

**INDEKS KESEHATAN MANGROVE DI PULAU PAHAWANG,
KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

SKRIPSI

Oleh

**AYU FITRI RAMADHANI
NPM 2114221031**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**INDEKS KESEHATAN MANGROVE DI PULAU PAHAWANG,
KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

AYU FITRI RAMADHANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025**

ABSTRAK

INDEKS KESEHATAN MANGROVE DI PULAU PAHAWANG, KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Oleh

AYU FITRI RAMADHANI

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir khas yang tumbuh pada zona pasang surut. Mangrove memiliki fungsi ekologi yaitu sebagai tempat perlindungan biota laut, sebagai penyerap CO² di udara dan pencegah abrasi dan erosi. Kegiatan wisata di Pulau Pahawang akan meningkatkan pembangun infrastruktur untuk menunjang kenyamanan para wisatawan, dimana mangrove menjadi salah satu ekosistem yang terkena dampak negatif dari aktivitas pariwisata yang tidak terkendali. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan luasan dan kerapatan mangrove serta menganalisis *Mangrove Health Index* (MHI) Pulau Pahawang. Penentuan plot dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu melakukan pengambilan data pada area yang ditemukannya mangrove, dengan pengukuran vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon mangrove, DBH, kanopi, dan substrat. Parameter kualitas perairan pada penelitian meliputi salinitas, suhu, DO dan pH. Analisis data pengukuran di lapangan dilakukan menggunakan MHI (*Mangrove Health Index*) dan PCA (*Principal Component Analysis*). Hasil rerata MHI menunjukkan bahwa kelima stasiun masuk dalam kategori sehat dengan persentase 66,91%. Stasiun 1 memiliki nilai MHI 74,39% dengan kategori sehat, stasiun 2 memiliki nilai MHI 63,16% dengan kategori sedang, stasiun 3 memiliki nilai MHI 62,49% dengan kategori sedang, stasiun 4 memiliki nilai MHI 64,38% dengan kategori sedang, stasiun 5 memiliki nilai MHI 72,46% dengan kategori sehat. Analisis PCA menunjukkan tinggi pohon mangrove berkorelasi negatif terhadap parameter DO, suhu, pH dan salinitas. DBH memiliki pola searah terhadap DO, yang menunjukkan hubungan positif. Kanopi mangrove menunjukkan hubungan yang paling kuat terhadap kualitas air, terutama terhadap parameter DO.

Kata Kunci: Mangrove, MHI, PCA, Pulau Pahawang

ABSTRACT

MANGROVE HEALTH INDEX ON PAHAWANG ISLAND, PESAWARAN REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

By

AYU FITRI RAMADHANI

The mangrove ecosystem is a coastal ecosystem that grows in the tidal zone. Mangroves have important ecological functions, such as serving as a habitat for marine biota, acting as a carbon dioxide (CO₂) absorber, and protecting coastal areas from abrasion and erosion. Tourism activities on Pahawang Island tend to increase infrastructure development to support tourist comfort, which can negatively impact mangrove ecosystems if not properly managed. This study aims to determine the area and density of mangroves and to analyze the Mangrove Health Index (MHI) on Pahawang Island. Plot determination was conducted using a purposive sampling method, focusing on areas where mangroves were present. Data collection included measurements of mangrove vegetation, such as tree height, diameter at breast height (DBH), canopy cover, and substrate type. Water quality parameters measured in this study included salinity, temperature, dissolved oxygen (DO), and pH. Data analysis was carried out using the Mangrove Health Index (MHI) and Principal Component Analysis (PCA). The average MHI results indicate that all five stations are generally classified as healthy, with a mean value of 66.91%. Station 1 has an MHI value of 74.39% (healthy category), station 2 has 63.16% (moderate category), station 3 has 62.49% (moderate category), station 4 has 64.38% (moderate category), and station 5 has 72.46% (healthy category). PCA analysis shows that mangrove tree height is negatively correlated with DO, temperature, pH, and salinity. DBH shows a positive correlation with DO. Mangrove canopy exhibits the strongest relationship with water quality parameters, particularly with DO.

Keywords: Mangrove, MHI, PCA, Pahawang Island

Judul skripsi : INDEKS KESEHATAN MANGROVE DI
PULANG PAHAWANG, KABUPATEN
PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG

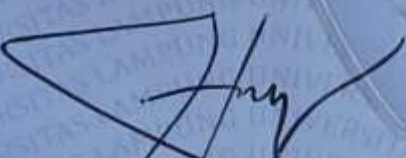
Nama Mahasiswa : Ayu Fitri Ramadhani


Nomor Pokok Mahasiswa : 2114221031

Program Studi : Ilmu Kelautan

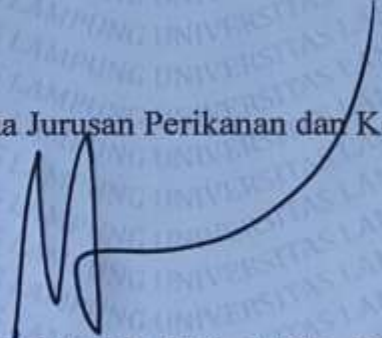
Fakultas : Pertanian




Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.
NIP. 197505152002121007


Almira Fardani Lahay, S.Pi., M.Si.
NIP. 199110232022032010

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

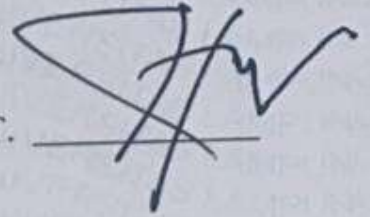

Muhti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

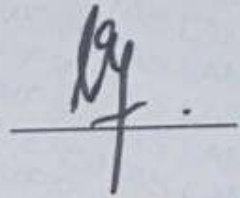
Ketua

: Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.

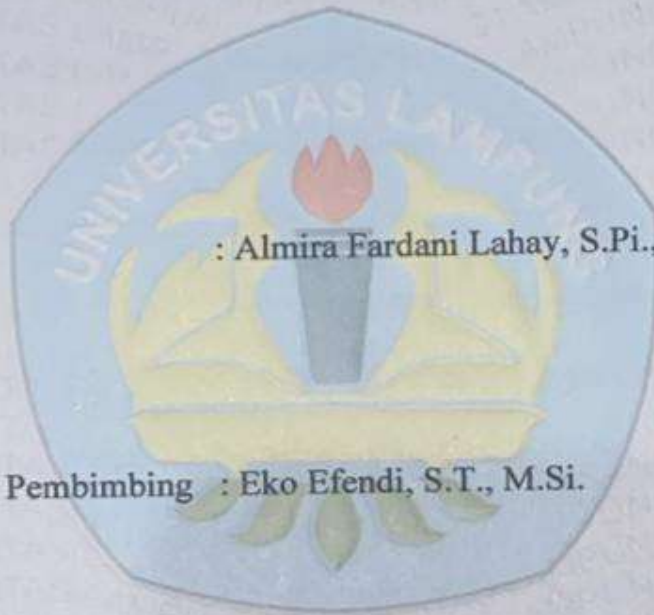
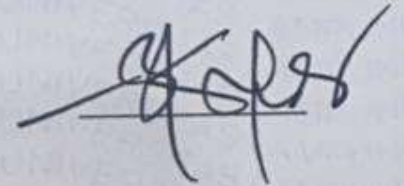


Sekretaris

: Almira Fardani Lahay, S.Pi., M.Si.



Penguji Bukan Pembimbing : Eko Efendi, S.T., M.Si.

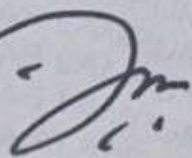


2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIR 19641181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi: 21 Oktober 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul **“Indeks Kesehatan Mangrove di Pulau Pahawang Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung”** tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 24 April 2026

Yang membuat pernyataan



Ayu Fitri Kamadhani
NPM. 2114221031

RIWAYAT HIDUP

Ayu Fitri Ramadhani lahir di Panaragan, Tulang Bawang Barat pada 30 Oktober 2003. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, dari Bapak Syafrillah dan Ibu Nurhidayah. Penulis memulai pendidikan di TK Swadek Tulang Bawang Barat, melanjutkan pendidikan dasar di SDN 2 Tulang Bawang Tengah (2009 - 2015), pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Tulang Bawang Tengah (2015 - 2018), dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Tulang Bawang Tengah (2018 - 2021). Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) pada tahun 2021 di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Semasa menjadi mahasiswa, penulis pernah bergabung dalam Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) Universitas Lampung sebagai anggota bidang pengkaderan Tahun 2023. Penulis juga mengikuti kegiatan magang mandiri di Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Botani Laut periode 2024/2025. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wira Bangun, Kecamatan Simpang Pematang, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung pada tahun 2024.

Untuk Mak Nurhidayah, Ayah Syafrillah, Acik Winda, Adik Ilham, dan Deliza terima kasih telah menjadi tempat pulang, sumber semangat, dan alasan penulis untuk terus berjuang.

SANWACANA

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Indeks Kesehatan Mangrove di Pulau Pahawang, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung" dengan baik sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan penguji skripsi;
4. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing skripsi;
5. Almira Fardani Lahay, S.Pi., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi;
6. Tim Penelitian Merdeka Belajar Kampus Merdeka DIPA BLU Universitas Lampung tahun 2024
7. Kedua orang tua, Ibu Nurhidayah dan Bapak Syafrillah serta keluarga besar.

Bandar Lampung, 2026

Ayu Fitri Ramadhani

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	3
1.4 Kerangka Pikir.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pulau Pahawang	5
2.2 Mangrove.....	5
2.2.1 Morfologi Mangrove.....	6
2.2.2 Ancaman dan Dampak Kerusakan Mangrove	7
2.3 Citra Satelit.....	7
2.4 Kualitas Perairan	8
2.5 MHI (<i>Mangrove Health Index</i>)	9
2.6 PCA (<i>Principal Component Analysis</i>)	10
III. METODOLOGI	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Bahan dan Alat	11
3.2.1 Bahan	11
3.2.2 Alat.....	12
3.3 Prosedur Penelitian.....	12
3.3.1 Penentuan Titik Stasiun	13
3.3.2 Prosedur Penelitian Pengambilan Data Primer	13

3.3.3	Prosedur Penelitian Pengambilan Data Sekunder.....	18
3.4	Analisis Data	20
3.4.1	Analisis MHI (<i>Mangrove Health Index</i>).....	21
3.4.2	Analisis PCA (<i>Principal Component Analysis</i>).....	21
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1	Parameter Komunitas	22
4.1.1	Jenis Mangrove	22
4.1.2	Luasan dan Kerapatan Mangrove	24
4.2	Kualitas Perairan	28
4.3	Ukuran Fraksi Substrat	30
4.4	<i>Mangrove Health Index</i> (MHI)	31
4.5	<i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	35
V.	SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1	Simpulan.....	42
5.2	Saran	42
	DAFTAR PUSTAKA	43
	LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Spesifikasi, merek, dan kegunaan bahan penelitian.....	11
2. Spesifikasi, merek dan kegunaan alat penelitian.....	12
3. Titik koordinat lokasi stasiun penelitian	13
4. Klasifikasi nilai NDVI	20
5. Kategori nilai kesehatan mangrove.....	21
6. Jenis mangrove yang ditemukan di Pulau Pahawang	222
7. Jumlah tegakan mangrove di Pulau Pahawang	244
8. Kualitas perairan meliputi DO, suhu, salinitas, pH pada setiap stasiun pengamatan ekosistem mangrove.....	29
9. Fraksi substrat ekosistem mangrove pada stasiun pengamatan	300
10. Kanopi, DBH, jumlah tegakan dan tinggi pada setiap stasiun pengamatan..	322
11. Distribusi nilai MHI dan kategorinya pada setiap stasiun	344
12. Nilai Eigen, Variability (%), dan Variabilitas kumulatif (%) pada faktor F1-F4.....	366
13. Korelasi setiap parameter F1-F2	377
14. Kualitas representasi parameter	411

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	4
2. Peta lokasi penelitian.....	11
3. Prosedur penelitian.....	14
4. Desain transek pengamatan mangrove.....	15
5. Pengukuran DBH mangrove.	16
6. Pengukuran tinggi mangrove.	16
7. Pengukuran kanopi mangrove.....	17
8. Gambaran contoh hasil composite band mangrove.	19
9. Tahapan pengamatan citra satelit.	20
10. Peta kerapatan mangrove Pulau Pahawang 2025.....	255
11. Kerapatan mangrove setiap stasiun (a) stasiun 1 (b) stasiun 2 dan 3 (c) stasiun 4 (d) stasiun 5.....	288
12. Peta Mangrove Health Index (MHI) Pulau Pahawang.....	355
13. Nilai eigen dan varians kumulatif dijelaskan (%) pada Faktor F1-F4	366
14. Biplot analisis PCA.....	400

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data koordinat plot pengambilan data	52
2. Data pengukuran vegetasi mangrove dan MHI.....	53
3. Data kualitas perairan mangrove.....	54
4. Dokumentasi jenis mangrove	55
5. Data tegakan mangrove Pulau Pahawang	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pulau Pahawang berada di Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran dan merupakan pulau kecil yang terletak di perairan Teluk Lampung. Pulau Pahawang memiliki karakteristik ekosistem pesisir yang kompleks dan relatif masih alami, sehingga memiliki nilai ekologis dan ekonomis yang tinggi. Pulau Pahawang dikenal sebagai lokasi destinasi wisata unggulan, karena potensi alam dan keanekaragaman hayati lautnya yang tinggi, yang didukung dengan ekosistem terumbu karang, hutan mangrove dan lamun (Mardani et al., 2017). Pulau Pahawang memiliki luas ekosistem terumbu karang mencapai 569.097,177 m² (Sari et al., 2023) dan ekosistem mangrove 60,792 ha (Profil Desa Pulau Pahawang, 2022). Potensi alam yang dimiliki Pulau Pahawang tidak hanya dimanfaatkan sebagai pengembangan wisata, tetapi juga berkontribusi terhadap pelestarian alam dan pemberdayaan masyarakat setempat.

Pulau Pahawang memiliki hutan mangrove dengan spesies beragam yang tumbuh di sepanjang pesisir dan meluas ke arah daratan yang lebih dalam, sehingga menciptakan ekosistem yang luas dan padat. Mangrove memiliki fungsi penting bagi lingkungan sekitarnya, yaitu fungsi ekologi dan ekonomi. Fungsi ekologi mangrove yaitu sebagai tempat perlindungan biota laut, sebagai penyerap CO² di udara dan pencegah abrasi dan erosi (Karminarsih, 2007). Fungsi ekonomi mangrove adalah sebagai bahan baku kayu bakar dan bangunan.

Kegiatan wisata di Pulau Pahawang akan meningkatkan pembangun infrastruktur untuk menunjang kenyamanan para wisatawan. Namun demikian, mangrove menjadi salah satu ekosistem yang akan terkena dampak negatif dari aktivitas pariwisata yang tidak terkendali (Radhiansyah & Pribadi, 2022). Faktor kondisi sosial serta kurangnya pemahaman mengenai fungsi dan manfaat mangrove berpengaruh terhadap kerusakan ekosistem mangrove. Meningkatnya

faktor antropogenik, seperti aktivitas perikanan dan wisatawan serta pembangunan infrastruktur villa disekitar kawasan mangrove menyebabkan kerusakan pada habitat alami dan perubahan fungsi lahan. Kualitas air yang tercemar akibat adanya limbah domestik, sampah plastik dan polusi dari aktivitas wisatawan dapat mengganggu keseimbangan dan kesehatan ekosistem mangrove dan mengancam kelestarian hutan mangrove sebagai habitat (Harefa et al., 2022). Penurunan kualitas ekosistem mangrove yang terjadi juga dapat disebabkan oleh faktor alamiah seperti perubahan iklim dan abrasi (Akram & Hasnidar, 2022). Berdasarkan pernyataan Anggara et al., (2020), degradasi mangrove di Pulau Pahawang dipicu oleh perubahan dari ekowisata konservatif menjadi pariwisata massal tanpa pengelolaan berkelanjutan. Lemahnya pengelolaan mangrove di tingkat lokal memungkinkan masyarakat luar pulau mengklaim lahan mangrove untuk ditebang, baik guna pembangunan fasilitas wisata seperti pembangunan jembatan untuk akses menuju *cottage* maupun pemanfaatan kayu bakar sebagai kebutuhan ekonomi.

Kesehatan mangrove dapat mempengaruhi kesehatan ekosistem lain disekitarnya, kesehatan ekosistem mangrove dapat diketahui dengan melakukan analisis *Mangrove Health Index* (MHI) (Hidayah et al., 2023). MHI digunakan untuk menilai kesehatan mangrove pada tingkat ekosistem. Hasil analisis dapat diketahui dengan pengambilan data lapang atau *in situ*. Perhitungan MHI dilakukan berdasarkan nilai tiga parameter, diantaranya kerapatan, diameter batang, dan tutup tajuk atau kanopi. Setiap parameter mencerminkan kondisi struktural dan fungsi ekologis, sehingga hasil analisis dapat memberikan gambaran menyeluruh terhadap tekanan atau gangguan yang dialami ekosistem mangrove.

Luasan dan kerapatan mangrove dapat diketahui dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (Putra et al., 2022). Penginderaan jauh membantu untuk memperlihatkan dan mengetahui karakteristik objek dipermukaan bumi tanpa harus melakukan pengamatan langsung dengan objek yang akan diamati (Wilujeung et al., 2022). Metode penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit merupakan teknologi cepat dan lebih efisien untuk pengelolaan ekosistem mangrove, dengan memetakan secara luas dan akurat. Salah satu jenis citra satelit

yang digunakan untuk pemetaan wilayah mangrove adalah citra satelit Sentinel-2 level 2A. Sentinel-2A dipilih karena memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi, band spektral yang kaya dan sensitif terhadap vegetasi

Berdasarkan uraian diatas, dengan adanya ancaman yang berdampak pada *Mangrove Health Index* (MHI) Pulau Pahawang, maka diperlukan upaya pengelolaan yang terarah dan berkelanjutan guna memastikan kelestarian ekosistem serta manfaat jangka panjang bagi lingkungan dan masyarakat setempat.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian adalah:

1. Menganalisis luasan dan kerapatan mangrove Pulau Pahawang
2. Menganalisis *Mangrove Health Index* (MHI) Pulau Pahawang
3. Menganalisis hubungan parameter vegetasi mangrove terhadap parameter kualitas perairan menggunakan analisis *Principal Component Analysis* (PCA)

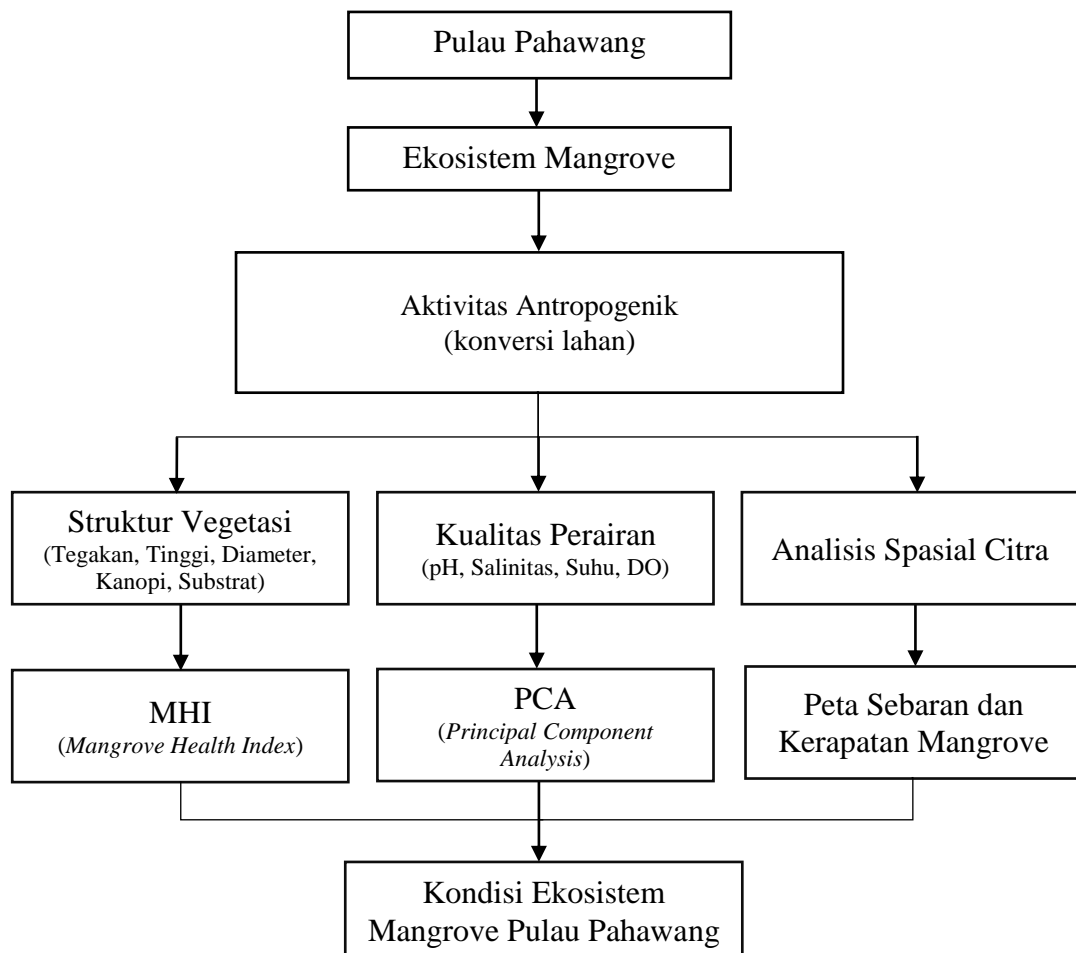
1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah menyediakan data dan informasi terkait kondisi kesehatan mangrove Pulau Pahawang terkini sebagai rujukan pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan di Pulau Pahawang.

1.4 Kerangka Pikir

Pulau Pahawang memiliki ekosistem mangrove yang penting bagi keseimbangan alam. Mangrove memiliki peran penting dalam menjaga keutuhan garis pantai dan menyediakan habitat bagi biota. Mangrove di Pulau Pahawang terancam keberadaannya akibat faktor antropogenik, seperti peningkatan aktivitas manusia dan pembangunan infrastruktur yang tidak terkendali (Afifah et al., 2021). Peningkatan aktivitas di sekitar ekosistem mangrove akan menyebabkan degradasi atau penurunan kualitas ekosistem mangrove (Harefa et al., 2022). Penurunan kualitas dapat diketahui dengan menganalisis kesehatan ekosistem mangrove, yaitu dengan melakukan pengukuran struktur vegetasi, diantaranya tinggi pohon, persentase kanopi dan DBH (Indrazora et al., 2024).

Pada penelitian, data yang dikumpulkan meliputi jenis dan jumlah tegakan, DBH, tinggi pohon, tutupan kanopi, jenis sedimen, kualitas perairan, serta luasan dan kerapatan yang nantinya akan dianalisa untuk mengetahui nilai dan kategori MHI Pulau Pahawang. Pengukuran parameter perairan dilakukan dengan mengukur parameter fisika kimia perairan, yang meliputi derajat keasaman (pH) air, salinitas, suhu dan oksigen terlarut (DO). Luasan dan kerapatan mangrove pada lokasi penelitian dianalisis menggunakan citra satelit Sentinel-2 dengan data yang diambil pada tahun yang sama dengan pengambilan data lapangan, yaitu 2024. Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dilakukan untuk mengetahui hubungan struktur vegetasi dan kualitas perairan mangrove. Analisis *Mangrove Health Index* (MHI) dilakukan untuk mengetahui kondisi kesehatan mangrove dengan menganalisis parameter struktur vegetasinya (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pulau Pahawang

Pulau Pahawang merupakan sebuah pulau yang terletak di perairan Teluk Lampung, Kecamatan Punduh Piadada, Kabupaten Pesawaran (Mardani et al., 2017). Secara geografis, Pulau Pahawang terletak pada koordinat $5^{\circ} 40' 88''$ LS dan $105^{\circ} 13' 45''$ BT. Pulau Pahawang memiliki luas area berkisar 1.020 ha atau $10,20 \text{ km}^2$, yang terbagi menjadi dua pulau utama yaitu Pulau Pahawang Besar dan Pulau Pahawang Kecil. Karakteristik topografi yang dimiliki Pulau Pahawang adalah perbukitan dengan ketinggian 0-50 meter diatas permukaan laut. Pulau Pahawang dikelilingi oleh perairan jernih yang cukup dangkal, dengan total luas perairan $3,3 \text{ km}^2$ lebar Pantai 3-10 meter, dan substrat tipe berpasir (Afifah et al., 2021).

Pulau Pahawang memiliki keindahan alam dan keanekaragaman hayati laut yang menjadikannya sebagai salah satu objek wisata unggulan di Provinsi Lampung. Pulau Pahawang menawarkan aktivitas wisata laut *snorkeling* dan *diving* untuk melihat keindahan bawah laut. Menurut Radhiansyah & Pribadi (2022), potensi lain yang dimiliki Pulau Pahawang adalah keberadaan ekosistem mangrove, yang tidak hanya berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir tetapi juga menjadi daya tarik sebagai wisata edukasi dan konservasi. Hutan mangrove di Pulau Pahawang tumbuh mulai dari bibir pantai menuju ke arah darat (Budiman et al., 2021) dengan luas zona inti kawasan mangrove seluas 30 ha (Mardani et al., 2017).

2.2 Mangrove

Mangrove merupakan ekosistem vegetasi yang kompleks dan memiliki kemampuan adaptasi untuk hidup pada daerah yang memiliki tantangan ekologi tinggi. Mangrove merupakan vegetasi halofit atau tumbuhan yang toleran

terhadap garam (Matatula et al., 2019). Mangrove dapat ditemui di sepanjang pesisir pada daerah wilayah pasang surut air laut. Mangrove adalah salah satu vegetasi khas yang terdapat pada daerah pantai tropis (Idrus et al., 2018), yang terdiri dari beberapa famili yaitu Rhizophoraceae, Sonneratiaceae, Acanthaceae dan Areaceae (Akbar et al., 2016).

Mangrove semakin mengalami penurunan kualitas dan luasan. Kualitas mangrove dapat terpengaruh oleh faktor alam dan manusia (antropogenik) disekitarnya. Faktor alam yang dapat mempengaruhi mangrove diantaranya adalah fenomena perubahan iklim global dan abrasi. Aktivitas antropogenik yang menyebabkan hilangnya hutan mangrove diantaranya pemukiman, perikanan, pertambangan, penebangan, pembangunan dan sampah (Eddy et al., 2016; Tamrin et al., 2021).

2.2.1 Morfologi Mangrove

Mangrove memiliki morfologi yang khas dan unik sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan. Struktur penyusun tumbuhan mangrove terdiri dari akar, batang dan daun (Idrus et al., 2014). Struktur morfologi setiap tumbuhan mangrove berbeda setiap jenis. Umumnya mangrove memiliki akar yang kokoh, daun berwarna hijau dan memiliki bunga serta buah (Supardi et al., 2019).

Bentuk akar yang dimiliki mangrove bervariasi sebagai penanda spesies setiap mangrove. Tipe akar mangrove diantaranya, papan, tunjang, pensil, lutut. Akar yang kokoh pada mangrove berfungsi untuk menyerap nutrisi dari substrat untuk mendukung proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis (Kharimah et al., 2019). Bentuk daun mangrove juga bervariasi, diantaranya lancip (*lanceolate*), elips (*elliptical*), oval, hati (*cordate*) dan telur (*abovate*) (Tuaputty et al., 2022). Selain bentuk daun, bentuk buah (propagul) mangrove juga bervariasi, yakni berbentuk bulat atau memanjang sesuai dengan jenisnya.

Mangrove memiliki beberapa fungsi diantaranya ekonomis, fisik dan ekologis. Dalam fungsi ekonomi, mangrove sebagai penghasil kayu untuk bahan baku dan bahan bangunan serta sebagai objek ekowisata bagi para peneliti dan masyarakat pecinta alam (Wiharyanto & Laga, 2010). Secara fisik mangrove berfungsi sebagai peredam gelombang, mencegah terjadinya erosi dan abrasi,

mencegah intrusi air laut menuju ke daratan serta menjadi alat penetralisir pencemaran perairan (Senoaji & Hidayat, 2016). Dari segi ekologi mangrove berperan sebagai tempat tinggal berbagai jenis biota, baik biota darat ataupun laut, karena memiliki fungsi sebagai tempat mencari makanan (*feeding ground*), tempat berkembangbiak (*nursery ground*) dan sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*) (Basyuni et al., 2018).

2.2.2 Ancaman dan Dampak Kerusakan Mangrove

Ekosistem mangrove saat ini menghadapi berbagai tekanan, terutama akibat aktivitas manusia seperti konversi lahan menjadi tambak, pemukiman, serta pembangunan infrastruktur di kawasan pesisir (Wilujeng et al., 2022). Aktivitas tersebut tidak hanya mengurangi luas kawasan mangrove, tetapi juga berdampak pada fungsi ekologisnya. Penebangan pohon mangrove secara ilegal dan pencemaran dari limbah domestik maupun industri turut memperburuk kondisi ini. Akibatnya, terjadi penurunan keanekaragaman hayati, hilangnya habitat bagi berbagai spesies, dan meningkatnya risiko abrasi serta intrusi air laut (Eddy et al., 2016).

2.3 Citra Satelit

Citra Satelit merupakan sumber data yang digunakan dalam penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh ditemukan pertama kali oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Penginderaan jauh merupakan ilmu dalam memperoleh data tanpa melakukan kontak langsung dengan objek tersebut (Humam et al., 2020). Terdapat beberapa satelit yang digunakan dalam penginderaan jauh diantaranya, Landsat, Sentinel, IKONOS, WorldView, QuickBird, RADARSTAT, TerraSAR-X, SPOT, Pleiades, CBERS dan Geo-Ikonos. Pemantauan vegetasi menggunakan citra Sentinel dipilih, karena *band* terutama inframerah dekat, sangat sensitif terhadap kondisi kesehatan vegetasi. Pemanfaatan citra Sentinel-2 digunakan karena memiliki resolusi citra yang cukup tinggi sehingga memungkinkan untuk analisis lebih detail (Adinegoro et al., 2023). Sentinel-2 level 2A telah dilakukan koreksi atmosferik dan radiometrik sehingga hasil analisis lebih akurat.

2.4 Kualitas Perairan

Mangrove merupakan ekosistem yang hidupnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Kualitas perairan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan dan keberlangsungan ekosistem mangrove (Imamsyah et al., 2020). Parameter fisik dan kimia perairan memberikan gambaran kondisi lingkungan tempat mangrove berkembang, sehingga perlu dianalisis secara spesifik melalui beberapa indikator utama seperti suhu, salinitas, pH, dan DO (*Dissolve Oxygen*) (Wailisa et al., 2022).

2.4.1 pH (Derajat Keasaman)

pH merupakan derajat keasaman suatu cairan (Pinontoan et al., 2023). pH dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu pasang surut, aktivitas mikro-organisme dan pencampuran antara air laut dan tawar. pH air dengan nilai 7 - 8,5 sangat sesuai untuk pertumbuhan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004). Kadar pH yang terlalu asam pada perairan mangrove akan memengaruhi ketersediaan unsur hara dan meningkatkan kandungan logam berat yang bersifat toksik, sebaliknya, kadar pH yang terlalu basa akan menyebabkan gangguan pada metabolisme mangrove (Nahdah et al., 2025). Nilai pH netral dapat mendukung aktivitas mikroba tanah dan proses dekomposisi serasah daun mangrove yang pada akhirnya menambah ketersediaan nutrisi pertumbuhan mangrove.

2.4.2 Salinitas

Salinitas merupakan konsentrasi garam terlarut dalam air. Faktor lingkungan yang sangat berpengaruh dalam pertumbuhan mangrove adalah salinitas (Matatula et al., 2019). Tumbuhan mangrove umumnya bersifat halofit, yaitu mampu bertoleransi terhadap kadar garam tinggi, namun memiliki ambang batas tertentu untuk tumbuh optimal. Mangrove dapat hidup pada daerah cenderung asin atau payau dengan nilai salinitas berkisar 0 – 34 ppt (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004). Kadar salinitas yang terlalu tinggi dapat menghambat proses fisiologis tanaman, termasuk penyerapan air dan nutrisi, sehingga berpotensi menurunkan laju pertumbuhan, sedangkan kadar

salinitas yang terlalu rendah juga dapat memengaruhi komposisi jenis dan regenerasi alami (Akbar et al., 2024).

2.4.3 Suhu

Pada kawasan perairan tropis suhu cenderung stabil, namun dapat mengalami fluktuasi tergantung dengan musim, kedalaman perairan serta intensitas cahaya matahari (Imamsyah et al., 2020). Suhu dapat mempengaruhi produktivitas primer dan keseimbangan ekologi mangrove. Suhu yang sesuai untuk habitat mangrove adalah 28-32 °C (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004). Suhu yang terlalu tinggi dapat mengurangi jumlah individu mangrove, sedangkan suhu yang rendah menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan kelangsungan hidup mangrove (Medina, 1999).

2.4.4 DO (*Dissolve Oxygen*)

Oksigen terlarut atau *dissolve oxygen* merupakan jumlah oksigen yang terlarut dalam air (mg/L) (Pinontoan et al., 2023). DO memiliki peran penting dalam mendukung fungsi ekologi ekosistem mangrove. Konsentrasi DO sangat bervariasi tergantung dengan kondisi suhu, salinitas dan kedalaman perairan. Nilai DO pada perairan yang sesuai untuk habitat mangrove adalah > 5 mg/L (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004). Nilai DO yang rendah dapat menyebabkan kondisi anoksia atau kekurangan oksigen, yang berdampak pada respirasi akar mangrove dan aktivitas biota pengurai (Napitupulu & Putra, 2024).

2.5 MHI (*Mangrove Health Index*)

Ekosistem mangrove sangat bergantung pada kesehatan lingkungan di suatu area. Kesehatan mangrove dapat mempengaruhi kesehatan ekosistem lain disekitarnya, seperti ekosistem lamun dan terumbu karang. *Mangrove Health Index* (MHI) merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari kesehatan komunitas mangrove di suatu area (Susanto et al., 2022). MHI dapat diketahui dari dua parameter penting yaitu distribusi dan keanekaragaman mangrove (Wasil & Muhsoni, 2023). Analisis MHI bertujuan untuk menilai

kondisi kesehatan mangrove. Parameter perhitungan dari MHI terdiri dari tutupan kanopi, diameter pohon dan pancang dalam suatu luas area (Indrazora et al., 2024).

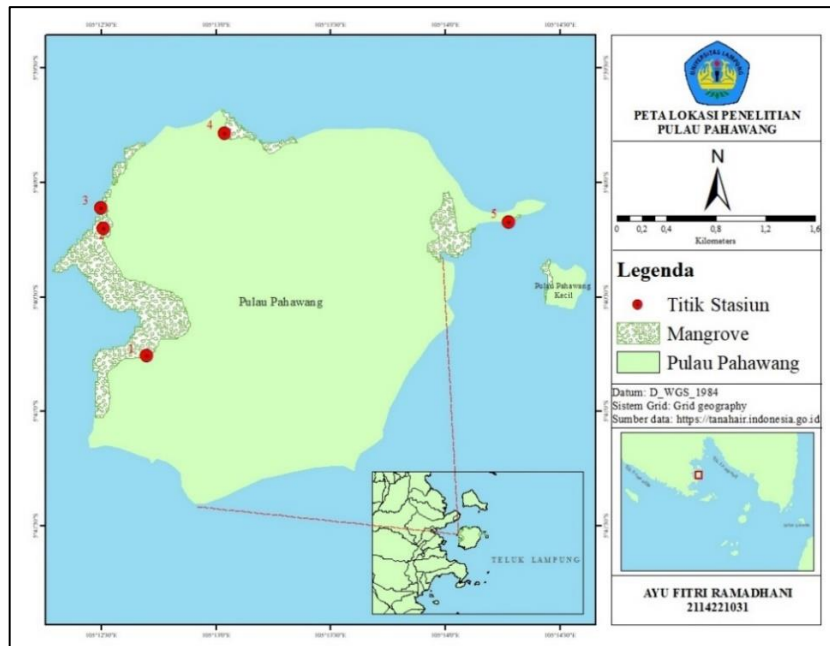
2.6 PCA (*Principal Component Analysis*)

Analisis komponen utama atau *principal component analysis* merupakan metode statistik multivariat yang digunakan untuk mereduksi faktor dalam jumlah besar agar dapat menjadi beberapa faktor yang lebih sedikit (Sari, 2023). PCA pada dasarnya merupakan analisis yang menerapkan metode proyeksi. Analisis PCA bertujuan untuk mentransformasi beberapa variabel terkumpul yang saling berkorelasi menjadi variabel bebas yang lebih sedikit. Korelasi diantara variabel bebas dihilangkan melalui transformasi variabel bebas asal ke variabel bebas baru yang tidak berkorelasi sama sekali atau dikenal dengan sebutan *principal component*. Data yang dianalisis dalam PCA pada ekosistem mangrove meliputi parameter struktur vegetasi, yaitu tinggi mangrove, diameter batang setinggi dada (*diameter at breast height/DBH*), dan persentase kanopi mangrove, serta parameter kualitas perairan mangrove yang mencakup pH air, salinitas, suhu, dan oksigen terlarut (DO). Hasil dari analisis PCA dapat berupa tren, kluster variabel sampai outlier.

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juli 2024 dan Februari 2025 di Pulau Pahawang Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung (Gambar 2) dan Laboratorium Produktivitas Perairan, Gedung K, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian (Tabel 1).

Tabel 1. Spesifikasi, merek, dan kegunaan bahan penelitian

No.	Bahan	Spesifikasi	Merek	Kegunaan
1.	Alat tulis	-	-	Mencatat data lapang.
2.	Citra Sentinel 2A	10 meter	ESA	Mengetahui data luasan dan sebaran mangrove.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian (Tabel 2).

Tabel 2. Spesifikasi, merek dan kegunaan alat penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Merek	Kegunaan
1.	Transek tali	10 x 10 m	BODHI	Menentukan plot pengambilan data.
2.	GPS	±5 meter	GARMIN	Pengambilan titik koordinat data.
3.	<i>Roll meter</i>	100 meter	ORIS	Menentukan luas dan posisi plot mangrove.
4.	Meteran jahit	2 meter	-	Mengukur lingkaran batang pohon.
5.	Kamera	12 MP	Apple	Dokumentasi gambar
6.	Monmang	Versi 2.0	-	Pengukuran data dan analisis data.
7.	pH meter	±0.01 dan 0.1 °C/F	Tester ATC EZ-9908	Pengukur kadar asam atau basa dan suhu perairan.
8.	Refraktometer	0-20 %	BRIX	Pengukur salinitas perairan.
9.	DO meter	0 – 20 Mg/L	Lutron	Pengukur kadar oksigen terlarut perairan.
10.	Plastik <i>zip</i>	20x35 cm	DIANA	Menyimpan sampel substrat sebelum dilakukan analisis laboratorium.
11.	Mortar	-	-	Menghaluskan sampel substrat.
12.	<i>Oven</i>	43 liter	RIO	Mengeringkan sampel substrat.
13.	<i>Sieve shaker</i>	Diameter 20 cm, 63µm – 2mm	-	Mengayak sedimen.
14.	ArcGis	10.8	ESRI	Pengolahan data citra.
15.	Laptop	-	LENOVO	Pengolahan data lapang dan citra satelit.
16.	<i>Core Sampler</i>	30 cm	Rucika	Mengambil sampel substrat
17.	XLSTAT	2024.4.2	-	Melakukan analisis PCA.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan penentuan titik stasiun pengamatan berdasarkan kondisi ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Pengambilan data primer dilakukan melalui pengukuran struktur vegetasi mangrove dan kualitas perairan pada setiap stasiun pengamatan. Penelitian memanfaatkan data sekunder berupa citra satelit untuk mendukung analisis kondisi dan sebaran mangrove.

Tahap akhir penelitian meliputi pengolahan dan analisis data yang diperoleh guna menjawab tujuan penelitian.

3.3.1 Penentuan Titik Stasiun

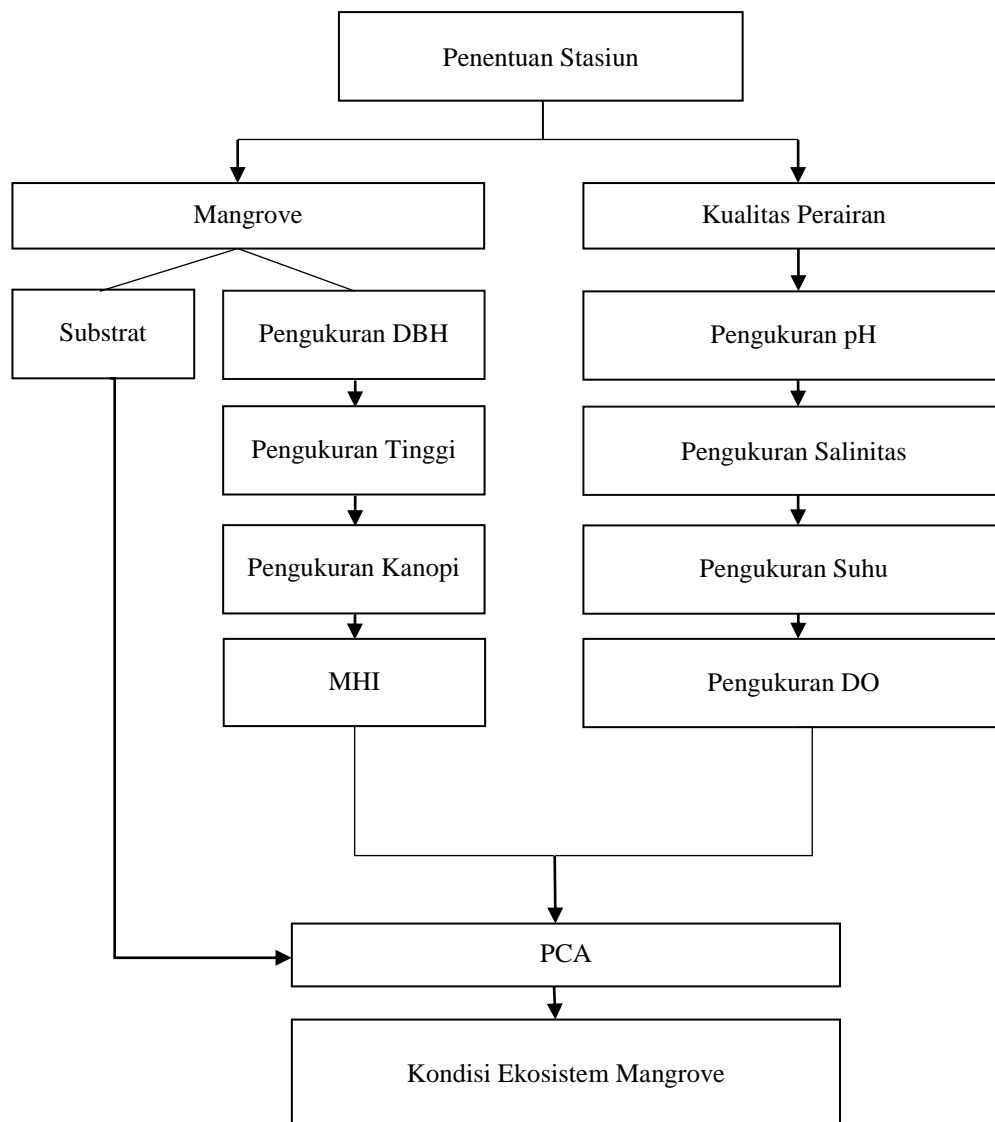
Penentuan titik stasiun dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* adalah metode penentuan titik stasiun secara sengaja dengan pertimbangan dan tujuan tertentu (Wicaksono et al., 2023). Lokasi penelitian membentang mulai dari wilayah timur Pulau Pahawang sampai wilayah barat Pulau Pahawang. Stasiun pengamatan terbagi menjadi 5 titik, dengan pemilihan stasiun yang mewakili kondisi substrat dan ekosistem mangrove di Pulau Pahawang (Tabel 3).

Tabel 3. Titik koordinat lokasi stasiun penelitian

Stasiun	Longitude	Latitude
1	105°12'42.02" E	5°40'45.31" S
2	105°12'30.72" E	5°40'11.87" S
3	105°12'30.16" E	5°40'6.60" S
4	105°13'2.32" E	5°39'47.00" S
5	105°14'16.61" E	5°40'10.21" S

3.3.2 Prosedur Penelitian Pengambilan Data Primer

Data primer meliputi pengukuran jumlah dan jenis individu mangrove, diameter batang setinggi dada (*Diameter at Breast Height/DBH*), tinggi mangrove, kanopi mangrove, kualitas perairan, serta pengambilan sampel substrat. Sampel substrat dianalisis lebih lanjut di laboratorium untuk mengetahui komposisi substrat. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Mangrove Health Index* (MHI) untuk mengetahui nilai persentase tingkat kesehatan mangrove dan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menganalisis hubungan antara vegetasi mangrove dan kualitas perairan (Gambar 3).



Gambar 3. Prosedur penelitian.

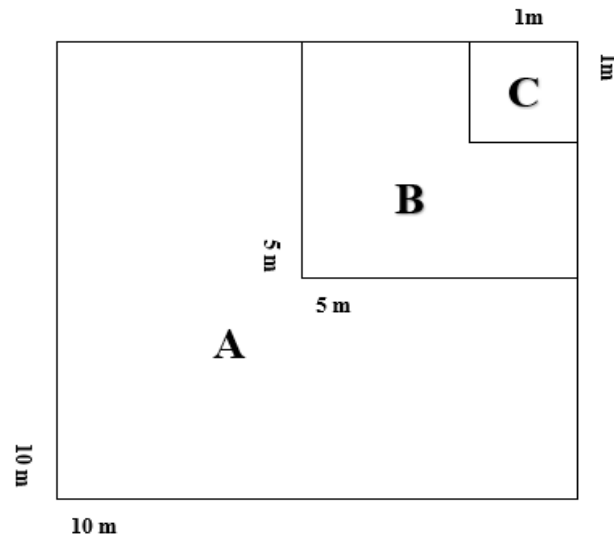
3.3.2.1 Pengukuran Vegetasi Mangrove

Pengukuran vegetasi mangrove diawali dengan penentuan dan penataan transek pengamatan sebagai penanda titik sampling di lapangan. Pengamatan parameter vegetasi mangrove dilakukan melalui pengukuran jumlah dan jenis individu mangrove, DBH, tinggi mangrove, serta persentase kanopi mangrove untuk menggambarkan kondisi struktur dan komposisi komunitas mangrove.

A. Transek Pengamatan

Pada setiap stasiun pengamatan dipasang 3 buah transek kuadran dengan ukuran yang berbeda, yaitu transek plot $10 \times 10 \text{ m}^2$ untuk pengukuran mangrove jenis pohon (diameter $>10 \text{ cm}$), $5 \times 5 \text{ m}^2$ untuk pengukuran semai mangrove

(tinggi $\geq 1,5$ m dan diameter ≤ 10 cm) dan 1×1 m² untuk pengukuran anakan mangrove (tinggi $\leq 1,5$ m) (Riski et al., 2021) (Gambar 4).



Gambar 4. Desain transek pengamatan mangrove.
Sumber: (Kilinau et al., 2023)

B. Jumlah Individu dan Jenis Mangrove

Perhitungan jumlah individu dan jenis mangrove dilakukan pada area pengamatan sepanjang transek pengamatan (Akhrianti et al., 2019). Identifikasi jenis mangrove mengacu pada karakter morfologi vegetatif dan generatif yang terlihat di lapangan berdasarkan pedoman aplikasi Monitoring Mangrove (MonMang).

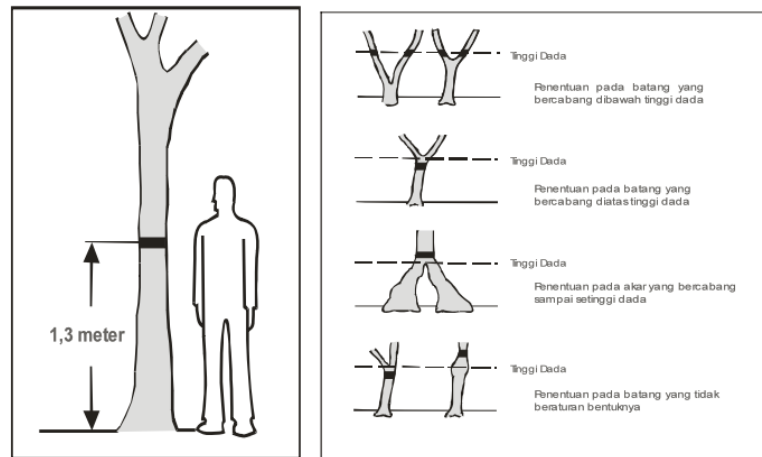
C. DBH (*Diameter at Breast Height*) Mangrove

Diameter at Breast Height (DBH) merupakan diameter batang pohon yang diukur pada ketinggian 1,3 meter dari permukaan akar atau pangkal batang. Pengukuran keliling batang pohon mangrove dilakukan pada ketinggian 1,3 meter dari akar (Sidik et al., 2019), dengan menggunakan meteran (Gambar 5). Nilai keliling yang terukur, selanjutnya dikonversi menjadi nilai DBH (*Diameter at Breast Height*) dan menggunakan persamaan:

$$DBH = \frac{\text{Keliling}}{\pi}$$

Keterangan:

DBH : Diameter Batang Pohon Mangrove (cm)
Keliling : Keliling Batang Pohon Mangrove (cm)
 π : Konstanta (3,14)

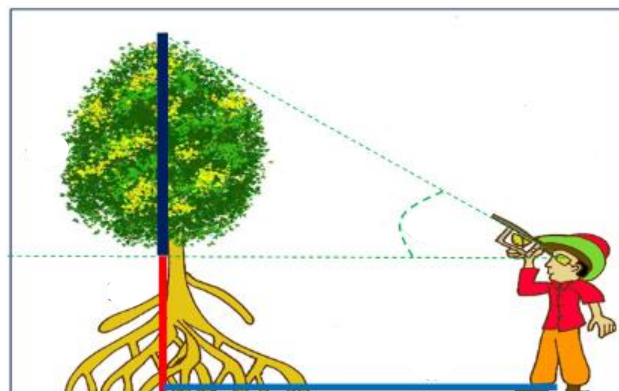


Gambar 5. Pengukuran DBH mangrove.

Sumber: (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004)

D. Tinggi Mangrove

Pengukuran tinggi pohon mangrove dilakukan menggunakan bantuan aplikasi MonMang versi 2.0, dengan mengambil foto pohon dari bagian samping pohon secara penuh, dengan seluruh bagian batang hingga tajuk tertinggi terlihat jelas dalam satu bingkai. Pengambilan foto dilakukan dari jarak tertentu dan menggunakan skala pembanding skala yaitu tinggi pengukur atau observer (Dharmawan & Khoir, 2020) (Gambar 6).



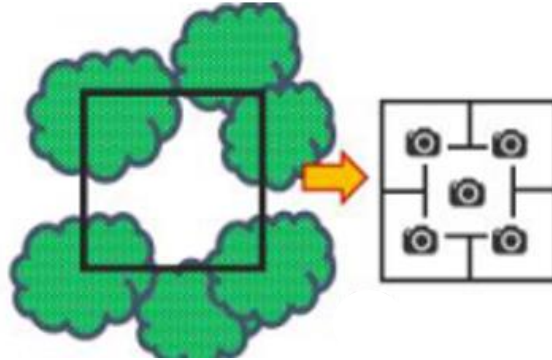
Gambar 6. Pengukuran tinggi mangrove.

Sumber: (Dharmawan et al., 2020)

E. Kanopi Mangrove

Pengukuran tutupan kanopi pohon mangrove diukur dengan aplikasi MonMang versi 2.0. Pengambilan data penutupan kanopi dilakukan dengan mengambil empat foto pada setiap titik plot dari bawah pohon, dengan

mengarahkan kamera ke atas secara tegak lurus ke arah langit, agar seluruh tajuk terekam dalam satu bingkai (Gambar 7) (Fajar et al., 2024). Foto dianalisis dengan mengkonversi citra menjadi piksel vegetasi dan piksel non-vegetasi, kemudian menghitung persentase penutupan kanopi berdasarkan perbandingan jumlah piksel vegetasi terhadap total piksel foto. Nilai penutupan kanopi per titik plot diperoleh dari rata-rata hasil analisis keempat foto.



Gambar 7. Pengukuran kanopi mangrove.
Sumber: (Purnama et al., 2020)

3.3.2.2 Pengukuran Kualitas Perairan

Pengukuran kualitas perairan yang dilakukan dalam penelitian meliputi pengukuran pH air, salinitas, suhu air dan DO (*Dissolve oxygen*) pada lokasi penelitian.

A. pH (Derajat Keasaman)

Pengukuran pH air dilakukan pada setiap stasiun dengan memasukkan pH meter ke dalam air pada kedalaman 0-30 cm selama beberapa detik hingga nilai pH pada layar stabil. Nilai pH dapat diketahui melalui skala yang tampil pada layar digital pH meter (Priandeni et al., 2024).

B. Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan pada setiap stasiun dengan mengambil sampel air yang akan diletakkan pada permukaan prisma refraktometer menggunakan pipet tetes (Priandeni et al., 2024). Nilai salinitas (ppt) dapat diketahui melalui skala yang tampil pada bagian lensa refraktometer.

C. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan pada setiap stasiun dengan memasukkan pH meter kedalam air pada kedalaman 0-30 cm selama beberapa detik . Nilai suhu

(°C) perairan dapat diketahui melalui nilai skala yang tampil pada layar digital pH meter (Ariesta et al., 2024).

D. DO (*Dissolve Oxygen*)

Pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*) dilakukan pada setiap stasiun dengan memasukkan DO meter kedalam air pada kedalaman 0 - 30 cm selama beberapa detik (Priandeni et al., 2024). Nilai DO (ppm) dapat diketahui melalui lihat skala yang tampil layar digital DO meter.

3.3.2.3 Pengambilan Sampel Substrat

Pengambilan sampel dilakukan pada setiap stasiun dengan menggunakan *core sampler* pada permukaan substrat atau kedalaman 0-10 cm. Sampel sedimen disimpan pada plastik *zip* untuk di ayak kering di laboratorium dan diketahui jenis substrat pada setiap stasiun.

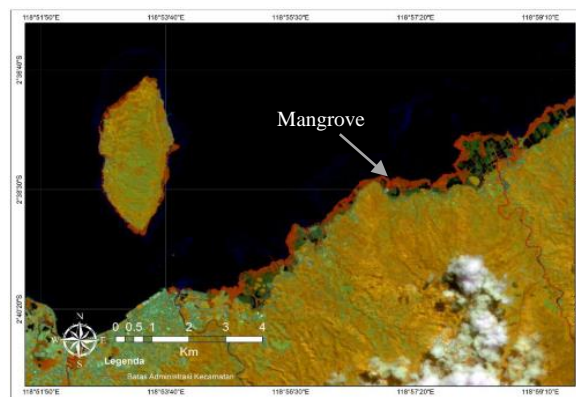
Sampel substrat dikeringkan menggunakan *oven* pada suhu 80 °C selama 24 jam. Sampel yang telah kering, kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan dilakukan pengayakan menggunakan *sieve shaker* selama 10 menit. Ukuran butir pasir dan jenis substart dapat diketahui menggunakan berat persentase (%) substrat menggunakan persamaan metode ayakan kering (Aisah et al., 2021).

$$\text{berat \%} = \frac{\text{Berat butir pada ayakan}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

3.3.3 Prosedur Penelitian Pengambilan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder berupa data citra satelit Sentinel-2A yang kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan *software* ArcGis 10.8 untuk memperoleh data sebaran dan kerapatan mangrove pada lokasi penelitian. Data citra satelit yang digunakan adalah data Sentinel-2 level 2A yang diunduh melalui <https://dataspace.copernicus.eu/>, data yang diunduh merupakan data citra 28 April 2025, dengan pertimbangan waktu pengambilan data lapang (tutupan kanopi) berdekatan dengan data perekaman citra Sentinel-2A dan data yang dipilih minim dari tutupan awan dan nilai tutupan awan 8%. Data Sentinel-2A digunakan karena telah terkoreksi secara atmosferik dan radiometrik (Bobsaid & Jelani, 2017). Pengunduhan data citra dilakukan untuk mengetahui sebaran dan kerapatan mangrove di Pulau Pahawang.

Data citra Sentinel-2 diolah menggunakan *software* ARCGIS 10.8 untuk dapat mengetahui sebaran luasan dan kerapatan mangrove. Pengolahan dimulai dengan *input* band dan *clip* pada area penelitian *Region of Interest* (ROI). Identifikasi sebaran mangrove dilakukan dengan *composite band* menggunakan kombinasi *Near Infra Red* (NIR) pada *band* 8A, *Short Wave Infra Red* (SWIR) pada *band* 11 dan merah (Red) pada *band* 4 atau *false colour* (Adinegoro et al., 2023). Pada hasil *composite*, mangrove akan ditandai dengan warna cokelat, non-mangrove akan berwarna hijau dan kuning (Gambar 8).



Gambar 8. Gambaran contoh hasil *composite band* mangrove.
Sumber: (Hardiana, 2023)

Luas sebaran mangrove dapat diketahui dengan melakukan digitasi dan perhitungan mangrove (Gambar 9). Digitasi dapat dilakukan dengan menggambar vektor (*polygon*) diatas peta citra satelit. Hasil digitasi disimpan dalam format shp untuk *clip* area mangrove saat mengolah data kerapatan. Proses digitasi memberikan gambaran identifikasi batas kawasan mangrove secara spasial, area mangrove yang dianalisis dapat dipisahkan dari penutup lahan lain. Tahapan digitasi penting dilakukan agar perhitungan kerapatan mangrove lebih akurat dan sesuai dengan kondisi lapangan. Area mangrove yang telah digitasi, selanjutnya dilakukan perhitungan luasan menggunakan *tool calculator geometry*.

Kerapatan mangrove dapat diketahui dengan menginput *band* 4 (red) dan *band* 8 (NIR) pada *layer* (Gambar 9). Nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dapat dihitung menggunakan *raster calculator* yang dapat dikelompokkan berdasarkan rentang atau *threshold* (Tabel 4) dengan memanfaatkan *tools reclassify*. Nilai NDVI yang lebih tinggi (mendekati nilai +1) dikategorikan vegetasi lebih sehat dan nilai yang lebih rendah mengindikasikan

vegetasi yang lebih jarang atau terdegradasi. Perhitungan NDVI menurut Silitonga et al., (2018) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Keterangan:

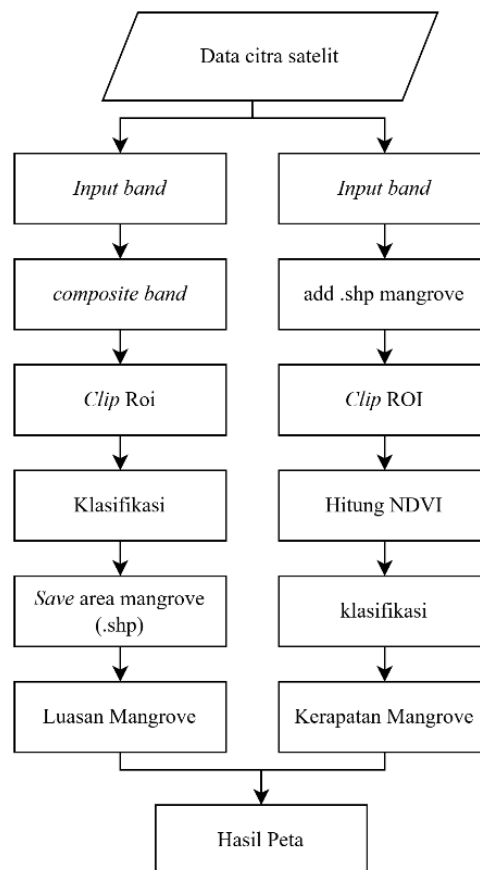
NIR : Nilai spektral saluran *Near Infrared* (Band 8)

RED : Nilai spektral saluran *RED* (Band 4)

Nilai kerapatan vegetasi diperoleh dari hasil perhitungan NDVI dan di klasifikasi menjadi 3 (tabel 4).

Tabel 4. Klasifikasi nilai NDVI

Klasifikasi	Nilai
Vegetasi Jarang	$-1 \leq NDVI \leq 0,32$
Vegetasi Sedang	$0,33 \leq NDVI \leq 0,42$
Vegetasi Rapat	$0,43 \leq NDVI \leq 1$



Gambar 9. Tahapan pengamatan citra satelit.

3.4 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian meliputi analisis MHI (*Mangrove Health Index*) dan PCA (*Principal Component Analysis*).

3.4.1 Analisis MHI (*Mangrove Health Index*)

Mangrove Health Index (MHI) diperoleh dari rata-rata skor parameter pengukuran di vegetasi mangrove yang meliputi nilai skor persentaseutupan kanopi (S_C), kerapatan pancang (S_D) dan diameter pancang pohon (S_{NSP}) (Dharmawan, 2020).

$$MHI (\%) = \frac{[S_C + S_D + S_{NSP}]}{3} \times 10$$

$$S_C = 0,25C - 13,06$$

$$S_D = 0,45D + 1,42$$

$$S_{NSP} = 0,13NSP + 4,1$$

Keterangan:

S : Skor

C : Persentaseutupan kanopi (%)

D : Diameter batang rata-rata (cm)

NSP : Jumlah tegakan perluas area

MHI : *Mangrove Health Index* (%)

Menurut Dharmawan (2020), kategori MHI digolongkan menjadi tiga kategori yaitu (Tabel 5):

Tabel 5. Kategori nilai kesehatan mangrove

Kategori	Nilai
Buruk	<33,33%
Sedang	33,33-66,67
Sehat	>66,67

3.4.2 Analisis PCA (*Principal Component Analysis*)

Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk menganalisis hubungan antara struktur vegetasi mangrove dengan kualitas perairan, karakteristik substrat, serta MHI. Data struktur vegetasi mangrove yaitu tinggi, DBH dan persentase kanopi dan parameter kualitas perairan yang digunakan adalah pH air, salinitas, suhu dan DO serta data vegetasi mangrove yaitu tinggi, DBH dan persentase kanopi mangrove pada setiap stasiun pengamatan. Analisis PCA dilakukan menggunakan XLSTAT 2024.4.2 dengan memastikan data yang akan dianalisis telah di sesuaikan dengan baris sebagai sampel dan kolom sebagai variabel. *Microsoft Excel* dibuka lalu pilih XLSTAT dan *tools Principal Component Analysis* (PCA). Data yang akan dilakukan analisis dipilih dan pastikan bersih dari nilai *error* atau kosong. Hasil analisis PCA akan membentuk *biplot* atau *scoreplot* oleh setiap komponen atau pola hubungan antar parameter.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yaitu:

1. Luasan mangrove Pulau Pahawang sebesar 66,3 ha, dengan sebaran mangrove kerapatan tinggi 62,08 ha, kerapatan sedang 4,44 ha dan kerapatan jarang 0,16 ha.
2. Mangrove Pulau Pahawang memiliki rerata nilai MHI 67,37%, yang termasuk dalam kategori sehat karena berada di atas ambang batas >66,67% berdasarkan klasifikasi kesehatan mangrove
3. Hubungan antara parameter vegetasi mangrove dan kualitas perairan menunjukkan dua pola utama. Jumlah tegakan dan tinggi pohon berkorelasi negatif dengan suhu, DO, pH, dan salinitas. DBH dan tutupan kanopi memiliki korelasi positif yang kuat dengan DO.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya pemilihan lokasi *sampling* yang mewakili lokasi penelitian, mencakup mangrove alami, area pemukiman, ekowisata, rehabilitasi dan zona tambak atau muara, serta memperbanyak jumlah titik *sampling* dan melakukan pengulangan dalam pengukuran untuk meningkatkan keakuratan data.
2. Nilai MHI yang diperoleh disarankan sebagai acuan dalam pengembangan ekowisata berkelanjutan di Pulau Pahawang karena mencerminkan kondisi kesehatan mangrove yang dapat mendukung aktivitas wisata tanpa merusak ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinegoro, R. D. S., Putra, I. D. N. N., & Putra, I. N. G. (2023). Pemetaan Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A Pasca Kematian Massal Mangrove di Denpasar-Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 8(1), 66-77.
<https://doi.org/10.24843/jmas.2022.v08.i01.p08>
- Afifah, F. A. N., Febryano, I. G., Santoso, T., & Darmawan, A. (2021). Identifikasi perubahan penggunaan lahan agroforestri di Pulau Pahawang. *Journal of Tropical Marine Science*, 4(1), 1–8.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v4i1.2037>
- Aisah, N., Asmadin, & Takwir, A. (2021). Karakteristik sedimen berdasarkan pola arus di perairan Teluk Kendari. *Jurnal Sapa Laut*, 6(2), 159–166.
<https://doi.org/10.33772/JSL.V6I2.19437>
- Akbar, L. F. A., Idrus, A. Al, Mahrus, M., & Santoso, D. (2024). Mangrove Structure and Composition Analysis in Teluk Jor, East Lombok Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 411–421.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2b.8253>
- Akbar, N., Baksir, A., Tahir, I., & Arafat, D. (2016). Struktur komunitas mangrove di Pulau Mare, Kota Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Ilmu Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan*, 5(3), 133–142.
<https://doi.org/10.13170/depik.5.3.5578>
- Akhrianti, I., Nurtjahya, E., & Syari, I. A. (2019). Kondisi komunitas mangrove di Pesisir Utara Pulau Mendanau dan Pulau Batu Dinding , Kabupaten Belitung. *Jurnal Akuatik*, 13(1), 12–26.
- Akram, A. M., & Hasnidar. (2022). Identifikasi kerusakan ekosistem mangrove di Kelurahan Bira Kota Makassar. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.33096/joint-fish.v5i1.101>
- Al-Khayat, J. A., & Alatalo, J. M. (2021). Relationship between tree size, sediment mud content, oxygen levels, and pneumatophore abundance in the mangrove tree species *avicennia marina* (Forssk.) vierh. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/jmse9010100>
- Alongi, D. M. (2002). Present state and future of the world ' s mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3), 331–349.
<https://doi.org/10.1017/S0376892902000231>
- Anggara, G. D., Febryano, I. G., Santoso, T., & Darmawan, A. (2020). Faktor–

faktor perubahan lahan mangrove di Pulau Pahawang. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi*, 1, 67–71.

Anonim. (2022). *Profil Desa Pulau Pahawang*.

Ardang, D. M., Soenardjo, N., & SPJ, N. T. (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>

Ariesta, E., Gultom, F. B., & Rahman, R. (2024). Analisis kualitas air berdasarkan parameter fisika dan parameter kimia di kawasan Universitas Bengkulu menggunakan metode IP (Indeks Pencemaran). *Jurnal Laboratorium Sains Terapan*, 1(2), 16–27.

Basyuni, M., Gultom, K., Fitri, A., Susetya, I. E., Wati, R., Slamet, B., Sulistiyono, N., Yusriani, E., Balke, T., & Bunting, P. (2018). Diversity and habitat characteristics of macrozoobenthos in the mangrove forest of Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 311–317.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d190142>

Bobsaid, M. W., & Jelani, L. M. (2017). Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus: Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura). *Jurnal Teknik*, 6(2), 564–569.

Bonita, M. K. (2016). Analisis perbedaan faktor habitat mangrove alam dengan mangrove rehabilitasi di Teluk Sepi Desa Buwun Mas Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 2(1), 6–12.
<http://www.untb.ac.id>

Budiman, M. A. K., Nabilah, R., & Sitanggang, F. I. (2021). Kajian kualitas kawasan mangrove dalam peningkatan pengelolaan wilayah pesisir di Pulau Pahawang. *Coastal and Ocean Journal*, 5(2), 64–73.
<https://www.researchgate.net/publication/358782831%0AKAJIAN>

Cabañas-Mendoza, M. D. R., Santamaría, J. M., Sauri-Duch, E., Escobedo-Graciamedrano, R. M., & Andrade, J. L. (2020). Salinity affects ph and lead availability in two mangrove plant species. *Environmental Research Communications*, 2(6). <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab9992>

Darwati, H., Nurkalida, & Astiani, D. (2021). Pertumbuhan tanaman bakau (*Rhizophora* spp.) di kawasan mangrove Kelurahan Setapak Besar Kota Singkawang. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(4), 686–694.

Dharmawan, I. W. E. (2021). Mangrove health index distribution on the restored post-tsunami mangrove area in Biak Island, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012007>

Dharmawan, I. W. E., & Khoir, A. F. (2020). *MonMang untuk monitoring mangrove*. NAS Media Pustaka.

Dharmawan, I. W. E., Suyarso, Ulumuddin, Y. I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). *Panduan monitoring struktur komunitas mangrove di Indonesia*. PT.

Media Sains Nasional.

- Djamadi, D. A., Faqih, A., Sm, F., & Safitri, I. (2024). Analisis struktur vegetasi hutan mangrove di Pesisir Tabongo Kecamatan Dulupi Kabupaten Boalemo. *Journal of Marine Research*, 13(2), 319–327. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.42138>
- Eddy, S., Mulyana, A., Ridho, M. R., & Iskandar, I. (2016). Dampak aktivitas antropogenik terhadap degradasi hutan mangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 2(2), 292–306. <https://doi.org/10.31219/osf.io/xd9cb>
- Fajar, M., Kassagi, A., Ario, R., & Soenardjo, N. (2024). Kajian persentase tutupan kanopi mangrove menggunakan metode Hemispherical Photography di Desa Sambiroto dan Desa Keboromo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal of Marine Research*. 13(1), 51–59.
- Fakhrurrozi, Yuniar, Z., Harun, M., & Lestariningsih, W. A. (2023). Community structure and health conditions of mangrove in Sabu Raijua. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 105–111. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4626>
- Hardiana, A. (2023). Analisis spasial sebaran dan kerapatan mangrove dengan interpretasi citra satelit sentinel 2a di Kecamatan Mamuju. *Jurnal Perikanan*, 13(2), 555–562. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i2.520>
- Harefa, M. S., Wardani, A., Ulfami, T., Pranata, R., & Rahmandi, M. T. (2022). Dampak aktivitas masyarakat terhadap ekosistem perairan mangrove di Kelurahan Belawan Sincang. *Journal of Laguna Geography*, 01(2), 29–34. <https://doi.org/10.52562/joulage.v1i2.482%0AAbstract>
- Heltria, S., Retiana Endang, E. G., Ramdhani, F., Yarkhasy Yuliardi, A., Janatul Magwa, R., Hermala, L., & Wulanda, Y. (2024). Studi karakteristik oseanografi sebagai rekomendasi waktu penanaman mangrove (studi kasus: Pulau Dompak). *Jurnal Kelautan*, 17(1), 9–18.
- Herdiana, N., Lukman, A. H., Mulyadi, K. (2008). Pengaruh dosis dan frekuensi aplikasi pemupukan npk terhadap pertumbuhan bibit Shorea ovalis korth. asal anakan alam di persemaian. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(3), 289-296.
- Hidayah, Z., Rachman, H. A., & As-syakur, A. R. (2023). Pemetaan kondisi hutan mangrove di kawasan pesisir Selat Madura dengan pendekatan Mangrove Health Index memanfaatkan citra satelit Sentinel-2. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 84–91. <https://doi.org/10.22146/mgi.78136>
- Humam, A., Hidayat, M., Nurrochman, A., Anestatia, A. I., Yuliantina, A., & Aji, Salomo, P. (2020). Identifikasi daerah kerawanan kebakaran hutan dan lahan menggunakan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh di Kawasan Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 1(1), 32–42. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.14>
- Idrus, A. Al, Liwa, I. M., Hadiprayitno, G., & Mertha, G. (2018). Sosialisasi peran dan fungsi mangrove pada masyarakat di Kawasan Gili Sulat Lombok

- Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 1(1), 52–59.
<https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jpmpi/article/view/213>
- Idrus, A. A., Mertha, I. G., Hadiprayitno, G., & Ilhamdi, M. L. (2014). Kekhasan morfologi spesies mangrove di Gili Sulat. *Jurnal Biologi Tropis*, 14(2), 120–128.
- Imamsyah, A., Bengen, D. G., & Ismet, M. S. (2020). Struktur dan sebaran vegetasi mangrove berdasarkan kualitas lingkungan biofisik di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(1), 88–99.
<https://doi.org/10.24843/ejes.2020.v14.i01.p08>
- Imra, Tarman, K., & Desniar. (2016). aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak nipah (*Nypa fruticans*) terhadap *Vibrio* sp. isolat kepiting bakau (*Scylla* sp.). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3), 241–250.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.3.241>
- Indrazora, T. H., Santoso, A., & Soenardjo, N. (2024). Mangrove Health Index di kawasan mangrove Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Reseach*, 13(4), 731–738. 10.14710/jmr.v13i4.43270
- Jumidah, Kadarsah, A., & Sari, S. G. (2021). Kajian potensi tumbuhan nipah (*Nypa fruticans* Wurm.) di Desa Tabanio Kabupaten Tanah Laut. *Natural Scientiae*, 1(1), 14–22.
- Karminarsih, E. (2007). Pemanfaatan ekosistem mangrove bagi minimasi dampak bencana di Wilayah Pesisir. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 13(3), 182–187.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2004). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove*.
- Kharimah, N., Muskananfolia, M. R., & Jati, O. E. (2019). Analisis laju sedimentasi pada mangrove *Rhizophora* sp. dan *Avicennia* sp. di Perairan Bedono, Demak. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 15(2), 124–128. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek>
- Kilinau, K., Femy, S., & Siti, N. (2023). Keanekaragaman dan pola zonasi mangrove di Desa Otiola Kecamatan Ponelo Kepulauan Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 11(3), 1–74.
- Kusmana, C., & Siregar, Y. (2020). Komposisi jenis dan regenerasi alami mangrove di BKPH Ujung-Krawang, KPH Bogor, Jawa Barat. *Journal of Tropical Silviculture*, 11(2), 65–70. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.11.2.65-70>
- Mandagi, C. M., Lepar, W., Timpal, T., Rompas, V., Talimpong, A., Gumolili, Y., & Mait, N. M. (2024). The role of diversity structure, dominance, and diameter of mangrove trees and mitigation of coastal abrasion at Darunu Village. *Jurnal Ilmiah Platax*, 12(2), 261–272.
<https://doi.org/10.35800/jip.v12i2.58232>
- Mardani, A., Purwanti, F., & Rudiyananti, S. (2017). Strategi pengembangan ekowisata berbasis masyarakat di Pulau Pahawang Propinsi Lampung.

- Management of Aquatic Resources Journal*, 6(1), 1–9.
<https://doi.org/10.14710/marj.v6i1.19804>
- Matatula, J., Poedjirahajoe, E., Pudyatmoko, S., & Sadono, R. (2019). Keragaman kondisi salinitas pada lingkungan tempat tumbuh mangrove di Teluk Kupang, NTT. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 425–434.
<https://doi.org/10.14710/jil.17.3.425-434>
- Medina, E. (1999). Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding. *Ecosistemas de Manglar*, 109–126.
http://www1.inecol.edu.mx/ecosistemasdemanglar/Cap_9.pdf
- Nahdah, S. F., Hartini, E., & Mentari, A. E. (2025). Dinamika salinitas dan kandungan logam berat Kadmium (Cd) di ekosistem mangrove: studi kasus di Mangunharjo, Semarang. *Jurnal Kesehatan*, 24(1), 145–155.
<https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/visikes/article/view/12277/5341#:~:text=1%20memiliki%20pH%20air%20lebih%20rendah%20atau%20yang%20dapat%20meningkatkan%20akumulasi%20logam%20berat%20dalam>
- Napitupulu, R. T., & Putra, M. H. S. (2024). Pengaruh BOD, COD Dan DO terhadap lingkungan dalam penentuan kualitas air bersih di Sungai Pesanggrahan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 79–82.
<https://doi.org/10.30595/civeng.v5i2.17878>
- Pinontoan, M. P., Paulus, J. J. H., Wullur, S., Rompas, R. M., Ginting, E. L., & Pelle, W. E. (2023). Oksigen terlarut dan pH di air sisipan sedimen mangrove dan pesisir di Desa Bulutui Kecamatan Likupang Barat. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 11(1), 132–138. <https://doi.org/10.35800/jplt.11.1.2023.52733>
- Priandeni, F. N., Prasetya, J. D., Aji, W., & Kristanto, D. (2024). Tantangan pengelolaan lingkungan industri menuju net zero emission. *Prosiding Seminar Nasional Satu Bumi ke-VI*, 251-259. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Purnama, M., Pribadi, R., & Soenardjo, N. (2020). Analisa tutupan kanopi mangrove dengan metode Hemispherical Photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3), 317–325.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27577>
- Putra, R. D., Napitupulu, H. S., Nugraha, A. H., Suhana, M. P., Ritonga, A. R., & Sari, T. E. Y. (2022). Pemetaan luasan hutan mangrove dengan menggunakan citra satelit di Pulau Mapur, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1), 20–30. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i1.12294>
- Radhiansyah, F., & Pribadi, I. G. O. S. (2022). Penataan fisik Pulau Pahawang sebagai area pendukung kegiatan wisata bahari. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 4(2), 2861–2874.
<https://doi.org/10.24912/stupa.v4i2.22402>
- Rambe, D. R., & Siregar, E. B. M. (2017). Pertumbuhan *Rhizophora stylosa* pada tambak silvofishery di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan. *Abdimas Talenta*, 2(1), 79–84.
- Riski, H. M., Marlian, N., & Zurba, N. (2021). Identifikasi jenis mangrove pada

- kawasan restorasi ekosistem mangrove di Desa Keude Panga Kecamatan Panga Kabupaten Aceh Jaya. *Journal of Aceh Aquatic Science*, 5(2), 56–69.
- Sari, D. R. P. (2023). Metode principal componenet analysis (PCA) sebagai penanganan asumsi multikolinearitas (studi kasus: data produksi tapioka). *Jurnal Matematika, Statistika dan Terapannya*, 02(02), 115–124.
- Sari, N. H. Y., Zakaria, A., & Dewi, C. (2023). Monitoring habitat terumbu karang di Pulau Pahawang Kabupaten Pesawaran. *Journal of Geodesy and Geomatics*, 3(1), 13–21. <https://doi.org/10.23960/datum.v3i1.3574>
- Senoaji, G., & Hidayat, M. F. (2016). Peranan ekosistem mangrove di Pesisir Kota Bengkulu dalam mitigasi pemanasan global melalui penyimpanan karbon. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(3), 327–333. <https://doi.org/10.22146/jml.18806>
- Sidik, F., Kusuma, D. W., Kadarisman, H. P., & Suhardjono. (2019). *Panduan Mangrove: Survei ekologi dan pemetaan*. Balai Riset dan Observasi Laut, BRSDM-KKP.
- Silitonga, O., Purnama, D., & Nofriadiansyah, E. (2018). Pemetaan kerapatan vegetasi mangrove di sisi Tenggara Pulau Enggano menggunakan data citra satelit. *Jurnal Enggano*, 3(1), 98–111. <https://doi.org/10.31186/jenggano.3.1.98-111>
- Sribudiani, E. V. I. (2007). Potensi pengembangan nipah. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 4(1), 54–59.
- Subiandono, E., Heriyanto, N. M., & Karlina, E. (2011). Potensi nipah (*Nypa fruticans* (Thumb.) Wurmb.) sebagai sumber pangan dari hutan mangrove. *Buletin Plasma Nutfah*, 17(1), 54–60.
- Supardi, N. P., Eliaumra, & Novayanti, I. (2019). Perbandingan struktur morfologi tumbuhan mangrove berdasarkan kondisi ekosistem di Desa Bakti Agung dan Desa Labuan Kabupaten Poso. *Jurnal Kependidikan*, 12(1), 13–28.
- Susanto, A., Khalifa, M. A., Munandar, E., Nurdin, H. S., Supadminingsih, F. N., Hasanah, A. N., Ayi, B., Irnawati, R., Rahmawati, A., Putra, A. N., & Alansar, T. (2022). Kondisi kesehatan ekosistem mangrove sebagai sumber potensial pengembangan ekonomi kreatif pesisir Selat Sunda. *Journal of Local Food Security*, 3(1), 172–181. <https://doi.org/10.37818/leuit.v3i1.15648>
- Syafitri, A., Siregar, E. S., & Elimasni. (2024). Keragaman jenis tumbuhan mangrove marga *Sonneratia* L.f (Lythraceae: Sonneratoideae) di Belawan Pulau Sincang, Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 23(1), 115–128. <https://doi.org/10.55981/beritabiologi.2024.3901>
- Tamrin, M., Nurdin, A. S., & Tjan, A. P. (2021). Pengaruh aktivitas masyarakat terhadap kerusakan hutan mangrove di Desa Gamlamo Kecamatan Jailolo Kabupaten Halmahera Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 4(1), 262–268. <https://doi.org/10.33387/jikk.v4i1.3349>
- Tefarani, R., Tri Martuti, N. K., & Ngabekti, S. (2019). Keanekaragaman spesies

- mangrove dan zonasi di wilayah Kelurahan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Life Science*, 8(1), 41–53.
<https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29989>
- Tony, F., Yuliyanto, Raihan, I. M., Hidayat, A. S., & Iskandar, R. (2023). The connection between canopy cover and water quality in the coastal of Tabanio Village of Tanah Laut Regency, South Kalimantan. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 139(7), 218–225.
<https://doi.org/10.18551/rjoas.2023-07.23>
- Tsabita, A., Sunarto., & Pamungkas, W. (2025). Pengaruh faktor lingkungan terhadap kondisi mangrove hasil rehabilitasi di Pulau Harapan, Kepulauan Seribu. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(2), 190–204.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v14i2.65378>
- Tuaputty, H., Smith, A., & Tuanakotta, R. M. (2022). Struktur morfometrik berbagai jenis daun tanaman mangrove di Desa Hulaliu. *Biopendix*, 9(1), 132–140.
- Velati, Z. A., Suryono, & Pratikto, I. (2024). Jenis substrat dan tingkat kerapatan mangrove di kawasan konservasi mangrove Baros Yogyakarta. *Journal of Marine Research*, 13(4), 739–745. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i4.43088>
- Wailisa, R., Putuhena, J. D., & Soselisa, F. (2022). Analisis kualitas air di hutan mangrove pesisir Negeri Amahai Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 6(1), 57–71.
<https://doi.org/10.30598/10.30598.jhppk.2022.6.1.57>
- Wasil, M., & Muhsoni, F. F. (2023). Mangrove health index (MHI) di wisata mangrove Tajungan Kecamatan Kamal Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 4(4), 366–375.
<https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i4.19287>
- Wicaksono, A. U., Hamsiah, H., & Yusuf, K. (2023). Keanekaragaman biota penempel yang berasosiasi dengan ekosistem mangrove di Pantai Puntondo Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari*, 1(1), 65–75. <https://doi.org/10.33096/jiwall.v1i1.375>
- Wiharyanto, D., & Laga, A. (2010). Kajian pengelolaan hutan mangrove di kawasan konservasi Desa Mamburungan Kota Tarakan Kalimantan Timur (the assessment of mangrove forest management in conservation area, Mamburungan Village Tarakan City–East Kalimantan). *Media Sains*, 2(1), 10–17.
- Wijdanisa, R., Arief, M. C. W., Nurruhwati, I., & Ismail, M. R. (2025). Sebaran makroplastik di Kawasan Ekowisata Mangrove Karangsong Indramayu Jawa Barat. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(1), 157–166.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v14i1.67297>
- Wilujeung, A. D., Firdaus, H. G., Arianti, I., Armelita, A., & Arifin, W. A. (2022). Studi Analisis Perubahan Luasan Vegetasi Mangrove Menggunakan Penginderaan Jauh Dan Bisnis Intelijen Serta Faktor Penyebabnya Di Kawasan Muara Angke. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 21(1), 52.
<https://doi.org/10.31941/penaakuatika.v21i1.1572>

Wulandari, C., Hapsari, N. T. K., Putranto, D. W., & Syahid, T. U. (2023). Potensi Ekosistem Mangrove untuk Mewujudkan Kawasan Pesisir Berkelanjutan di Desa Wedung. *Jurnal Pengabdian, Riset, Kreativitas, Inovasi dan Teknologi Tepat Guna*, 1(2), 81–92.
<https://doi.org/http://doi.org/10.22146/parikesit.v1i2.9562>