tanaman dirujuk untuk mengetahui keberhasilan kegiatan rehabilitasi yang telah dilakukan pada setiap area rehabilitasi melalui perbandingan jumlah tanaman hidup dengan jumlah

tanaman total pada awal penanaman. Jumlah tanaman yang digunakan pada awal penanaman adalah 500 bibit pada masing-masing blok penelitian. Hasil analisis persen tumbuh menunjukkan variasi nilai antar blok penelitian (Tabel 8).

Tabel 8. Persen Tumbuh Tanaman

Blok Penelitian	Jumlah Tanaman Awal (Tahun 2025) *	Tanaman Hidup	Persen Tumbuh (%)
Blok I	500	73	14,6
Blok II	500	88	17,6
Blok III	500	96	19,2

Sumber: Catatan pengelola

Persen tumbuh tanaman pada ketiga blok penelitian yaitu 14,6 % (Blok I), 17,6 % (Blok II), dan 19,2 % (Blok III) menunjukkan hasil yang rendah, sehingga mengindikasikan tingkat keberhasilan rehabilitasi mangrove rendah (Tabel 8). Hasil ini mengacu pendapat Kusmana *dkk.*, (2008) menjelaskan bahwa rehabilitasi mangrove dapat dinyatakan berhasil ketika memiliki angka persen tumbuh di atas 80%. Hal tersebut dipertegas dalam Peraturan Kepala Badan Restorasi Gambut dan Mangrove No. P.2/KaBRGM/2023 tentang Petunjuk Teknis Percepatan Rehabilitasi Mangrove Lingkup Badan Restorasi Gambut dan Mangrove, keberhasilan rehabilitasi mangrove ditentukan paling sedikit 75%. Temuan ini menggambarkan hasil persen tumbuh sangat rendah dibandingkan dengan penelitian Alwidakdo *dkk.*, (2014) di Desa Tanjung Muara Badak sebesar 46%. Rendahnya persen tumbuh pada Blok I diduga karena Blok I merupakan daerah yang berhadapan langsung dengan samudera, sehingga parameter tinggi gelombang menjadi faktor pembatas yang paling dominan. Sedangkan pada Blok II dan Blok III, rendahnya persen tumbuh diduga disebabkan oleh faktor antropogenik yaitu pembangunan Jembatan Pandansimo. Proses pembangunan jembatan yang sempat menutup aliran air laut menuju muara sungai mengakibatkan bibit mangrove pada Blok II dan Blok III tergenang air dalam rentang waktu yang cukup lama, sejak awal penanaman yaitu 4 bulan.

Kondisi air tergenang mempengaruhi sistem fisiologi mangrove dalam memperoleh oksigen.

Tabel 9. Kandungan Klorofil *R. mucronata* di bantaran Muara Sungai Progo

Blok Penelitian	Salinitas (‰)	Kandungan Klorofil (SPAD)
Blok I	33,8	41,69
Blok II	27,6	47,02
Blok III	26,96	54,86

Akar mangrove mengalami hipoksia atau kekurangan oksigen yang berakibat pada terhambatnya respirasi di akar hingga pengguguran akar mangrove (*root shedding*) yang memicu kegagalan penanaman (Ismail *dkk.*, 2024). Dampaknya, tanaman dengan kondisi seperti ini layu dan gagal tumbuh (Lang *dkk.*, 2014). *R. mucronata* memiliki bentuk adaptasi berupa *salt accumulation*, yaitu adaptasi terhadap kondisi air asin bagi jenis mangrove yang tidak memiliki kelenjar garam. Adaptasi ini bekerja dengan menyerap air dan mengakumulasikannya ke seluruh bagian tanaman. Namun, nilai akumulasi berlebih (melewati batas toleransi) dapat menyebabkan kerusakan bagian tanaman hingga kematian tanaman (Rahim dan Baderan, 2017). Karakteristik tersebut didukung dengan kondisi salinitas tinggi menyebabkan terganggunya fotosintesis, sehingga persen tumbuh rendah.

Kandungan Klorofil Tanaman

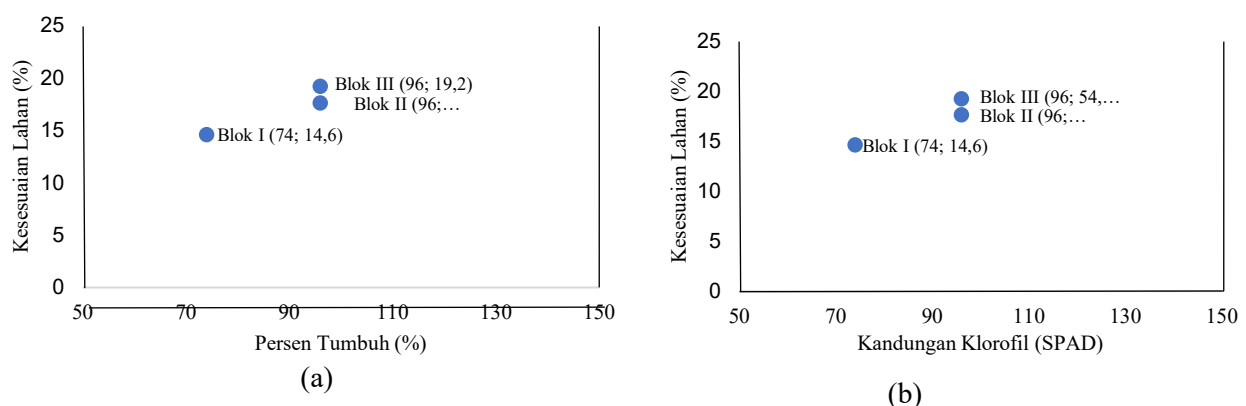
Keberhasilan rehabilitasi ditentukan oleh kualitas pertumbuhan yang mencerminkan adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan setempat. Kandungan klorofil menunjukkan kapasitas fotosintesis tanaman terhadap kondisi lingkungan. Nilai klorofil yang tinggi umumnya menunjukkan tanaman dalam kondisi optimal, sedangkan nilai klorofil yang rendah dapat mengindikasikan stres lingkungan (Hastuti *dkk.*, 2024), sebagaimana hasil pengukuran berikut:

Tabel 9 menyajikan kandungan klorofil *R. mucronata* di bantaran Muara Sungai Progo semakin jauh dari laut, kandungan klorofil meningkat, hal ini berkaitan dengan salinitas. Sebanding pada penelitian Hastuti dkk, (2025), kandungan klorofil *R. stylosa* mengalami penurunan seiring perlakuan salinitas yang meningkat. Pembentukan klorofil dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, namun pada kondisi habitat mangrove, pembentukan ini dibatasi oleh salinitas air sehingga minim unsur hara (Sulasteri dkk., 2022). Posisi blok penelitian yang semakin jauh dari laut menunjukkan salinitas yang rendah, sehingga kandungan klorofil tanaman semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena kondisi salinitas rendah menunjukkan peningkatan laju transportasi air dan mineral sehingga kestabilan osmotik tetap terjaga dan proses fotosintesis berjalan dengan optimal (Hastuti dkk., 2024). Lebih lanjut, Apriliana dkk, (2021) juga menjelaskan bahwa pada konsentrasi NaCl yang rendah meningkatkan kemampuan akar mangrove menyerap mineral besi (Fe) dan magnesium (Mg) yang berperan dalam

pembentukan klorofil. Sementara salinitas tinggi mengurangi jumlah suplai air dan konsentrasi unsur hara. Akibatnya fungsi klorofil dalam memproduksi energi bagi tanaman untuk tumbuh menjadi terhambat (Mavally dkk., 2025). Berdasarkan Tabel 8 dan 9 di atas, meskipun persen tumbuh tanaman dari ketiga lokasi cukup rendah, tanaman yang mampu bertahan merupakan individu yang telah beradaptasi sehingga kandungan klorofilnya tetap tinggi.

Hubungan Nilai Kesesuaian Lahan dengan Evaluasi Pertumbuhan Tanaman

Untuk mengetahui pengaruh tingkat kesesuaian lahan terhadap performa pertumbuhan mangrove, dilakukan analisis hubungan antara nilai kesesuaian lahan dengan persen tumbuh serta kandungan klorofil tanaman. Penyajian dalam bentuk diagram pencar digunakan untuk mengidentifikasi pola keterikatan antarvariabel pada masing-masing blok penelitian. Hasil analisis disajikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram pencar hubungan nilai kesesuaian lahan rehabilitasi mangrove dengan (a) persen tumbuh mangrove dan (b) kandungan klorofil tanaman di Muara Sungai Progo, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo

Secara keseluruhan, hasil nilai kesesuaian lahan dengan evaluasi pertumbuhan tanaman cenderung mengalami peningkatan seiring menuju Blok III (Gambar 3). Hal tersebut juga dapat dilihat dari indikator fisiologis berupa kandungan klorofil yang lebih tinggi di lokasi dengan salinitas yang lebih rendah, yaitu daerah yang lebih dekat dengan sungai Blok II dan Blok III. Hasil ini selaras dengan penelitian Fauzi dkk., 2022 di muara sungai kawasan PLTU Banten 3 Lontar, bahwa kesesuaian lahan meningkat pada area yang berada dekat dengan sungai karena salinitas yang lebih optimal dan memiliki pasang surut yang stabil. Oleh sebab itu, Blok II dan Blok III yang terletak pada area yang dekat dengan sungai, mencerminkan zona optimal bagi

pertumbuhan mangrove, sehingga memiliki tingkat kesesuaian lahan yang tinggi dibandingkan Blok I.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, parameter lingkungan yang mendukung kesesuaian lahan untuk pertumbuhan mangrove Blok I adalah salinitas air (33,83 ‰) dan suhu air (27,11 °C), sedangkan pada Blok II dan Blok III adalah substrat (lempung), salinitas air (26,96 - 27,6 ‰), suhu air (26,92 - 27,22 °C), gelombang laut (0,11 - 0,13 m), dan arus laut (0,2 m/dt). Faktor lingkungan yang menjadi pembatas utama kesesuaian lahan dari ketiga blok penelitian ditunjukkan pada Blok I meliputi substrat

(lempung berpasir), gelombang laut (2,5 m), dan arus laut (0,5 m/dt). Sementara, parameter pasang surut menunjukkan hasil sama yaitu kategori cukup sesuai (campuran harian ganda) di seluruh lokasi penelitian. Hasil tersebut menunjukkan tingkat kesesuaian lahan rehabilitasi mangrove meningkat seiring menuju Blok III dengan Blok I sebesar 76% atau cukup sesuai, sedangkan Blok II dan Blok III sebesar 96% atau sangat sesuai. Nilai persen tumbuh mangrove yang rendah dari ketiga blok penelitian, yaitu 14,6%, 17,6 %, dan 19,2%, menunjukkan kegiatan rehabilitasi di bantaran Muara Sungai Progo, Desa Banaran, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo dikategorikan tidak berhasil. Oleh karena itu keberhasilan rehabilitasi tidak hanya dipengaruhi oleh kesesuaian faktor lingkungan tetapi juga dipengaruhi oleh intervensi faktor antropogenik (jembatan Pandansimo). Namun, temuan jumlah kandungan klorofil tanaman meningkat pada Blok I, Blok II, dan Blok III yaitu 41,69, 47,02, dan 54,86 SPAD, dapat menggambarkan kesesuaian lahan mengalami peningkatan seiring menuju Blok III.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Surono selaku penanggung jawab dan pengelola konservasi mangrove di bantaran Muara Sungai Progo, Desa Galur, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo, atas izin dan dukungan dalam memberikan bantuan, informasi, dan pendampingan selama penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adirawan, M., Hamdani., & Syahdan, M. (2023). Analisis Kesesuaian Lahan Rehabilitasi Mangrove di Pulau Kaget Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Kelautan*, 6(2), 1-10.
- Allifah, A. N., Natsir, N. A., Mulyawati, N. Y., & Surati. (2022). Kadar Klorofil Daun Mangrove di Kawasan Pelabuhan Hurnala Maluku Tengah. *Journal of Tropical Biology*, 6(1), 20-28.
<https://doi.org/10.29080/biotropic.2022.1.1.29%20-%2037>.
- Alwidakdo, A., Azham, Z., & Kamarubayana, L. (2014). Studi Pertumbuhan Mangrove pada Kegiatan Rehabilitasi Hutan Mangrove di Desa Tanjung Limau Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Agrifor*, 13(1), 11-18.
- <https://doi.org/10.31293/af.v13i1.543>.
- Aprilliana, T. B., Izzati, M., Darmanti, S., & Hastuti, E. D. (2021). Kandungan Pigmen Fotosintetik dan Total Fenol Daun Mangrove Api-Api [*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh] pada Tambak dan Pantai Mangunharjo Semarang. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 6(2), 175-182.
<https://doi.org/10.14710/baf.6.2.2021.175-182>.
- Arief, A. (2003). *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Arifanti, V., Kauffman, J.B., Hadriyanto, D., Murdiyarso, D., & Diana, R. (2019). Carbon Dynamics and Land Use Carbon Footprints in Mangrove-Covered Aquaculture: The Case of The Mahakam Delta, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 432, 17-29.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.047>.
- Badan Restorasi Gambut dan Mangrove. (2023). Peraturan Kepala Badan Restorasi Gambut dan Mangrove Nomor P.2/KaBRGM/2023 tentang Perubahan atas Peraturan Kepala Badan Restorasi Gambut dan Mangrove Nomor P.4/KaBRGM/2022 tentang Petunjuk Teknis Percepatan Rehabilitasi Mangrove Lingkup Badan Restorasi Gambut dan Mangrove.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. (2023). *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Barkey, R. (1990). *Mangrove Sulawesi Selatan (Struktur, Fungsi, dan Laju Degradasi), Prosiding Seminar Keterpaduan antara Konservasi dan Tata Guna Lahan Basah di Sulawesi Selatan*. Makassar: LIPI-Pemda Sulawesi Selatan.
- Budiadi., Nurjanto, H. H., Hardiwiyo, S., & Primananda, E. (2016). Strategi Pemilihan Jenis Tanaman untuk Mendukung Rehabilitasi Pesisir berdasarkan Karakteristik Fisik Makro di Muara Sungai Progo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(3), 349-359.
<https://doi.org/10.22146/jml.18809>.
- Cahyono, H., Wulan, R. T., Musrifah., & Maulana. (2017). Analisis Perubahan Garis Pantai dengan menggunakan Data Citra Landsat di Pesisir Kabupaten Kulonprogo. *Parangtritis Geomarine Science Park*, 1-12. Retrieved from
<https://www.researchgate.net/publication/324219479>.
- Diana, V. F., Prasetyawan, I. B., & Wijaya, Y. J. (2025). Analisis Perubahan Garis Pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) di Pesisir Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Indonesian Journal of Oceanografi*, 7(2), 128-139.

- Ersan, A., Rahmawati, A., & Amrina, D. H. (2022). Analisis Sosial Ekonomi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Taman Lindung Hutan Mangrove di Desa Sidodadi Kecamatan Teluk Pandaan Kabupaten Pesawaran Lampung. *Entrepreneurship Bisnis Management Akuntansi*, 3(2), 102-112. <https://doi.org/10.37631/ebisma.v3i2.535>.
- Fauzi, A., Yulianda, F., Yulianto, G., Sulistiono., & Purnama, F. A. (2022). Strategi Rehabilitasi Ekosistem Mangrove berdasarkan Analisis Kesesuaian Habitat di Kawasan PLTU Banten 3, Lontar. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 13-24. <https://doi.org/10.24319/jtpk.13.13-24>.
- Fikri, M. R. A., Sam'un, M., Lestari, Z. A., Rahmawati, T. D., & Triadi. (2023). Pemanfaatan Hutan Mangrove sebagai Sumber Pendapatan Alternatif bagi Masyarakat Pesisir di Desa Sukakarta Karawang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 6-10. <https://doi.org/10.31970/abditani.v6i1.182>.
- Hanafiyanto, F., & Wahono. (2021). Perbandingan Akurasi Pengukuran Klorofil dan Kadar Nitrogen antara SPAD dengan NDVI pada Tanaman Janung (*Zea mays*). *Jurnal Agro Indragiri*, 8(2), 11-21. <https://doi.org/10.32520/jai.v4i1>.
- Hastuti, E. D., Niti, M. N., & Prihastanti, E. (2024). Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil Mangrove *Rhizophora Stylosa* Griff pada Salinitas yang berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 9(2), 193-198. <https://doi.org/10.14710/baf.9.2.2024.193-198>.
- Haya, N., Zamani, N. P., & Soedharma, D. (2015). Analisis Struktur Ekosistem Mangrove di Desa Kukupang, Kecamatan Kepulauan Joronga. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 6(1), 79-89. <https://doi.org/10.24319/jtpk.6.79-89>.
- Ismail, T., Sudewo R, A., Insaniah M, C., & Givani S, D. (2024). Efektifitas Inovasi Waver Mangrove (Water Level Control) pada Area Konservasi Mangrove PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek. *Jurnal Administrasi Negara*, 16(1), 110-16.
- Jati, I. W., & Pribadi, R. (2017). Penanaman Mangrove tersistem sebagai Solusi Penambahan Luas Tutupan Lahan Hutan Mangrove Baros di Pesisir Pantai Selatan, Kabupaten Bantul. In *Proceeding Biology Education Conference*, 14(1), 148-153.
- Kalor, J. D., & Paiki, K. (2021). Dampak Kerusakan Ekosistem Mangrove terhadap Keanekaragaman dan Populasi Perikanan di Teluk Youtefa Kota Jayapura Provinsi Papua. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 38(1), 39-46. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2021.38.1.1349>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2023). *Manual Pemulihan Ekosistem Mangrove*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kusmana, C. (1995). *Managemen Hutan Mangrove Indonesia*. Bogor: IPB Press.
- Kusmana, C., Istomo, & Wibowo, C. (2008). *Manual Silvikultur Mangrove di Indonesia*. Jakarta: Korea Internasional Cooperation Agency.
- Lang, I., Sassmann, S., Schmidt, B., & Komis, G. (2014). Plasmolysis: Loss of Turgor and Beyond. *Plants (Basel)*, 3(4): 583-593.
- Listi., Prasetya, J. D., Wicaksono, A. P., Irawan, A. B., & Gomareuzzaman, M. (2024). Analisis Kesesuaian Lahan Mangrove di Desa Jatikotal dan Gedangan Kecamatan Purwodadi Kabupaten Purworejo. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 199-207.
- Ma'ruf, M. S., Arthana, I. W., & Ernawati, N. M. (2022). Komposisi Jenis dan Kondisi Mangrove di Teluk Gilimanuk, Taman Nasional Bali Barat. *Ecotrophic*, 16(2), 165-173. <https://doi.org/10.24843/EJES.2022.v16.i02.p0>.
- Mahmud., Wardah., & Toknok, B. (2014). Sifat Fisik Tanah di bawah Tegakan Mangrove di Desa Tumpapa Kecamatan Balinggi Kabupaten Parigi Moutong. *Warta Rimba*, 2(1), 129-135.
- Mavally, S. M., Pullaikodi, S., Paledath, S., Thekkayil, A., dan Thazhath, C. K. (2025). Adaptive Leaf Structure and Anatomy in *Rhizophora mucronate* Lam: The Effects of Salinity and Pollution on Foliar Characteristics. *Current World Environment*, 20(1).
- Muazzasari, F., Japa, L., & Suyantri, E. (2025). Sediment Organic Stock at the Muara Gembong Mangrove Area of Bekasi, West Java. *Jurnal Biologi Tropis*. 25(1), 725-732.
- Paputungan, H., Mamoto, J. D., & Jasin, M. I. (2025). Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Kampung Ambong. *Tekno*, 23(92), 1333-1342.
- Rahim, S., & Baderan, K. W. D. (2017). *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Deepublish.
- Saru, A., Fitrah, N. M., & Faizal, A. (2018). Analisis

- Kesesuaian Lahan Rehabilitasi Mangrove di Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. *Torani: Journal of Fisheries and Marine Science*, 1(1), 1-14. <https://doi.org/10.35911/torani.v1i1.3792>.
- Sepang, I. S., Mamoto, J. D., & Thambas, A. H. (2024). Analisis Pasang Surut di Kawasan Pantai Budo Desa Budo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *Tekno*, 22(88), 1471-1478.
- Setyowati, D., Mustofa, A., & Kursistiyanto. (2025). Analisis Kesesuaian Lahan untuk Rehabilitasi Mangrove di Pesisir Bulakbaru, Kedung, Jepara. *Acta Aquatic*, 12(01), 113-118.
- Sulasteri., Apriadi, T., & Melani, W. R. (2022). Tingkat Kesuburan Perairan Desa Mantan Baru, Kecamatan Mantang, Kabupaten Bintan. *Jurnal Kelautan*, 15(2), 100-105. <http://doi.org/10.21107/jk.v15i2.11389>.
- Supriyadi, E., Siswanto., & Pranowo, W. S. (2018). Analisis Pasang Surut di Perairan Pameungpeuk, Belitung, dan Sarmi berdasarkan Metode Admiralty. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 19(1), 29-38.
- Suriamihardja, D.A., Sakka., & Massinai. (1998). *Studi of Siwa Oceanographic Condition*. Makassar: Hasanuddin University.
- Taofiqurohman, A. (2014). Pemodelan Tinggi Gelombang akibat keberadaan Hutan Mangrove di Desa Mayangan, Kabupaten Subang. *Jurnal Akuatika*, 5(1), 1-7.
- Tufliha, A. R., Putra, D. M., Amara, D. M., Santika, R. M., Oktavian, S. M., & Kelana, P.P. (2019). Kondisi Ekosistem Mangrove di Kawasan Ekowisata Karangsong Kabupaten Indramayu. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(1), 11-16.
- Umam, K., Kusnarta, M.G.I., dan Fahrudin. (2023). Analisis Nisbah Dispersi dan Stsabilitas Agregat Tanah pada Penggunaan Lahan Sistem Agroforestri di Lahan Miring. *Journal of Soil Quality and Management*, 2(2), 27-35. <https://doi.org/10.29303/jsqm.v2i2.19>.
- Utojo., Mansyur, A., Pirzan, A. M., Tarunamulia., & Pantjara, B. (2004). Identifikasi Kelayakan Lokasi Lahan Budidaya Rumput Laut di Perairan Teluk Saleh, Kabupaten Dompu Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 10(5), 1-18. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.10.5.2004.1-8>.
- Wowor, B. M., Ngantung, C. M., & Worung, P. F. (2024). Perlindungan Hukum terhadap Hutan Mangrove di Indonesia dalam Perspektif Hukum Lingkungan. *Lex Administratum*, 12(05).