

KONSEP REHABILITASI EKOSISTEM LAMUN DI PULAU BIAWAK, INDRAMAYU: IDENTIFIKASI LOKASI, SPESIES, DAN METODE TRANSPLANTASI

SUPI ULIL ABSOR



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Konsep Rehabilitasi Ekosistem Lamun di Pulau Biawak, Indramayu: Identifikasi Lokasi, Spesies, dan Metode Transplantasi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2025

Supi Ulil Absor
C2401211034

ABSTRAK

SUPI ULIL ABSOR. Konsep Rehabilitasi Ekosistem Lamun di Pulau Biawak, Indramayu: Identifikasi Lokasi, Spesies, dan Metode Transplantasi Lamun. Dibimbing oleh FREDINAN YULIANDA dan AGUSTINUS MANGARATUA SAMOSIR.

Ekosistem lamun di Pulau Biawak, Indramayu, berperan penting dalam mendukung produktivitas pesisir tapi, telah mengalami degradasi. Penelitian ini bertujuan menyusun rencana aksi rehabilitasi lamun di Pulau Biawak, Indramayu. Metode yang digunakan meliputi pengamatan parameter lingkungan, status komunitas lamun, dan identifikasi lokasi. Spesies lamun di Pulau Biawak hanya satu spesies yaitu, *Enhalus acoroides* dengan tutupan 6%. Rekomendasi transplantasi pada lokasi 1 dan 2 mencakup dua lokasi dengan luas total 2.850 m², menggunakan metode transplantasi *sprig anchor* dan spesies *Thalassia hemprichii*. Sedangkan transplantasi pada lokasi 3 dengan substrat pasir berlumpur seluas 1.005 m², menggunakan metode *Transplanting Eelgrass Remotely with Frame system (TERFs)* dan spesies *Enhalus acoroides*.

Kata kunci: *Enhalus acoroides*, Lamun, Pulau Biawak, Rehabilitasi, *Thalassia hemprichii*

ABSTRACT

SUPI ULIL ABSOR. Seagrass Ecosystem Rehabilitation Concept on Biawak Island, Indramayu: Sites, Species, and Methods Identification. Supervised by FREDINAN YULIANDA and AGUSTINUS MANGARATUA SAMOSIR.

The seagrass ecosystem in Pulau Biawak, Indramayu, has played an important role in supporting coastal productivity has experienced degradation. This research aims to develop a seagrass rehabilitation action plan for Biawak Island, Indramayu. The methods used include observing environmental parameters, assessing the status of the seagrass community, and identifying suitable locations. The seagrass species found on Biawak Island is only one species, *Enhalus acoroides*, with a coverage of 6%. The transplantation recommendations for locations 1 and 2 cover a total area of 2850 m², using the sprig anchor transplantation method and the *Thalassia hemprichii* species. Meanwhile, transplantation at location 3, with a muddy sand substrate covering seluas 1005 m², uses the *Transplanting Eelgrass Remotely with Frame system (TERFs)* and the *Enhalus acoroides* species.

Keyword: Biawak Island, *Enhalus acoroides*, Rehabilitation, Seagrass, *Thalassia hemprichii*



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KONSEP REHABILITASI EKOSISTEM LAMUN DI PULAU BIAWAK, INDRAMAYU: IDENTIFIKASI LOKASI, SPESIES, DAN METODE TRANSPLANTASI

SUPI ULIL ABSOR

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Fery Kurniawan, S.Kel., M.Si.
2. Intan Rabiyan, S.Pi., M.Si.

Judul Penelitian : Konsep Rehabilitasi Ekosistem Lamun di Pulau Biawak, Indramayu:
Identifikasi Lokasi, Spesies, dan Metode Transplantasi

Nama : Supi Ulil Absor

NIM : C2401211034

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.



Pembimbing 2:

Ir. Agustinus M. Samosir, M.Phil.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil.

NIP. 196402131989031014



Tanggal Ujian: 10 April 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai Desember 2024 ini berjudul “Konsep Rehabilitasi Ekosistem Lamun di Pulau Biawak, Indramayu: Identifikasi Lokasi, Spesies, dan Metode Transplantasi”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu terima kasih Penulis sampaikan kepada:

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan, penyusunan, dan penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi di Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
2. Ibu Dwi Yuni Wulandari, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan di MSP.
3. Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc. selaku Ketua Komisi Pembimbing Skripsi; Dr. Agustinus M. Samosir selaku Anggota Komisi Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, memberi masukan dan arahan selama penyusunan skripsi.
4. Proyek pendanaan penelitian BIMA (Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat) dari Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan KEMDIKBUD RISTEK 2024.
5. Kepada Ibunda tercinta dan adik penulis, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, semangat, dan doa serta dukungan yang tak henti mengiringi setiap langkah penulis.
6. Kepada Tim Biawak, khususnya Fatim, Capau, Bang Firsta, dan Kak Intan yang telah setia kebersamai penulis sejak awal perjalanan penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Kepada sahabat-sahabat pejuang yaitu, Afif, Bebet, Cipa, Dela, Luna, Tabina, Ucup, Windi, Reza, dan Rahfa, yang telah menjadi teman seperjalanan dalam suka dan duka selama masa perkuliahan.
8. Kepada seluruh rekan seperjuangan MSP 58 Jalaxea, yang telah kebersamai perjalanan akademik penulis.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Supi Ulil Absor
NIM. C2401211034



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Lokasi	4
2.2 Pengumpulan Data	4
2.3 Analisis Data	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	10
3.1 Kondisi Umum Pulau Biawak	10
3.2 Prameter Lingkungan	12
3.3 Status Komunitas dan Matriks Rehabilitasi Lamun	14
3.4 Upaya Rehabilitasi Ekosistem Lamun	17
3.5 Strategi Rehabilitasi Lamun	18
IV SIMPULAN DAN SARAN	32
4.1 Simpulan	32
4.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	40
RIWAYAT HIDUP	44

DAFTAR TABEL

1	Kategori kesehatan lamun	6
2	Kategori tutupan makroalga	7
3	Status kesehatan ekosistem lamun	8
4	Matriks rehabilitasi lamun	8
5	Jenis lamun berdasarkan habitat	9
6	Nilai parameter kualitas air	12
7	Hasil perhitungan kesehatan lamun	16
8	Hasil perhitungan IKEL	16
9	Hasil perhitungan matriks rehabilitasi lamun	17
10	Studi literatur hasil transplantasi lamun	28

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian	4
2	Areal observasi (penyapuan) ekosistem lamun	5
3	Kondisi bangunan di Pulau Biawak	10
4	Peta ekosistem mangrove, terumbu karang, dan lamun di Pulau Biawak	11
5	Kondisi dermaga yang sudah rusak	12
6	Kondisi ekosistem lamun di Pulau Biawak	14
7	Dampak peningkatan nutrisi terhadap lamun	15
8	Peta lokasi transplantasi	19
9	Kondisi perairan pada lokasi 1 dan 2	20
10	Kondisi perairan pada lokasi 3	21
11	Morfologi lamun <i>Enhalus acoroides</i>	22
12	Morfologi lamun <i>Thalassia hemprichii</i>	23
13	Sketsa penempatan <i>polybag</i> transplantasi lamun	24
14	Sketsa metode transplantasi <i>sprig anchor</i>	25
15	Sketsa metode transplantasi <i>TERFs</i>	26
16	Sketsa metode transplantasi <i>plug</i>	27
17	Peta rekomendasi lokasi transplantasi pada lokasi 1 dan 2	30
18	Peta desain lokasi transplantasi lamun pada lokasi 3	31

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data <i>sheet</i> habitat lamun lokasi 1	40
2	Data <i>sheet</i> habitat lamun lokasi 2	41
3	Data <i>sheet</i> habitat lamun lokasi 3	42
4	Data <i>sheet</i> tutupan lamun total lokasi 3	43
5	Perhitungan luasan lokasi transplantasi pada lokasi 1 dan 2 menggunakan <i>Google earth</i>	43
6	Perhitungan luasan lokasi transplantasi pada lokasi 3 menggunakan <i>Google earth</i>	43



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Biawak merupakan salah satu pulau kecil yang menjadi kawasan konservasi sejak 7 April 2004. Pulau Biawak terletak di Kabupaten Indramayu dan pengelolaannya diatur sebagai Kawasan perlindungan plasma nutfah dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 1 Tahun 2013 tentang Pedoman Pelestarian dan Pengendalian Pemanfaatan Kawasan Lindung pasal 7. Selain itu, Pulau Biawak juga menjadi taman wisata alam laut berdasarkan rencana tata ruang wilayah Kabupaten Indramayu tahun 2011-2031 pasal 40 ayat 3. Menurut Pratikto dan Munasik (2014), sumber daya perairan di sekitar Pulau Biawak dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sebagai area penangkapan ikan. Beberapa ekosistem yang dapat ditemukan di Pulau Biawak adalah ekosistem terumbu karang, mangrove, dan lamun (Nurlaela dan Warlina 2018).

Ekosistem lamun merupakan hamparan lamun yang membentuk padang lamun pada suatu daerah perairan laut dangkal yang terdiri dari satu atau multijenis lamun (Hartini dan Lestarini 2019). Berdasarkan data penelitian BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) 2017 kondisi padang lamun di Indonesia masih kurang baik. Hal tersebut karena tutupan hanya mencapai 40% sesuai dengan presentase luas tutupan pada Keputusan Menteri (Kepmen) Lingkungan Hidup Nomor 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun. Lamun dapat menyebar bergantung pada kondisi lingkungan pantai dan pola pasang surut air laut. Lamun yang tersebar di Indonesia pada saat ini sebanyak 15 spesies (2 famili dan 7 genus). Spesies yang umum ditemukan di Indonesia terdapat 12 spesies yaitu, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Enhalus acoroides*, *Halophila decipiens*, *Halophila spinulosa*, *Halophila ovalis*, *Halophila minor*, *Thalassia hemprichii*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Thalassodendron ciliatum* (Azkab 2006).

Ekosistem lamun memiliki produktivitas yang tinggi dan memiliki fungsi dalam ekologis maupun ekonomis. Fungsi lamun secara ekologis yaitu berperan dalam produktivitas primer, sumber makanan, menstabilkan sedimen, tempat hidup biota, *nursery ground*, dan mengurangi dampak kuatnya arus (Yulianda 2019). Karena itu, ekosistem lamun memiliki peran penting dalam mendukung produktivitas ekosistem pesisir lainnya. Kondisi ekologis di Pulau Biawak telah mengalami degradasi termasuk biotanya, seperti ikan telah terjadi *overfishing*. Selain itu, terdapat sampah *ghost trap* dan limbah aktivitas manusia menyebabkan penurunan kualitas sumberdaya perikananannya. Hal tersebut menjadi ancaman sesuai yang disampaikan oleh Reid *et al.* (2009), degradasi sumberdaya di wilayah pesisir telah terjadi dengan hilangnya lebih dari 60% area lamun diseluruh dunia. Ekosistem lamun dapat mempengaruhi kestabilan sedimen dan kejernihan serta kualitas air. Selain itu, salah satu fungsi yang menarik dari lamun adalah sebagai penyerap karbon (Rasong 2024). Sedangkan fungsi lamun secara ekonomis salah satunya adalah sebagai objek ekowisata. Lamun memiliki karakteristik yang unik dan indah sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu objek ekowisata yang cukup potensial jika dikelola dengan baik (Hartini dan Lestarini 2019).

Ekosistem lamun di pulau Biawak memiliki tutupan dan kerapatan yang sangat rendah atau miskin (Sunarto *et al.* 2012). Selain itu, kondisi secara kuantitas

dan kualitasnya telah mengalami degradasi (Hutahaean *et al.* 2022). Ekosistem lamun yang baik akan memiliki tutupan dan kerapatan yang tinggi atau kaya. Faktor yang dapat mempengaruhi kondisi ekosistem lamun di berbagai daerah tropis yaitu, lingkungan, biologi, dan iklim yang ekstrem. Berdasarkan faktor tersebut juga dapat menyebabkan hilangnya ekosistem lamun pada daerah iklim tropis (Orth *et al.* 2006). Substrat di Pulau Biawak didominasi oleh jenis substrat berupa pasir dan patahan terumbu karang menjadi salah satu penyebab berkurangnya ekosistem lamun. Menurut Kiswara (2004), kecerahan, arus, kedalaman, air, dan tipe substrat dapat mempengaruhi kerapatan jenis lamun dan morfologinya

Kondisi ekosistem lamun di Pulau Biawak tersebut menunjukkan bahwa perlu adanya upaya konservasi melalui rehabilitasi. Rehabilitasi merupakan proses untuk mengembalikan, meningkatkan, serta menjaga fungsi suatu wilayah supaya memiliki produktivitas dan daya dukung yang tinggi. Berkurangnya lamun pada Kawasan ekosistem pesisir tidak hanya berdampak terhadap biodiversitas lokal tetapi, juga pada fungsi lainnya seperti habitat ikan, penyerapan karbon, dan kestabilan pantai (Graha *et al.* 2016). Situasi tersebut akan semakin menekan kondisi ekosistem lamun dengan adanya tambahan sampah antropogenik dapat mengganggu kualitas air yang diperlukan untuk lamun. Oleh karena itu, perlu dikembangkan strategi konservasi yang sesuai dengan kondisi lingkungan di Pulau Biawak melalui rencana aksi rehabilitasi ekosistem lamun.

1.2 Rumusan Masalah

Ekosistem padang lamun berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir lainnya karena memiliki produktivitas yang tinggi. Salah satunya sebagai habitat untuk berbagai biota laut seperti ikan, moluska, dan krustasea (Jalaludin *et al.* 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sunarto *et al.* (2013), kondisi ekosistem lamun di Pulau Biawak hanya memiliki tutupan 10% dan dikategorikan miskin. Permasalahan telah terjadi peningkatan degradasi lamun setiap tahunnya sehingga lamun yang ditemukan di Pulau Biawak semakin berkurang. Selain itu, spesies lamun yang ditemukan di Pulau Biawak hanya satu spesies yaitu, *Enhalus acoroides* meskipun sebelumnya pernah ditemukan spesies *Thalassia hemprichii*.

Transplantasi lamun merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan dalam upaya rehabilitasi ekosistem lamun (Lanuru *et al.* 2013). Oleh karena itu, diperlukan kajian aspek ekologi lamun yang diintegrasikan dengan GIS (*Geographical Information System*) serta pengamatan langsung di lapangan untuk mengidentifikasi lokasi potensial dan metode yang tepat dalam mendukung kelestarian lamun. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data serta informasi mengenai tingkat kelangsungan hidup lamun melalui metode transplantasi, mengingat hingga saat ini belum terdapat kegiatan transplantasi lamun di Pulau Biawak.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan menyusun konsep rehabilitasi habitat lamun yang mengalami degradasi di Pulau Biawak, Indramayu.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi ilmiah mengenai konsep rehabilitasi lamun yang mengalami degradasi di Pulau Biawak, Indramayu

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

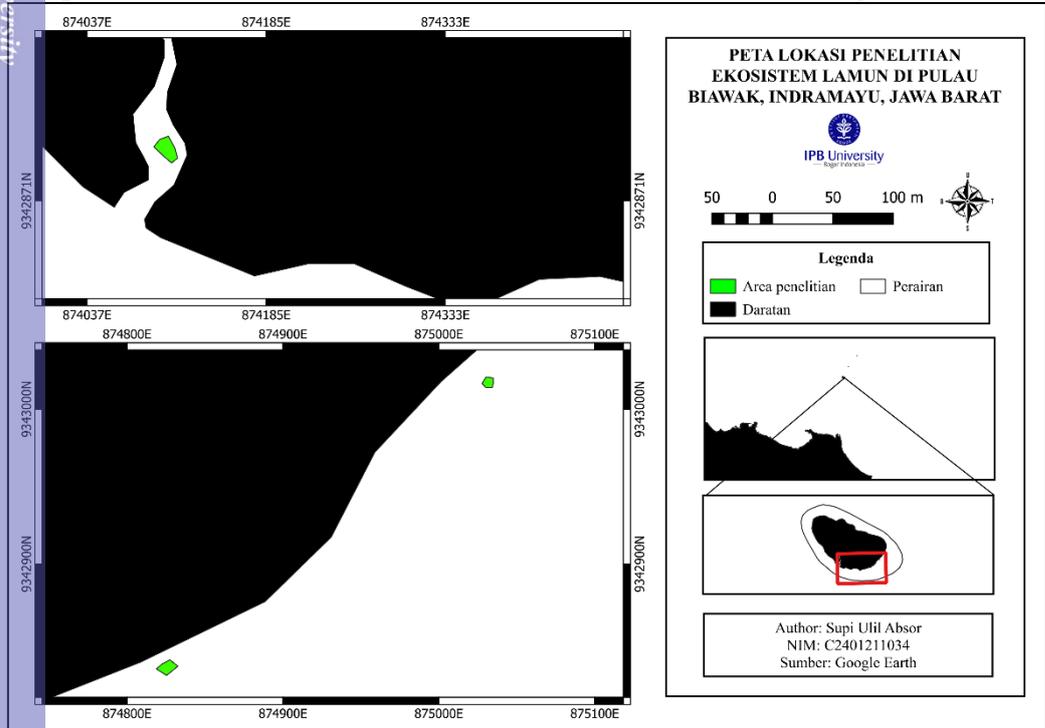
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



II METODE

2.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2024 di Pulau Biawak, Kabupaten Indramayu (Gambar 1), serta di laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Penentuan stasiun pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu teknik pemilihan lokasi berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu. Menurut Riniatsih (2015), *purposive sampling* merupakan metode pengambilan sampel yang mempertimbangkan karakteristik lokasi yang telah diketahui sebelumnya. Adapun karakteristik yang menjadi dasar pemilihan lokasi pengamatan dalam penelitian ini meliputi keberadaan ekosistem lamun dan kemudahan akses menuju lokasi.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Pengumpulan Data

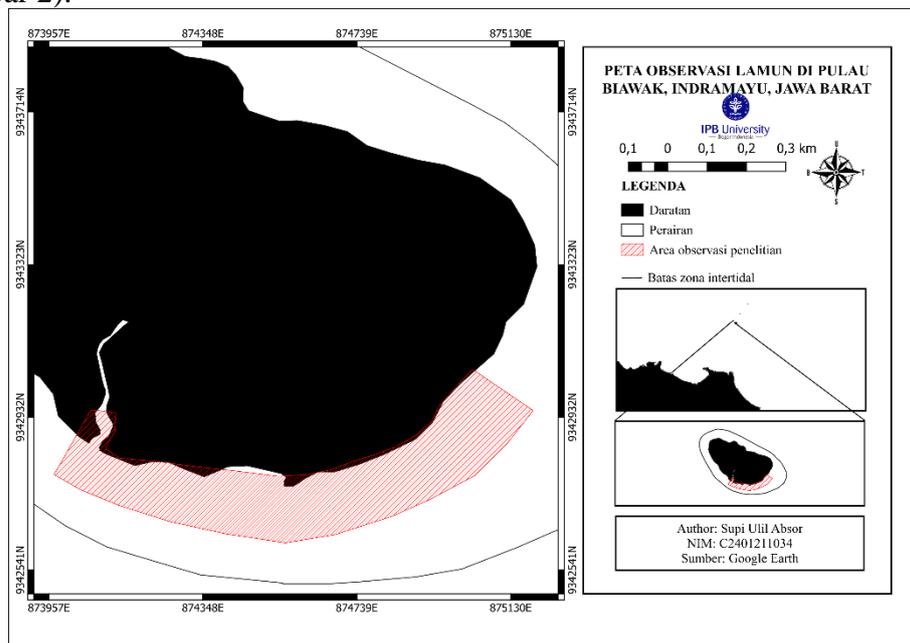
Penelitian ini melakukan pengumpulan data berupa data primer melalui observasi dan pengukuran di lokasi penelitian. Data primer yang dikumpulkan yaitu, data kondisi parameter lingkungan dan ekologi lamun serta data persepsi melalui wawancara kepada masyarakat dan *stakeholder* setempat.

2.2.1 Pengumpulan Data Ekologi Lamun dan Makroalga

Metode yang digunakan dalam pengamatan tutupan lamun dan makroalga di Pulau Biawak menggunakan metode observasi dan metode *seagrass watch* (McKenzie dan Yoshida 2009). Metode observasi dilakukan secara langsung untuk mengetahui sebaran lamun dan makroalga yang ada di perairan (Rahmawati *et al.* 2019). Lokasi penelitian didapatkan setelah melakukan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

observasi secara langsung dengan menyapu wilayah penelitian di Pulau Biawak (Gambar 2).



Gambar 2. Areal observasi (penyapuan) ekosistem lamun

Metode yang digunakan dalam pengamatan tutupan lamun dan makroalga di Pulau Biawak disesuaikan dengan kondisi sebaran lamun yang tidak merata (*patchy distribution*). Oleh karena itu, pengumpulan data dilakukan dengan metode penyapuan area (*sweeping observation*) untuk mengidentifikasi keberadaan lamun dan makroalga. Setiap area dengan keberadaan lamun yang ditemukan akan dicatat luasannya secara langsung tanpa menggunakan transek linier karena metode tersebut kurang representatif untuk pola sebaran tidak merata (McKenzie dan Yoshida 2009; Rahmawati *et al.* 2019). Metode ini dinilai lebih tepat untuk menggambarkan kondisi aktual ekosistem lamun di Pulau Biawak.

2.2.2 Pengumpulan Data Kualitas Air

Menurut Kamaludin *et al.* (2022), beberapa parameter kualitas air yang penting untuk kehidupan lamun yaitu, mencakup kecerahan, salinitas, suhu, pH, dan DO. Meskipun terdapat parameter lainnya yang dapat mempengaruhi kehidupan lamun, tapi parameter tersebut diambil karena merupakan parameter utama kehidupan lamun.

a. Kecerahan

Kecerahan pada perairan diukur menggunakan *secchi disk*. Pada stasiun penelitian, *secchi disk* dimasukkan sampai tidak terlihat dan diangkat sampai terlihat kembali. Kecerahan perairan tersebut dipengaruhi juga oleh nilai kedalaman perairan (Kesuma 2005).

b. Salinitas

Salinitas diukur menggunakan *refractometer* sebanyak satu kali dalam pengamatan. Karena, lokasinya berdekatan maka, umumnya nilai salinitas akan sama. Air sampel diambil dengan menggunakan pipet dan

diteteskan ke dalam refractometer sehingga nilai salinitasnya akan dapat diketahui.

c. Suhu, pH, dan *Dissolved Oxygen* (DO)

Parameter kualitas air berupa suhu, pH, dan DO diukur menggunakan *Water Quality Checker*. Pengukuran suhu dilakukan pada titik yang telah ditentukan dengan hasil dinyatakan dalam satuan derajat celsius (°C). pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman/kebasaan air laut, sedangkan DO untuk menentukan kadar oksigen terlarut.

2.3 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis kesehatan ekosistem lamun dan kualitas lingkungan untuk menghasilkan matriks rehabilitasi.

2.3.1 Analisis Data Ekologi Lamun

a. Spesies lamun

Penentuan spesies lamun dilakukan secara visual di lokasi penelitian dengan menggunakan panduan buku identifikasi. Buku identifikasi berisikan karakteristik morfologi spesies. Keanekaragaman spesies lamun akan berpengaruh positif terhadap pemulihan ekosistem (Williams *et al.* 2017).

b. Luas tutupan lamun

Luas tutupan lamun merupakan total luas area yang tertutupi oleh suatu jenis lamun. Tutupan lamun dihitung menggunakan rumus menurut (Fachrul 2007).

$$Ci = \frac{ai}{A} \times 100\%$$

Keterangan: Ci = Persentasi tutupan lamun
ai = Luas total tutupan lamun jenis ke-i
A = Jumlah total pengambilan sampel

Kategori tutupan lamun dapat disesuaikan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati *et al.* (2017). Kategori tutupan lamun menjadi aspek kesehatan lamun untuk identifikasi matriks rehabilitasi yang dibagi ke dalam empat kategori (Tabel 1).

Tabel 1. Kondisi kesehatan lamun

Persentase tutupan lamun	Kategori tutupan
0-25	Buruk
26-50	Sedang
51-75	Baik
76-100	Sangat baik

Sumber: Rahmawati *et al.* (2017)

c. Luas tutupan makroalga

Luas tutupan makroalga merupakan persentase makroalga menutupi area substrat perairan. Perubahan tutupan makroalga dapat menunjukkan

perubahan lingkungan seperti kondisi nutrien. Persentase luas tutupan makroalga dihitung menggunakan rumus berikut (Ayhuan *et al.* 2017).

$$c = \frac{\sum Ci}{A} \times 100\%$$

Keterangan: c = Persentase tutupan
 $\sum Ci$ = Jumlah unit tutupan setiap jenis makroalga
 A = Jumlah total transek

Kategori luas tutupan makroalga menurut Rahmawati *et al.* (2019), dibagi kedalam empat kategori (Tabel 2).

Tabel 2. Kategori tutupan makroalga

Persentase tutupan makroalga	Kategori tutupan
<10	Sedikit
10-30	Sedang
>30	Melimpah

d. Indeks kesehatan ekosistem lamun

Indeks kesehatan ekosistem lamun (IKEL) merupakan analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan lamun. Analisis IKEL dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis lamun, tutupan lamun, dan kecerahan perairan. Tutupan epifit tidak digunakan sebagai parameter penilaian kondisi ekosistem lamun karena keterbatasan waktu pengamatan di lapangan dan kompleksitas identifikasi epifit secara akurat. Tutupan epifit cenderung fluktuatif dan membutuhkan metode pengamatan mikroskopis serta waktu inkubasi tertentu agar hasilnya valid (Kiswara 2004). Selain itu, epifit dapat berasal dari berbagai sumber yang tidak selalu berasosiasi langsung dengan kondisi lamun itu sendiri (Muntingh *et al.* 2021). Persamaan dalam menghitung IKEL adalah sebagai berikut (Hernawan *et al.* 2021).

$$IKEL = \frac{St}{Sref} \times 0.25 + \frac{Ct}{Cref} \times 0.25 + \frac{Wt}{Wref} \times 0.25 + \left(1 - \left(\frac{Mt}{Mmax}\right)\right) \times 0.25$$

Keterangan:

St : Komposisi spesies lamun
 Sref : Nilai maksimal komposisi spesies lamun (9)
 Ct : Persentase tutupan lamun
 Cref : Persentase tutupan maksimal (100)
 Wt : Kecerahan perairan
 Wref : Kecerahan maksimal perairan (2)
 Mt : Persentase tutupan makroalga
 Mmax : Persentase maksimal makroalga (100)

Kategori luas tutupan makroalga menurut Rahmawati *et al.* (2022), dibagi kedalam lima kategori (Tabel 3).

Tabel 3. Status kesehatan ekosistem lamun

Nilai IKEL (%)	Status Ekosistem Lamun
0,85-1	Sangat baik
0,69-0,84	Baik
0,53-0,68	Sedang
0,37-0,52	Buruk
0,0-0,36	Sangat buruk

e. Matriks rehabilitasi lamun

Matriks rehabilitasi lamun merupakan matriks yang digunakan untuk mengetahui jenis rehabilitasi yang dapat diterapkan dalam suatu ekosistem (Tabel 4). Aspek yang menjadi tolak ukur dalam matriks tehabilitasi lamun adalah kesehatan lamun (tutupan) dan kualitas lingkungan lamun (indeks kesehatan ekosistem lamun). Komponen tersebut didasarkan pada filosofi bahwa kesehatan ekosistem lamun ditentukan oleh interaksi antara struktur komunitas lamun, fungsi ekologis, dan tekanan lingkungan. Komposisi spesies mencerminkan stabilitas dan kompleksitas ekosistem, tutupan lamun menunjukkan kapasitas fungsi ekologis, sedangkan kecerahan perairan berkaitan langsung dengan potensi fotosintesis lamun. Sementara itu, tutupan makroalga digunakan sebagai indikator tekanan lingkungan, khususnya eutrofikasi akibat peningkatan nutrien.

Tabel 4. Matriks rehabilitasi lamun

Kualitas lingkungan lamun	Kesehatan lamun		
	Buruk	Sedang	Baik
Buruk			
Sedang			
Baik			

Sumber: Samosir (1996) dalam Adinegoro *et al.* (2022).

Keterangan:

- Cells berwarna merah = restorasi
- Cells berwarna kuning = rehabilitasi
- Cells berwarna abu = replantasi
- Cells berwarna hijau = proteksi

2.3.2 Analisis Habitat dan Spesies Transplantasi

a. Identifikasi habitat

Identifikasi habitat dilakukan untuk mengetahui kondisi dan habitat yang sesuai untuk spesies lamun yang akan di transplantasi. Habitat yang dimaksud adalah habitat untuk melakukan transplantasi. Aspek yang diamati dari habitat ini mencakup kondisi substrat dan lokasinya.

b. Identifikasi spesies

Identifikasi spesies dilakukan untuk menentukan spesies apa yang akan ditransplantasi di lokasi rehabilitasi. Selain kualiatas ari di Pulau Biawak, yang menjadi pertimbangannya adalah berdasarkan jenis substrat.

Spesies lamun dikelompokkan sesuai dengan habitatnya untuk proses transplantasi (Tabel 5).

Tabel 5. Jenis lamun berdasarkan habitat

No	Spesies	Habitat
1	<i>Cymodocea rotundata</i> ; <i>Cymodocea serrulata</i>	Tumbuh pada daerah intertidal dan umumnya di daerah intertidal dekat dengan mangrove serta kondisi substrat pasir didominasi oleh patahan karang.
2	<i>Enhalus acoroides</i>	Tumbuh pada lokasi perairan keruh dan substrat berlumpur serta dapat hidup tinggal ataupun mendominasi.
3	<i>Halodule pinifolia</i> ; <i>Halophila decipiens</i> ; <i>Halophila minor</i> ; <i>Halophila ovalis</i>	Tumbuh pada substrat berlumpur, pertumbuhan yang cepat, jenis yang mendominasi di daerah intertidal serta dapat hidup di kedalaman 25 m.
4	<i>Halodule uninervis</i> ; <i>Halophila spinulosa</i>	Tumbuh pada substrat rata-rata terumbu karang yang rusak dan membentuk padang lamun jenis tunggal.
5	<i>Syringodium isoetifolium</i>	Tumbuh pada lokasi subtidal yang dangkal dan berlumpur.
6	<i>Thalassia hemprichii</i>	Tumbuh pada substrat berpasir, biasanya tumbuh dengan spesies lain, mampu hidup pada kedalaman 25 m, dan termasuk jenis yang sering dijumpai.
7	<i>Thalassodendron ciliatum</i>	Tumbuh berasosiasi dengan terumbu karang dan mendominasi daerah subtidal.

Sumber: Zurba (2018).



III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum Pulau Biawak

Pulau Biawak sering disebut juga sebagai Pulau Rakit yang terletak di Laut Jawa, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Letak Pulau Biawak memiliki jarak sejauh 28 mil atau 40 km dari pantai utara Tirtamaya Indramayu. Menurut Nurlaela dan Warlina (2018), Pulau Biawak memiliki luas sebesar 120 Ha dengan ciri khas terdapat banyak hewan Biawak (*Varanus salvator*). Selain itu, terdapat mercusuar yang didirikan oleh Belanda pada tahun 1872 sehingga Pulau Biawak menjadi jalur pelayaran domestik. Lokasi Pulau Biawak ini tidak dihuni oleh masyarakat meskipun memiliki potensi ekosistem yang cukup tinggi. Hal tersebut salah satunya disebabkan karena akses dan keamanan menuju lokasi kurang relatif memadai. Beberapa bangunan yang ada di sana sudah rusak dan tidak layak digunakan (Gambar 3).

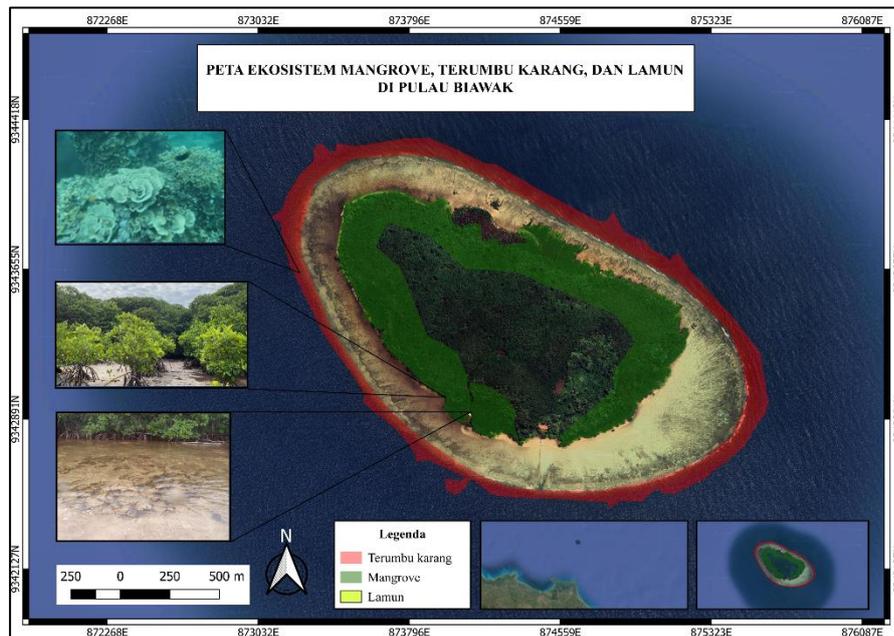


Gambar 3. Kondisi bangunan di Pulau Biawak

Berdasarkan keputusan terbaru dari Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia pada tahun 2021 Pulau Biawak telah dijadikan sebagai Kawasan Konservasi Perairan. Pulau Biawak juga telah dibagi menjadi tiga zonasi yaitu, zonasi inti, zonasi pemanfaatan, dan zona lainnya untuk rehabilitasi serta zona bangunan. Kondisi ekosistem di Pulau Biawak sebagian besar masih alami meskipun terdapat beberapa tekanan antropogenik. Ekosistem yang terdapat di Pulau Biawak yaitu, ekosistem mangrove, terumbu karang, dan lamun (Gambar 4). Ekosistem mangrove di Pulau Biawak memiliki kondisi baik dengan tutupan yang cukup tinggi. Beberapa lokasi ekosistem mangrove tersebut terdapat lokasi rehabilitasi atau penanaman mangrove yang dilakukan oleh pengelola. Selain itu, Kesehatan ekosistem mangrove juga akan berpengaruh terhadap Kesehatan ekosistem lamun (Muntashib *et al.* 2018). Akan tetapi, aktivitas manusia mengakibatkan beberapa ancaman terhadap ekosistem terumbu karang dan lamun. Lamun yang ada di Pulau tersebut hanya tumbuh sedikit dengan kondisi yang tidak

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

sehat. Hal tersebut menjadi tantangan untuk dapat mengembangkan ekosistem yang telah rusak.



Gambar 4. Peta ekosistem mangrove, terumbu karang, dan lamun di Pulau Biawak

Pemanfaatan Pulau Biawak digunakan untuk beberapa kegiatan seperti penelitian, perikanan, dan berpotensi sebagai tempat ekowisata dan konservasi (Hikmah 2023). Pulau tersebut memiliki potensi yang tinggi untuk ekowisata karena memiliki keanekaragaman hayati yang unik serta terdapat tempat bersejarah. Selain itu, terdapat mercusuar dengan tinggi 65 m yang dapat digunakan untuk melihat pemandangan sekitar. Masyarakat yang bekerja sebagai nelayan biasanya memanfaatkan Pulau Biawak sebagai tempat untuk mencari ikan. Akan tetapi, dampak negatif dari kegiatan nelayan tersebut mengakibatkan banyaknya sampah alat tangkap (*ghost trap*) di Pulau Biawak.

Pengelolaan Pulau Biawak pada saat ini dikelola langsung oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat. Pada tahun 2004 Pulau Biawak pernah dijadikan sebagai Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD). Hal tersebut merupakan upaya pemerintah untuk melindungi, melestarikan, dan memanfaatkan Pulau Biawak secara optimal dan berkelanjutan. Pengelolaan berkelanjutan tersebut dapat memberikan strategi pengelolaan yang memberikan batasan terhadap pemanfaatan sumberdaya alam. Pemanfaatan tersebut pada akhirnya bermanfaat untuk ekosistem dan sosial ekonomi masyarakat sekitar (Salsabiela *et al.* 2014).



Gambar 5. Kondisi dermaga yang sudah rusak

Sarana dan prasarana di Pulau Biawak masih tergolong sangat minim, meskipun terdapat mercusuar dan beberapa bangunan. Akan tetapi, mercusuar tersebut sudah tidak berfungsi dengan optimal. Bangunan yang terdapat di Pulau Biawak seperti penginapan (mess) sedang direnovasi oleh pengelola dari Dinas Perhubungan. Sarana yang paling penting yaitu dermaga di Pulau Biawak juga sudah rusak sehingga pengunjung harus jalan sekitar 20 m melewati air laut (Gambar 5). Selain itu, terdapat kapal yang karam dikarenakan tidak adanya dermaga untuk pelabuhan kapal. Kondisi listrik masih sangat terbatas hanya ada pada malam hari menggunakan tenaga surya. Air bersih yang dapat digunakan juga sangat terbatas sehingga pengunjung biasanya mandi menggunakan air laut.

3.2 Prameter Lingkungan

Pengamatan parameter lingkungan perairan perlu dilakukan untuk mengetahui nilai kualitas perairan tersebut. Kelangsungan hidup suatu biota yang memiliki habitat di perairan sangat dipengaruhi oleh kualitas perairannya (Yunitha *et al.* 2014). Kualitas perairan yang diukur meliputi parameter fisika dan kimia. Pertumbuhan, perkembangan, dan penyebaran ekosistem lamun sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan tersebut. Nilai-nilai parameter lingkungan yang telah diambil dan diamati saat pengambilan sampel (Tabel 6).

Tabel 6. Nilai parameter kualitas air

Parameter	Nilai			Satuan
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	
Kecerahan	0,56	0,53	0,57	m
Suhu	30,2	29,8	28,6	°C
pH	8,22	8,31	8,17	-
Salinitas	34	34	32	‰
Oksigen terlarut (DO)	9,2	9,1	10,2	m/l
Substrat	<i>Rubble</i>	<i>Rubble</i>	Pasir berlumpur	-

Hasil nilai parameter kecerahan yang diamati pada ke-tiga stasiun bernilai 0,53-0,56 m. Kondisi kecerahan untuk semua lokasi bernilai 100% yang menunjukkan kecerahan terlihat sampai substrat. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian memiliki kondisi penyinaran cahaya yang sangat baik sehingga cahaya matahari dapat masuk ke dalam dasar perairan (Pelafu *et al.* 2022). Menurut Syakur dan Wiyanto (2016), kecerahan perairan adalah salah satu aspek yang mengindikasikan nilai kejernihan perairan. Nilai tersebut akan berhubungan dengan tingkat penetrasi cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan. Ketika nilai kecerahannya tinggi, maka penetrasi cahaya yang masuk ke dalam perairan akan semakin tinggi juga. Menurut Kurniawan *et al.* (2021), lamun masih dapat tumbuh pada kecerahan 0,3-0,4 m.

Kondisi suhu pada stasiun berkisar pada nilai 28-30 °C dengan nilai rata-rata sebesar 29,53 °C. Pada stasiun tiga memiliki kondisi suhu yang paling tinggi sedangkan pada stasiun satu memiliki kondisi suhu yang paling rendah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kondisi suhu di Pulau Biawak masih sesuai dan ideal untuk pertumbuhan lamun. Menurut Rosalina *et al.* (2019), pada daerah tropis dan sub tropis suhu optimal yang dibutuhkan oleh lamun untuk berfotosintesis adalah sekitar 25-30°C. Organisme yang memiliki habitat di zona pasang surut cenderung memiliki toleransi yang tinggi terhadap suhu yang berubah. Lamun akan mengalami stres ketika suhu mencapai 38°C dan akan mengalami kematian ketika suhu lebih dari 48°C (Zurba 2018).

Hasil pengukuran salinitas pada lokasi penelitian memiliki nilai berkisar 32-34 ‰ dengan nilai rata-rata sebesar 33,33 ‰. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa salinitas pada lokasi penelitian masih dapat ditoleransi oleh spesies lamun yang ada di Indonesia sehingga lamun dapat tumbuh dengan baik. Lamun memiliki toleransi yang berbeda terhadap salinitas tergantung jenisnya. Pada umumnya lamun memiliki toleransi sekitar 10-40 ‰ dengan nilai optimum untuk pertumbuhan lamun adalah sebesar 35 ‰ (Hoek *et al.* 2016). Lokasi 3 memiliki nilai salinitas sebesar 32 dapat dipengaruhi karena lokasi yang menjorok ke dalam dan terdapat sungai air tawar. Salinitas pada perairan laut dipengaruhi oleh masukan air tawar. Pada ekosistem lamun, salinitas berpengaruh terhadap produktivitas, biomassa, lebar daun, kerapatan, dan tingkat kepulihan lamun (Kawaroe 2016).

Pengukuran nilai pH atau derajat keasaman pada lokasi penelitian didapatkan nilai sebesar 8,22. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian masih memiliki kondisi yang baik untuk pertumbuhan lamun. Nilai pH yang baik dibutuhkan oleh organisme laut untuk proses fotosintesis karena dapat meningkatkan ion bikarbonat yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis tersebut (Jo *et al.* 2023). Selain itu, kondisi pH yang kurang dari 4 akan menyebabkan kematian pada sebagian besar tumbuhan air (Dan 2024). Menurut Rayyis *et al.* (2021), nilai pH yang optimum untuk pertumbuhan lamun yaitu berkisar 6,5-8,5.

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) pada lokasi penelitian memiliki nilai sebesar 10,2 m/l. Menurut Effendi (2003) setiap organisme termasuk tumbuhan laut memiliki tingkat kebutuhan yang berbeda terhadap DO. Hal tersebut bergantung pada jenis, aktivitas, dan stadiumnya. DO dibutuhkan oleh lamun untuk melakukan metabolisme sehingga bermanfaat untuk proses pertumbuhannya. Menurut Kamaludin *et al.* (2022), nilai DO yang optimal untuk kehidupan lamun

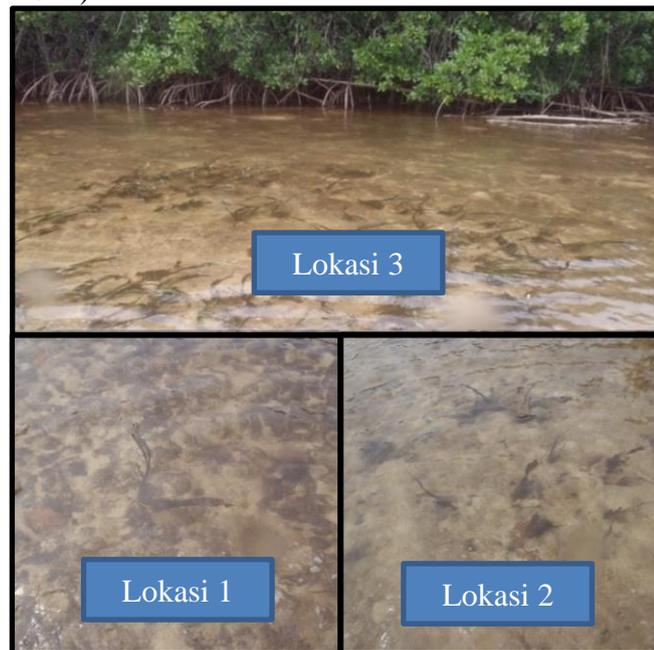


yaitu >5 mg/l. oleh karena itu, kondisi DO di Pulau Biawak masih tergolong baik untuk mendukung kehidupan lamun.

3.3 Status Komunitas dan Matriks Rehabilitasi Lamun

3.3.1 Status komunitas lamun

Tutupan lamun di Pulau Biawak pada lokasi 3 tergolong jarang hanya 6% (Lampiran 3 dan 4). Pada lokasi 1 hanya terdapat 7 tegakan dalam 8 m^2 dan pada lokasi 2 hanya terdapat 18 tegakan dalam 12 m^2 (Lampiran 1 dan 2). Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sunarto *et al.* (2012) menunjukkan bahwa tutupan lamun yang ada di Pulau Biawak hanya mencapai 10%. Sejak tahun 2012 tersebut kondisi lamun di Pulau Biawak sudah tergolong miskin sehingga pertumbuhan lamun sampai saat ini masih belum berjalan secara optimal. Selain itu, pada tahun 2016 ditemukan lamun spesies *Enhalus acoroides* pada beberapa titik dengan kondisi yang buruk. Setelah dilakukan lagi penelitian pada tahun 2019 lamun yang ditemukan semakin berkurang (Hutahaean *et al.* 2022). Ekosistem lamun merupakan salah satu ekosistem yang paling terancam. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa permasalahan seperti antropogenik, pemanasan global, radiasi sinar ultra violet, badai, gelombang ombak, dan kenaikan permukaan air laut (Rahman *et al.* 2022).

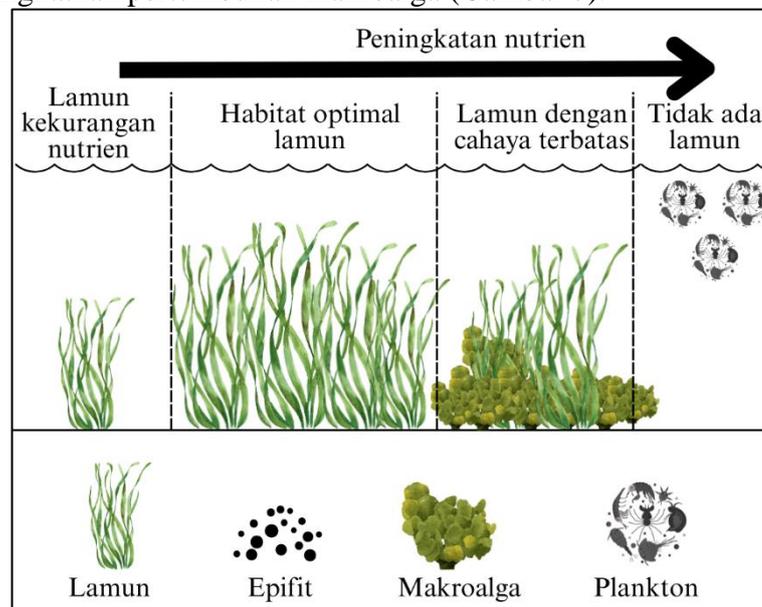


Gambar 6. Kondisi ekosistem lamun di Pulau Biawak

Spesies lamun yang pernah ditemukan di Pulau Biawak adalah spesies *Enhalus acoroides* dan *Thalassia Hemprichii* (Bappeda-Litbang Indramayu, 2018). Akan tetapi, pada saat observasi spesies lamun yang ditemukan di Pulau Biawak hanya satu spesies yaitu, *Enhalus acoroides* (Gambar 6). Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya aspek kehidupan lamun yang tidak sesuai dengan kondisi ideal. Hal tersebut diduga disebabkan karena pada lokasi tersebut ditemukan banyak

makroalga. Menurut Han dan Liu 2014, makroalga yang berasosiasi dengan lamun dapat memberikan dampak negatif karena menimbulkan perebutan nutrisi.

Faktor yang menyebabkan terdegradasinya lamun di Pulau Biawak yaitu, karena kompetisi dengan makroalga yang disebabkan karena eutrofikasi. Makroalga mengalami pertumbuhan yang melimpah karena eutrofikasi (kelebihan nutrisi) yang berasal dari aktivitas manusia, polusi kapal, dan limpasan dari daratan. Karena kebutuhan nutrisi untuk mendukung kehidupan lamun sangat penting yang harus seimbang dan cukup (Fahrudin *et al.* 2017). Peningkatan nutrisi dari proses eutrofikasi menyebabkan air menjadi keruh, mengurangi kejernihan, dan memperparah kondisi habitat, yang mendorong pertumbuhan epifit dan mengancam lamun oleh dominasi makroalga (Cardoso *et al.* 2004; Burkholder *et al.* 2007; Govers *et al.* 2014; Lapointe 2019). Lamun tidak terlalu membutuhkan nutrisi yang sangat tinggi sehingga, ketika kondisi nutrisi melebihi kebutuhan lamun maka akan mempengaruhi cahaya dan meningkatkan pertumbuhan makroalga (Gambar 7).



Gambar 7. Dampak peningkatan nutrisi terhadap lamun (modifikasi Kennish, 2009)

Selain itu, di Indramayu terdapat aktivitas kilang PertaminaRU VI Balongan yang berpotensi menyumbang polusi terhadap kondisi perairan di Pulau Biawak akibat tumpahan minyak dan pencemaran (Ikhsanudin *et al.* 2018). Kandungan nitrat dan fosfat yang melebihi baku mutu dapat mengakibatkan nutrisi dalam substrat semakin tinggi. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab terdegradasinya lamun sehingga makroalga dapat mendominasi secara bertahap (Boesch 2019). Makroalga yang tumbuh semakin banyak dapat mendominasi dan mengakibatkan lamun sulit untuk bertahan hidup. Spesies makroalga yang ditemukan di Pulau Biawak menurut Hutahaean *et al.* (2022) adalah *Halimeda macrolaba*, *Halimeda opuntia*, dan *Padina* sp.

Kondisi ekosistem lamun yang buruk akan berdampak terhadap kehidupan biota yang berasosiasi pada lamun tersebut. Lamun termasuk

ke dalam ekosistem penting yang mendukung produksi perikanan nasional. Hal ini juga ditegaskan dalam Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perikanan, serta Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, yang menyatakan bahwa padang lamun merupakan bagian dari ekosistem pesisir yang harus dilindungi dan dikelola secara berkelanjutan. Lamun yang terdapat di Pulau Biawak tersebut hidup pada substrat berlumpur. Lokasi tersebut memiliki potensi untuk dijadikan sebagai tempat rehabilitasi lamun karena, sudah pernah ada lamun yang hidup di sana.

3.3.2 Matriks rehabilitasi lamun

Matriks rehabilitasi lamun ditentukan berdasarkan dua aspek yaitu, kesehatan lamun dan kesehatan lingkungan lamun. Berdasarkan tutupan lamun dapat menunjukkan tingkat kesehatan lamun, sedangkan indeks kesehatan ekosistem lamun menunjukkan tingkat kesehatan ekosistem lamun. Hasil persentase lamun menunjukkan bahwa seluruh lokasi dalam kategori kesehatan lamun yang buruk (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil perhitungan kondisi lamun

Lokasi	Tutupan lamun (%)	Kategori
1	2	Buruk
2	3	Buruk
3	6	Buruk

Tutupan lamun yang rendah menjadi indikasi langsung bahwa ekosistem lamun berada dalam kondisi terdegradasi. Lamun dengan tutupan rendah memiliki kapasitas yang minim dalam mendukung fungsi ekologis seperti perlindungan pantai, nursery ground, dan penyerapan karbon.

Tabel 8. Hasil perhitungan IKEL

Parameter	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
Komposisi spesies lamun	1	1	1
Tutupan lamun (%)	2	3	6
Kecerahan perairan (%)	100	100	100
Tutupan makroalga (%)	46	51	34
IKEL	0,4176	0,4088	0,4575
Kategori	Buruk	Buruk	Buruk

Indeks kesehatan ekosistem lamun menjadi indikator sintetik yang mengintegrasikan beberapa parameter ekologi, seperti komposisi spesies lamun, persentase tutupan lamun, kecerahan perairan, dan tutupan makroalga (Hernawan *et al.* 2021). Hasil menunjukkan bahwa seluruh lokasi memiliki nilai IKEL < 0,52 (Tabel 8). Seluruh nilai ini tergolong dalam kategori buruk. Tingginya tutupan makroalga (34–51%) dapat menghambat penetrasi cahaya dan memperburuk kondisi pertumbuhan lamun. Nutrien yang berlebih mendorong pertumbuhan makroalga yang kemudian menutupi permukaan substrat dan daun lamun, sehingga mengganggu proses fotosintesis.

Hasil analisis matriks menunjukkan bahwa ketiga lokasi memiliki kesehatan dan kualitas lingkungan lamun dalam kondisi buruk. Hal tersebut menunjukkan bahwa kategori dalam matriks rehabilitasi ini masuk ke dalam sel berwarna merah, yang berarti memerlukan upaya restorasi (Tabel 9). Menurut Samosir (1996) dalam Adinegoro *et al.* (2022), restorasi dilakukan untuk memulihkan ekosistem menjadi seperti kondisi aslinya atau mendekati kondisi alaminya. Restorasi tidak hanya mencakup aspek biologis seperti keberadaan vegetasi lamun, tetapi juga mencakup perbaikan kondisi lingkungan yang memengaruhi kemampuan lamun untuk tumbuh dan berkembang. Restorasi ekosistem lamun dapat memulihkan kembali fungsi ekologis lamun sebagai habitat penting di ekosistem pesisir.

Tabel 9. Hasil perhitungan matriks rehabilitasi lamun

		Kesehatan lamun		
		Buruk	Sedang	Baik
Kualitas lingkungan lamun	Buruk	Lokasi 1,2,3		
	Sedang			
	Baik			

Restorasi ekosistem lamun di Pulau Biawak tidak langsung diarahkan pada penanaman lamun, melainkan lebih pada perbaikan kualitas lingkungan sebagai prasyarat utama bagi pemulihan alami. Salah satu tekanan utama yang ditemukan di lokasi penelitian adalah tingginya tutupan makroalga yang mengindikasikan adanya eutrofikasi atau peningkatan kadar nutrisi di perairan. Selain itu, kualitas substrat dan tingkat sedimentasi juga dapat memengaruhi keberhasilan pemulihan ekosistem lamun. Waycott *et al.* (2009) menjelaskan bahwa sedimentasi yang tinggi dapat mengurangi penetrasi cahaya dan menyebabkan stres pada lamun.

3.4 Upaya Rehabilitasi Ekosistem Lamun

Rehabilitasi ekosistem lamun di Pulau Biawak dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu perbaikan kualitas lingkungan perairan dan penanaman kembali (restorasi) lamun. Hal ini penting dilakukan karena pertumbuhan dan regenerasi lamun sangat bergantung pada kondisi lingkungan perairan yang mendukung, seperti kejernihan air, tingkat sedimen, dan parameter kualitas air lainnya. Salah satu langkah utama yang dapat diterapkan adalah pengendalian sampah di sekitar pulau. Sampah organik dan plastik yang terakumulasi di pesisir dapat mengganggu kondisi substrat dan menurunkan kualitas habitat lamun. Oleh karena itu, kegiatan pembersihan rutin serta pengelolaan sampah sangat penting sebagai bentuk rehabilitasi awal.

Selain itu, pencegahan masuknya limbah dari daratan juga perlu menjadi prioritas. Sampah dan limbah domestik yang terbawa arus dari wilayah daratan Indramayu ke perairan Pulau Biawak dapat memicu peningkatan nutrisi dan berdampak pada perubahan struktur komunitas perairan. Pendekatan rehabilitasi dapat dilakukan dengan penguatan sistem pengelolaan limbah di darat melalui kebijakan pelarangan pembuangan sampah ke sungai, edukasi masyarakat pesisir, dan peningkatan infrastruktur pengolahan limbah. Penelitian oleh Cullen-Unsworth *et al.* (2016) menekankan bahwa keterpaduan

pengelolaan wilayah darat dan laut sangat penting dalam memulihkan ekosistem lamun secara menyeluruh.

Pengkondisian makroalga juga menjadi bagian dari strategi restorasi. Upaya ini dapat dilakukan dengan pengendalian dominansi makroalga di wilayah yang secara ekologis penting untuk pertumbuhan lamun. Penurunan biomassa makroalga dapat dilakukan secara mekanis atau dengan mengurangi sumber nutrisi yang memicunya. Burkholder *et al.* (2007) menunjukkan bahwa dominansi makroalga dapat ditekan melalui pengelolaan masukan nutrisi dari daratan, sehingga memberikan ruang bagi lamun untuk berkembang kembali.

Selain aspek biologis, kualitas lingkungan perairan juga perlu ditingkatkan dengan pengelolaan limbah industri. Aktivitas industri seperti kilang minyak Balongan harus dikontrol secara ketat untuk mencegah masuknya bahan pencemar ke laut. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah penerapan teknologi bioremediasi, yaitu pemanfaatan mikroorganisme untuk menetralkan limbah berbahaya secara alami (Wardhani & Titah, 2020). Penerapan teknologi ini sebagai bagian dari strategi rehabilitasi akan mempercepat perbaikan kualitas perairan dan menciptakan kondisi yang mendukung bagi lamun untuk tumbuh secara alami. Setelah kondisi lingkungan perairan sudah pulih maka, dapat dilakukan rehabilitasi lamun melalui transplantasi untuk meningkatkan kuantitas dan membantu proses pemulihan ekosistem lamun.

3.5 Strategi Rehabilitasi Lamun

3.5.1 Identifikasi lokasi rehabilitasi

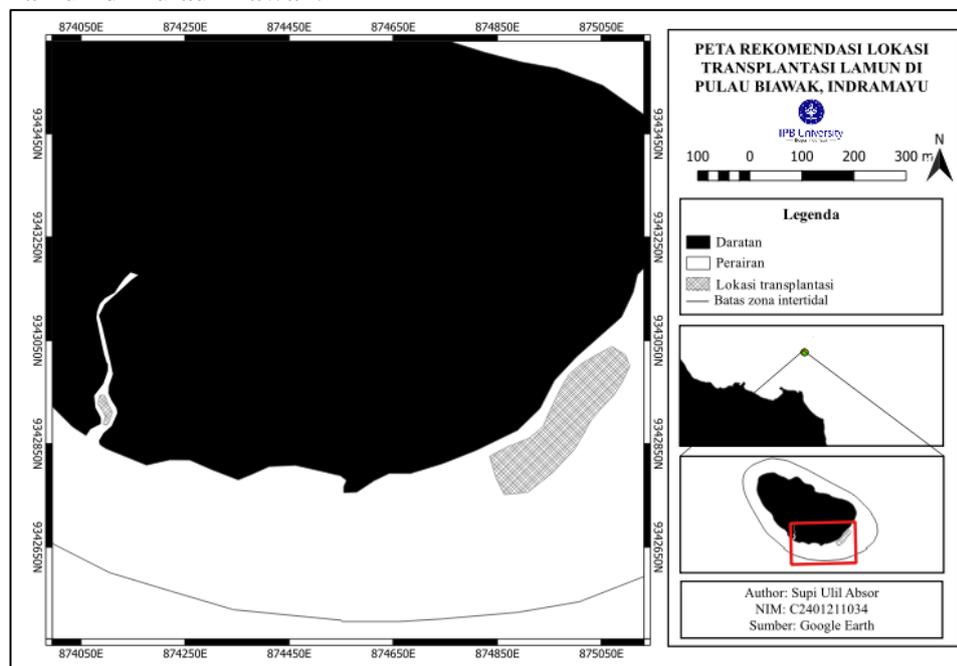
Lokasi rehabilitasi merupakan hal yang penting karena menjadi salah satu faktor dalam keberhasilan transplantasi. Menurut Umroh dan Utami (2014), beberapa kriteria untuk penentuan lokasi transplantasi yaitu, memiliki kondisi habitat dan lingkungan yang sama dengan lokasi awal lamun donor, substrat yang relatif rata supaya media transplantasi lebih aman, kedalaman perairan yang sesuai dengan habitat awal lamun donor, dan tempat tersebut aman dari gangguan luar. Selain itu, karakteristik substrat menjadi salah satu hal yang penting dalam keberhasilan transplantasi. Kondisi substrat yang berpasir halus dan berlumpur cenderung baik untuk transplantasi lamun. Kelebihannya untuk substrat berlumpur tidak mudah mengalami erosi dibandingkan dengan substrat pasir kasar. Akan tetapi, hal tersebut kembali lagi bergantung kepada jenis lamun yang akan ditransplantasi (Supyan dan Saman 2022).

Strategi yang diperlukan dalam pengambilan keputusan untuk penentuan lokasi penanaman lamun menurut Calumpong dan Fonseca (2001), mencakup intensitas cahaya, nutrisi, epifitisme, kedalaman, arus, kemiripan lokasi donor, dan metode transplantasi. Metode transplantasi penanaman lamun perlu adanya modifikasi untuk menyesuaikan dengan karakteristik lokasi. Selain itu, beberapa pertimbangan lainnya dalam menentukan lokasi transplantasi menurut Calumpong dan Fonseca (2001) melengkapi dari Umroh dan Utami (2014), yaitu sebagai berikut:

- 1) Memiliki riwayat atau sejarah pernah ditumbuhi oleh lamun

- 2) Memiliki kondisi yang relatif sama dalam aspek kedalaman lokasi transplantasi dengan lokasi donor
- 3) Terhindar dari gangguan luar ataupun aktivitas manusia
- 4) Terhindar dari gangguan atau ancaman pergerakan sedimen
- 5) Tidak berpotensi mengalami rekolonisasi alami oleh lamun yang pernah tumbuh pada lokasi transplantasi
- 6) Memiliki area lokasi yang cukup untuk melakukan transplantasi
- 7) Memiliki kondisi habitat lainnya yang sesuai dengan karakteristik spesies lamun yang akan ditransplantasi.

Beberapa aspek tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang ada di Pulau Biawak untuk dilakukan rehabilitasi ekosistem lamun melalui transplantasi. Akan tetapi, lokasi tersebut telah dilakukan restorasi untuk penyesuaian lingkungan. Lokasi di Pulau Biawak telah ditumbuhi oleh lamun yang berarti memiliki sejarah pertumbuhan lamun. Spesies lamun yang pernah tumbuh disana adalah spesies *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* (Bappeda-Litbang Indramayu, 2018). Akan tetapi, permasalahannya lamun yang tumbuh tersebut hanya terdapat pada lokasi tertentu dengan kondisi tutupan yang miskin. Spesies lamun yang akan ditransplantasi sudah disesuaikan dengan kondisi habitat di Pulau Biawak. Lokasi transplantasi yang dipilih terhindar dari aktivitas manusia karena, Pulau Biawak merupakan pulau tidak berpenghuni sehingga terhindar dari aktivitas manusia secara langsung. Selain itu, diperlukan tanda atau pembatas bahwa lokasi tersebut merupakan lokasi rehabilitasi ekosistem lamun. Berikut merupakan peta rekomendasi lokasi transplantasi ekosistem lamun di Pulau Biawak.



Gambar 8. Peta lokasi transplantasi

Peta rekomendasi lokasi untuk transplantasi lamun didesain untuk tiga lokasi penelitian (Gambar 8). Banyak aspek yang menjadi pertimbangan untuk menentukan lokasi rekomendasi transplantasi tersebut seperti kondisi substrat, kualitas air, tingkat gangguan, dan sejarah pertumbuhan lamun. Pada

semua lokasi tersebut merupakan lokasi ditemukannya spesies lamun yang berarti bahwa lokasi tersebut memiliki sejarah pertumbuhan lamun. Selain itu, gangguan dari luar juga seperti aktivitas manusia menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan rekomendasi lokasi transplantasi. Secara umum, semua lokasi tersebut cocok untuk dijadikan sebagai lokasi transplantasi karena sudah sesuai berdasarkan aspek parameter lingkungan yang telah diamati.



Gambar 9. Kondisi perairan pada lokasi 1 dan 2

Berdasarkan salah satu aspek penting untuk mendukung kehidupan lamun selain kualitas air adalah kondisi substrat. Secara umum kondisi substrat di Pulau Biawak cenderung didominasi oleh pasir dengan patahan terumbu karang (*rubble*). Pada lokasi 1 dan 2 berada pada tempat yang terbuka secara luas (Gambar 9). Selain kondisi substrat *rubble*, pada kedua lokasi tersebut juga banyak ditemukan makroalga sehingga menjadi salah satu pertimbangan untuk menentukan luasan wilayah transplantasi. Meskipun sebelumnya memiliki histori pertumbuhan lamun dengan spesies *Enhalus Acoroides*. Wilayah transplantasi antara lokasi 1 dan 2 digabungkan karena menyesuaikan dengan kondisi lingkungannya salah satunya banyak ditemukan sampah dan *ghost trap* yang akan mempengaruhi pertumbuhan lamun. Oleh karena itu, dipilih satu wilayah untuk dilakukan transplantasi yang sesuai.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 10. Kondisi perairan pada lokasi 3

Berbeda dengan lokasi 1 dan 2 yang berada pada area terbuka, lokasi 3 memiliki area yang cukup tertutup oleh mangrove (Gambar 10). Lokasi tersebut membentuk seperti sungai yang berada diantara pulau serta bagian kiri dan kanannya dipenuhi oleh mangrove. Kondisi substrat pada lokasi 3 berupa pasir berlumpur. Jenis substrat ini memang bagus untuk pertumbuhan lamun sehingga, lebih banyak ditemukan lamun pada lokasi ini dibandingkan dengan lokasi 1 dan 2. Berdasarkan perhitungan menggunakan *Google earth* luas lokasi tersebut mencapai 1.000 m² (Lampiran 2). Lokasi tersebut cukup luas untuk dijadikan sebagai lokasi transplantasi lamun.

3.5.2 Rencana transplantasi lamun

a. Jenis lamun

Berdasarkan hasil penelitian jenis lamun yang ditemukan di Pulau Biawak hanya satu spesies yaitu, *Enhalus acoroides*. Lokasi ditemukannya spesies ini paling banyak yaitu, pada lokasi dengan substrat lumpur. Hal tersebut sejalan menurut Zubra (2018), lamun spesies *Enhalus acoroides* biasanya hidup pada habitat dengan kondisi substrat berlumpur dan berair keruh. Akan tetapi, *Enhalus acoroides* masih dapat tumbuh pada substrat lain seperti pasir dengan patahan terumbu karang. Lamun spesies ini juga membentuk jenis tinggal dan dapat mendominasi jenis padang lamun. Spesies *Enhalus acoroides* memiliki keunggulan yaitu, berukuran lebih besar dan dapat tumbuh lebih cepat karena mengandung selulosa yang tinggi (Zubra 2018).

Berdasarkan kategori habitat lamun tersebut dapat diidentifikasi beberapa spesies lamun yang cocok untuk dilakukan transplantasi di Pulau Biawak. Habitat di Pulau Biawak yang ditemukan lamun adalah pasir dengan patahan terumbu karang (*rubble*) dan pasir berlumpur. Menurut Talakua dan

Rumengan (2020), penentuan spesies lamun yang akan ditransplantasi dapat didasarkan pada spesies lamun yang sudah tumbuh pada lokasi transplantasi. Ketersediaan spesies dan bibit menjadi salah satu faktor untuk melakukan transplantasi. Meskipun saat observasi di Pulau Biawak hanya ditemukan spesies *Enhalus acoroides* tapi sebelumnya pernah ditemukan juga spesies *Thalassia hemprichii*. Karena Pulau Biawak sebagai Kawasan Konservasi maka, tidak boleh untuk memasukkan spesies lain sehingga rekomendasi spesies yang dapat dilakukan transplantasi di Pulau Biawak yaitu spesies *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii*. Hal tersebut tidak menutup kemungkinan juga untuk melakukan transplantasi menggunakan spesies lainnya selama kondisi perairan dan habitatnya mendukung. Spesies tersebut dipilih karena menyesuaikan dengan kondisi habitat terutama substrat yang ada di Pulau Biawak.



Gambar 11. Morfologi lamun *Enhalus acoroides*
Sumber: Lanyon (1986)

Enhalus acoroides merupakan salah satu spesies lamun yang memiliki persebaran cukup luas di Indonesia. Menurut Seprianti *et al.* 2016, panjang daunnya dapat mencapai 30 – 200 cm dengan lebar 1,2 – 2 cm. Bentuk daun yang memanjang seperti pita dan memiliki warna hijau tua dengan ujung membulat, rhizoma besar, serta serabut hitam (Gambar 11). Pada umumnya spesies ini dapat ditemukan pada habitat yang tenang, substrat padat, dan semi tertutup (Rahman *et al.* 2022). Menurut Den Hartog (1977), *Enhalus acoroides* dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Divisi : Angiospermae

Kelas : Liliopsida

Ordo : Hydrocharitaceae

Famili: Hydrocharitaceae

Genus : *Enhalus*

Spesies : *Enhalus acoroides*



Gambar 12. Morfologi lamun *Thalassia hemprichii*

Thalassia hemprichii termasuk ke dalam salah satu spesies lamun yang umum ditemukan di wilayah tropis termasuk perairan Indonesia. Bentuk daun dari *Thalassia hemprichii* berbentuk pita memanjang dengan panjang berkisar antara 10 – 35 cm dan lebar 0,5 – 1,5 cm (Hutomo *et al.* 2020). Warna daunnya yaitu, hijau terang hingga hijau tua, memiliki ujung tumpul, dan sering ditemukan dalam formasi padat (Gambar 12). Rhizomanya cukup tebal dan menjalar secara horizontal sehingga memperkuat struktur substrat. Menurut Fortes *et al.* (2018), spesies ini memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap berbagai jenis substrat, termasuk pasir kasar, *rubble* (pecahan karang), dan campuran pasir-karang. Menurut Den Hartog (1977), *Thalassia hemprichii* dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Divisi : Angiospermae

Kelas : Liliopsida

Ordo : Hydrocharitales

Famili: Hydrocharitaceae

Genus : *Thalassia*

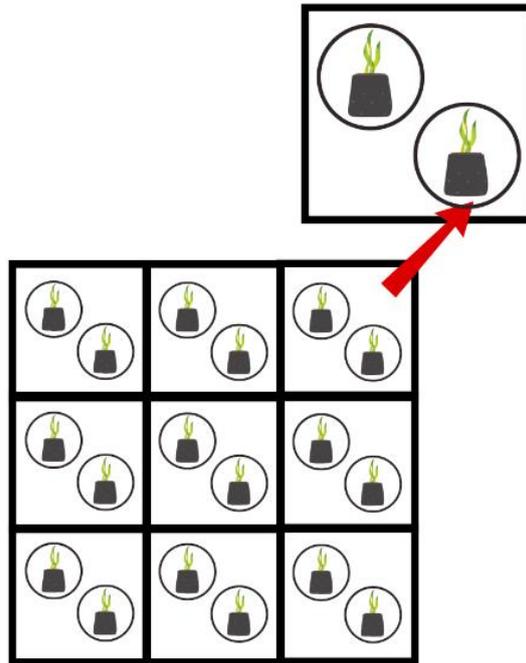
Spesies : *Thalassia hemprichii*

b. Metode transplantasi lamun

Transplantasi lamun dilakukan pada kawasan lamun yang telah mengalami kerusakan atau kehilangan ekosistem lamun. Banyak hal yang menyebabkan terjadinya degradasi lamun tersebut salah satunya karena kondisi lingkungan yang kurang mendukung bahkan sampai pengaruh aktivitas manusia. Pengaruh aktivitas manusia yang dapat menyebabkan degradasi lamun seperti pembangunan kawasan pesisir, pembuangan sampah domestik dan alat tangkap yang sudah tidak digunakan, reklamasi pantai, dan lainnya. Pada umumnya di Indonesia terdapat dua tipe transplantasi lamun yaitu, transplantasi menggunakan jangkar dan tidak menggunakan jangkar.

Berikut merupakan rekomendasi metode transplantasi yang dapat digunakan untuk transplantasi lamun di Pulau Biawak.

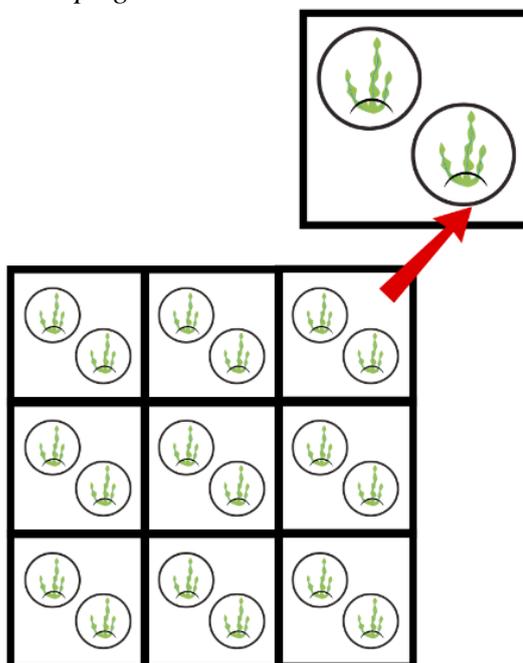
1) Metode transplantasi *polybag*



Gambar 13. Sketsa penempatan *polybag* transplantasi lamun

Sumber: Seprianti *et al.* (2016)

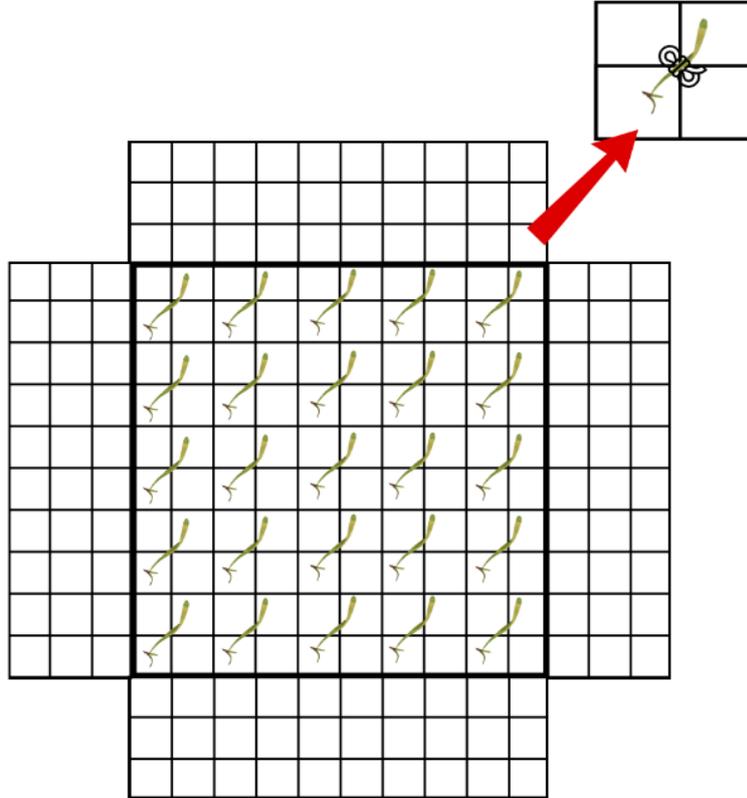
Metode *polybag* atau disebut juga metode *peat plot* merupakan metode transplantasi lamun dengan menggunakan wadah pada saat penanaman (Calumpang dan Fonseca 2001). Wadah yang digunakan biasanya berupa plastik. Lamun yang akan ditransplantasi diambil dari lokasi donor untuk dimasukkan ke dalam wadah/*polybag*. Ukuran dari wadah tersebut biasanya berukuran 8x8 cm (Seprianti *et al.* 2016). Pengambilan bibit lamun tersebut bias menggunakan paralon (PVC) untuk dipindahkan ke dalam *polybag* bersamaan dengan substratnya (Permatasari *et al.* 2016). Penempatan lamun pada lokasi transplantasi dapat disesuaikan dengan sketsa (Gambar 13). Pada metode ini rekomendasi bibit lamun yang digunakan yaitu cukup dengan satu tunas. Metode ini memiliki keunggulan karena efektif digunakan, biayanya murah, dan efisien. Akan tetapi, penggunaan media berupa *polybag* sulit untuk terdegradasi yang dapat mempengaruhi kehidupan lamun dalam jangka panjang (Seprianti *et al.* 2016).

2) Metode transplantasi *sprig anchor*Gambar 14. Sketsa metode transplantasi *sprig anchor*Sumber: Seprianti *et al.* (2016)

Metode *sprig anchor* merupakan metode transplantasi lamun dengan mengambil individu lamun dari daerah donor tanpa substrat menggunakan alat sekop atau alat yang sesuai. Bibit tersebut kemudian ditanam pada substrat dengan mengaitkannya pada jangkar (*anchor*) (Seprianti *et al.* 2016) (Gambar 14). Ketika bibit yang diambil berasal dari lokasi yang jauh maka, bibit dapat dimasukkan ke dalam wadah berupa jaring atau keranjang. Hal yang harus diperhatikan adalah pada wadah tersebut dipastikan harus memiliki air (Harnianti *et al.* 2017). Kondisi tersebut dapat terjadi di Pulau Biawak karena, tidak terdapat bibit lamun yang cukup sehingga diperlukan mengambil bibit lamun dari luar pulau. Individu lamun yang diambil akan terdiri dari beberapa tegakan. Tegakan yang diperlukan untuk transplantasi tergantung pada spesiesnya. Spesies yang memiliki ukuran besar seperti *Enhalus acoroides* memerlukan satu tegakan (Azkab 1999). Kelebihan metode ini memiliki daya tahan yang kuat dari ombak tetapi, kekurangannya biaya yang mahal dan besi kerosok dapat mempengaruhi pertumbuhan lamun (Seprianti *et al.* 2016).



3) Metode *Transplanting Eelgrass Remotely with Frame system (TERFs)*



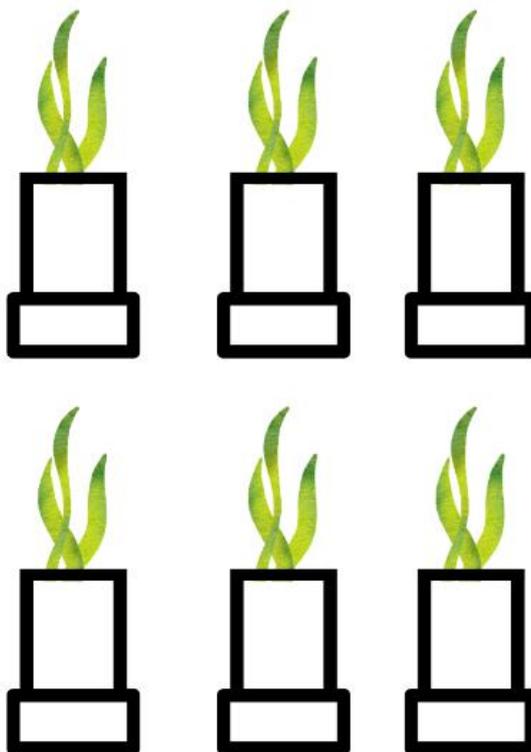
Gambar 15. Sketsa metode transplantasi *TERFs*
Sumber: Seprianti *et al.* (2016)

Metode *TERFs* merupakan metode transplantasi lamun dengan mengikat tunas bibit pada *frame* besi menggunakan media organik seperti tisu. Selain itu media lain yang dapat digunakan pada metode *TERFs* yaitu, kawat ataupun bambu. Bibit lamun yang akan ditanam diikatkan terlebih dahulu pada media untuk ditanamkan pada substrat beserta medianya (Kiswara 2004). Sketsa metode transplantasi *TERFs* berbentuk balok (Gambar 15). Metode ini memiliki daya tahan yang kuat pada kondisi arus yang kencang meskipun biaya yang dikeluarkan akan sangat mahal. Menurut Calumpong dan Fonseca 2001, metode *TERFs* lebih cocok diterapkan pada lokasi subtidal (perairan dalam) tapi, *frame* besi harus diangkat ketika lamun sudah tumbuh membentuk padang lamun. Sebelum penanaman *frame* besi, perlu digali terlebih dahulu lubang menyesuaikan dengan tinggi *frame* besi supaya dapat terbenam dan tidak terbawa oleh arus (Rosmawati *et al.* 2020).

4) Metode transplantasi *plug*

Metode *plug* merupakan metode transplantasi lamun yang dibuat menggunakan paralon (PVC) tanpa menggunakan jangkar. Bibit lamun yang telah diambil dari lokasi donor dipindahkan beserta substratnya ke

dalam lokasi transplantasi yang sudah dilubangi dengan paralon (PVC) (Seprianti *et al.* 2016).



Gambar 16. Sketsa metode transplantasi *plug*
Sumber: Mustaromim *et al.* (2019)

Paralon yang digunakan biasanya berdiameter 10-25 cm kemudian lubang untuk transplantasi memiliki kedalaman 15-20 cm (Azkab 1999). Kelebihan metode ini dapat menghemat biaya yang dikeluarkan dan metodenya sangat terjangkau. Kekurangannya metode ini rentan untuk rusak karena gangguan ombak (Seprianti *et al.* 2016) (Gambar 16).

3.5.3 Tingkat keberhasilan unit transplantasi

Tingkat keberhasilan transplantasi lamun dapat dikatakan berhasil ketika mencapai minimum tingkat ketahanan hidup sebesar 75% dalam waktu satu tahun pengamatan. Ketika tingkat ketahanan hidup kurang dari 75% maka, harus dilakukan penanaman kembali sampai mencapai minimal 75% (Fonseca dan Calumpong 2001). Hal tersebut menjadi tantangan tersendiri untuk melakukan transplantasi lamun di Pulau Biawak karena, belum pernah dilakukan transplantasi lamun di Pulau Biawak. Tingkat keberhasilan transplantasi tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti kondisi lingkungan, kualitas air, substrat, dan metode transplantasi termasuk jarak tanam. Jarak tanam yang dekat akan meningkatkan kelangsungan hidup tapi, pertumbuhannya akan lambat (Puruhito *et al.* 2024).

Waktu transplantasi juga perlu diperhatikan karena berhubungan dengan iklim yang mempengaruhi kondisi lingkungan di Pulau Biawak. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rustam *et al.* (2014), di Pulau Pari menunjukkan bahwa pertumbuhan lamun spesies *Enhalus acoroides* paling maksimal terjadi pada musim transisi monsoon barat ke timur. Selain

itu, menurut Lanuru (2020), cuaca yang terlalu banyak hujan atau kemarau yang ekstrem kurang optimal untuk pertumbuhan lamun, sehingga musim yang cocok untuk penanaman lamun yaitu, peralihan antara musim hujan ke musim kemarau. Kondisi musim yang stabil untuk pertumbuhan lamun yaitu, sekitar bulan Mei-September (Saleh *et al.* 2020). Beberapa penelitian mengenai transplantasi lamun *Enhalus acoroides* dan *Cymodocea* sp. dibandingkan berdasarkan literatur (Tabel 10).

Tabel 10. Studi literatur hasil transplantasi lamun

Nama Spesies	Metode	Tingkat Kelangsungan Hidup	Pertumbuhan Panjang	Sumber
<i>Enhalus acoroides</i>	<i>TERFs</i>	95%	0,48 ± 0,02 cm/hari	Mustaromim <i>et al.</i> (2019)
	<i>TERFs</i>	100%	0,4533 cm/hari	Rosmawati <i>et al.</i> (2023)
	<i>Plug</i>	92,22%	0,44 ± 0,01 cm/hari	Mustaromim <i>et al.</i> (2019)
	<i>Poly bag</i>	88,89%	0,40 ± 0,03 cm/hari	Mustaromim <i>et al.</i> (2019)
	<i>Sprig anchor</i>	96,67	0,25 cm/hari	Wismar <i>et al.</i> (2023)
	<i>Sprig anchor</i>	90%	0,42 cm/hari	Talakua dan Rumengan (2020)
<i>Thalassia hemprichii</i>	<i>Sprig anchor</i>	100%	0,4 ± 0,23 cm/minggu	Humami & Muzaki (2022)
	<i>Sprig anchor</i>	67,64%	0,41 – 0,64 cm/minggu	Seprianti <i>et al.</i> (2017)
	<i>Polybag</i>	32,5%	0 – 0,58 cm/minggu	Muhyiddin <i>et al.</i> (2022)
			0,43 – 0,72 cm/minggu	Seprianti <i>et al.</i> (2017)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mustaromim *et al.* (2019), membandingkan metode transplantasi *TERFs* (*Transplanting Eelgrass Remotely with Frame System*), *plug*, dan *peat plot* (*poly bag*) menggunakan spesies *Enhalus acoroides* di Teluk Sebong, Bintan. Hasilnya menunjukkan bahwa metode yang paling baik pada lokasi tersebut adalah metode *TERFs* dengan tingkat kelangsungan hidup 95% dan pertumbuhan Panjang sebesar 0,48±0,02 cm/hari. Tingkat kelangsungan hidup menggunakan metode *plug* dan *poly bag* secara berturut hanya 92,22% dan 88,89% dengan laju pertumbuhan 0,44±0,01 cm/hari dan 0,40±0,03 cm/hari. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Rosmawati *et al.* (2023) di perairan pantai Desa Waai Kabupaten Maluku Tengah, menunjukkan tingkat kelangsungan hidup transplantasi lamun

Enhalus acoroides dengan metode *TERFs* mencapai 100% dengan laju pertumbuhan rata-rata 0,4533 cm/hari.

Kemudian metode yang dapat digunakan untuk transplantasi lamun adalah metode *sprig anchor*. Menurut Talakua dan Rumengan (2020), tingkat kelangsungan hidup transplantasi lamun spesies *Enhalus acoroides* menggunakan metode *sprig anchor* adalah sebesar 90% dengan laju pertumbuhan tertinggi sebesar 0,42 cm/hari. Penelitian yang sama mengenai transplantasi *Enhalus acoroides* menggunakan metode *sprig anchor* oleh Wismar *et al.* 2023. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidupnya mencapai 96,67% dengan pertumbuhan Panjang 0,25cm/hari.

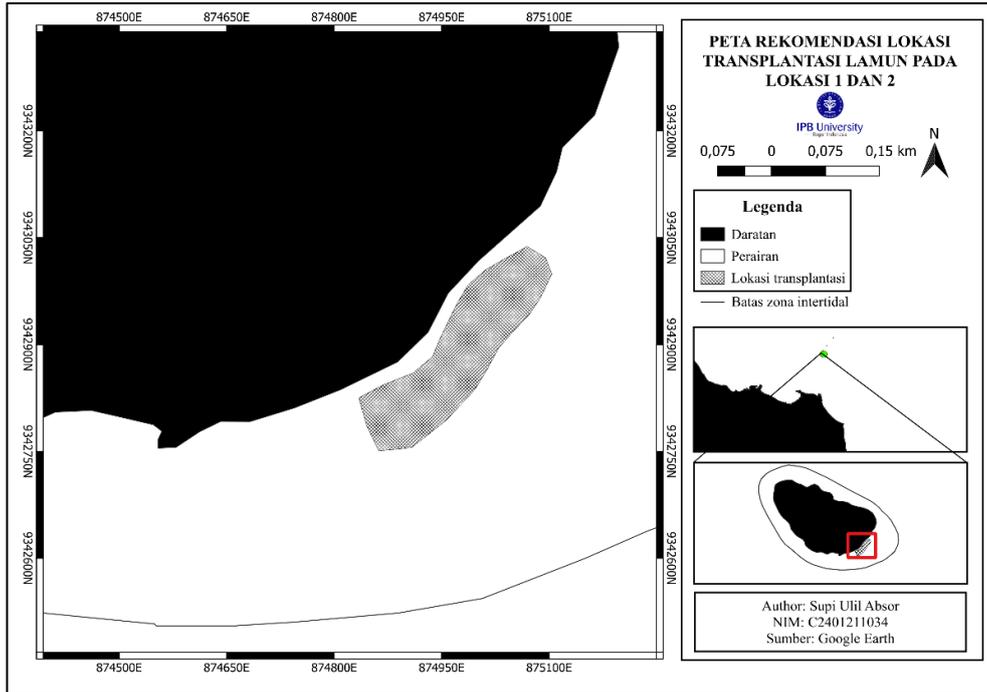
Pada spesies *Thalassia hemprichii*, metode *sprig anchor* juga menunjukkan hasil baik. Penelitian yang dilakukan oleh Humami & Muzaki (2022) menunjukkan tingkat kelangsungan hidup 100% dan laju pertumbuhan $0,4 \pm 0,23$ cm/minggu. Penelitian lain oleh Seprianti *et al.* (2017) menunjukkan hasil kelangsungan hidup sebesar 67,64% dengan pertumbuhan 0,41 – 0,64 cm/minggu. Namun, penelitian oleh Muhyiddin *et al.* (2022) menunjukkan bahwa hasil kelangsungan hidup yang lebih rendah, yakni 32,5% dengan pertumbuhan hingga 0,58 cm/minggu. Seprianti *et al.* (2017) juga membandingkan metode polybag pada *Thalassia hemprichii* yang menghasilkan kelangsungan hidup 99,2% dan pertumbuhan 0,43 – 0,72 cm/minggu.

Berdasarkan perbandingan antara setiap metode transplantasi mengacu pada tingkat keberhasilan dan pertumbuhan akan didapatkan hasil metode yang direkomendasikan. Selain itu, pertimbangannya melalui penggunaan metode tersebut di Indonesia. Secara umum, hasil dari perbandingan tersebut metode yang dapat direkomendasikan adalah metode *TERFs* untuk spesies *Enhalus acoroides* dan metode *sprig anchor* untuk spesies *Thalassia hemprichii*. Metode ini memiliki tingkat keberhasilan yang cukup tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Hal tersebut akan memberikan peluang yang cukup tinggi untuk keberhasilan transplantasi lamun.

3.5.4 Desain lokasi rehabilitasi

Lokasi rehabilitasi dipilih berdasarkan beberapa aspek salah satunya yaitu, berdasarkan data histori kehidupan lamun sebelumnya dan lingkungannya telah disesuaikan atau telah direstorasi. Meskipun demikian, lamun yang tumbuh hanya sedikit dan tidak memungkinkan untuk terjadinya rekolonisasi. Menurut Seprianti *et al.* (2016), metode transplantasi merupakan metode paling efektif untuk restorasi ekosistem lamun sehingga, ekosistem lamun akan tumbuh sebelum terjadinya rekolonisasi. Area lokasi transplantasi lamun di Pulau Biawak juga cukup memadai karena memiliki luasan yang sesuai. Selain itu, untuk pemilihan lokasi transplantasi juga telah disesuaikan dengan spesies lamun yang akan ditransplantasi. Peta rekomendasi lokasi transplantasi pada lokasi 1 dan 2 yang digabungkan berada disebelah timur Pulau Biawak (Gambar 17).



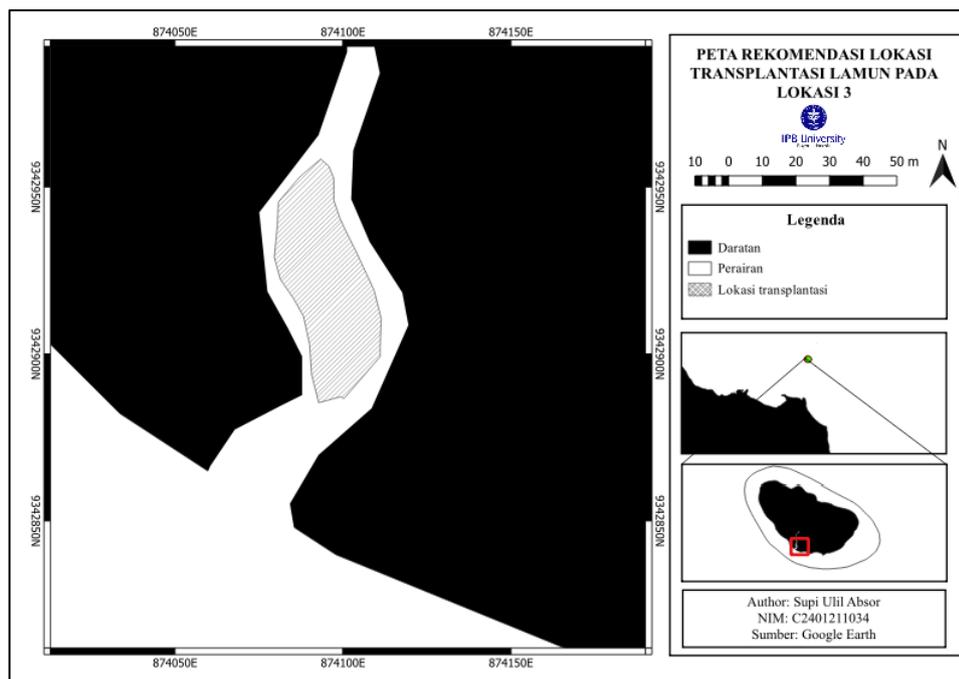


Gambar 17. Peta rekomendasi lokasi transplantasi pada lokasi 1 dan 2

Karakteristik habitat pada lokasi 1 dan 2 relatif sama seperti, memiliki kondisi substrat berpasir dengan patahan terumbu karang sehingga, lokasi transplantasi dapat dilaksanakan pada kedua wilayah tersebut. Spesies yang akan ditransplantasi pada lokasi ini adalah spesies *Thalassia hemprichii*. Spesies ini dipilih karena kondisi substratnya sesuai dengan karakteristik substrat habitat lamun tersebut yaitu, pasir dengan patahan terumbu karang (Fortes *et al.* 2018). Oleh karena itu, spesies ini menjadi salah satu spesies rekomendasi yang dapat ditransplantasikan di Pulau Biawak. Luasan lokasi yang diarsir atau lokasi transplantasi yang direkomendasikan adalah 2.850 m² (Lampiran 5). Lokasi ini sesuai dan dapat dijadikan sebagai lokasi transplantasi. Kuantitas transplantasinya dapat disesuaikan dengan berbagai pertimbangan mengenai biaya dan ketersediaan bibit.

Sedangkan lokasi 3 memiliki kondisi habitat yang cocok untuk spesies *Enhalus acoroides*. Spesies *Enhalus acoroides* merupakan spesies lamun yang dapat tumbuh pada kondisi substrat berupa pasir berlumpur (Lubis *et al.* 2023). Hal tersebut sesuai dengan kondisi substrat pada lokasi 3 yaitu, pasir berlumpur. Kondisi parameter lingkungan di Pulau Biawak juga sesuai untuk dilakukan transplantasi lamun spesies *Enhalus acoroides*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zahra *et al.* (2024), nilai parameter perairan seperti salinitas bernilai 32-34 ‰, suhu bernilai 28,2-29,5, dan pH bernilai 6,9-7,5.

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 18. Peta desain lokasi transplantasi lamun pada lokasi 3

Kondisi tersebut dapat ditumbuhi oleh lamun spesies *Enhalus acoroides* dengan kerapatan yang cukup baik. Nilai parameter lingkungan tersebut masih sesuai dengan nilai parameter lingkungan di Pulau Biawak. Selain itu, nilai parameter lingkungan secara umum untuk ditumbuhi di Pulau Biawak masih sesuai. Luasan rekomendasi transplantasi pada lokasi 3 adalah sebesar 1.005 m² (Lampiran 6). Peta desain strategi strategi transplantasi lamun untuk lokasi 3 berada pada sebelah barat Pulau Biawak (Gambar 18).

Lokasi transplantasi pada semua lokasi pengamatan menunjukkan data yang sesuai untuk transplantasi lamun baik secara nilai parameter lingkungan dan jenis substrat. Transplantasi dapat dilakukan pada lokasi tersebut sesuai dengan ketersediaan bibit dan biaya. Bibit yang dipakai untuk transplantasi dapat diambil dari daerah donor di luar Pulau Biawak karena, di Pulau Biawak sendiri kondisi lamunnya sangat miskin. Pertimbangan penentuan lokasi donor adalah berdasarkan jarak dan akses, sehingga dipilih rekomendasi lokasi donor yang paling terdekat dengan Pulau Biawak. Rekomendasi lokasi donor spesies lamun *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* adalah Pulau Pari di Kepulauan Seribu, Jakarta. Pulau Pari memiliki jarak sekitar 200 km dari Pulau Biawak dengan akses waktu tempuh sekitar 8 jam. Selain itu, *Enhalus acoroides* di Pulau Pari memiliki tutupan yang sehat yaitu, 90% (Edrus dan Hartati 2016). Spesies *Thalassia hemprichii* di Pulau Pari memiliki kondisi yang sehat dan dominan dengan kepadatan mencapai 261±107 tegakan/m² (Nienhuis *et al.* 2017). Spesies ini tersebar luas di perairan dangkal Pulau Pari dan ekosistemnya dinilai stabil meskipun terdapat tekanan antropogenik (Kawaroe *et al.* 2014; Sjafrie *et al.* 2022).

IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Kondisi ekosistem lamun di Pulau Biawak tergolong jarang dengan tutupan hanya 6%. Spesies lamun yang ditemukan saat observasi di Pulau Biawak hanya satu spesies yaitu, *Enhalus acoroides*. Kerusakan lamun di Pulau Biawak telah mengalami degradasi sehingga perlu adanya rehabilitasi. Rekomendasi transplantasi pada lokasi 1 dan 2 penelitian dijadikan satu wilayah seluas 2.850 m² dengan metode transplantasi *sprig anchor* dengan spesies lamun *Thalassia hemprichii*. Lokasi 3 memiliki luas sebesar 1.005 m² untuk kawasan transplantasi dan metode transplantasi yang dapat digunakan yaitu, metode *TERFs* dengan spesies lamun *Enhalus acoroides*.

4.2 Saran

Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai parameter kualitas lingkungan yang mendukung pertumbuhan lamun. Metode transplantasi, spesies lamun, dan lokasi donor dapat diidentifikasi lebih lanjut untuk mengetahui potensi yang lebih optimal. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan rehabilitasi ekosistem lamun yang ada di Pulau Biawak, Indramayu, Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinegoro ZP, Samosir AM, Damar A. 2022. Kondisi bioekologi mangrove dan pengelolaannya: studi kasus kawasan konservasi pulau pramuka, pulau karya dan pulau panggang, taman nasional kepulauan seribu. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*. 6(2): 75-86.
- As-Syakur AR, Wiyanto DB. 2016. Studi kondisi hidrologis sebagai lokasi penempatan terumbu buatan di perairan Tanjung Bena Bali. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 9(1): 85-92.
- Ayhuan HV, Zamani NP, Soedharma D. 2017. Analisis struktur komunitas makroalga ekonomis penting di perairan intertidal Manokwari, Papua Barat. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 8(1): 19-38.
- Azkab MH. 1999. *Pedoman Inventarisasi Lamun*. *Oseana*. 24(1): 1-16.
- Azkab MH. 2006. Ada apa dengan lamun. *Oseana*. 31(3):45-55.
- Baihaqi R. 2019. Konservasi jenis lamun di Kawasan Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Geografi Gea*. 19(1): 42-47.
- Bengen DG. 2001. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir*. Pusat kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Bogor: IPB Press.
- Boesch DF. 2019. Barriers and Bridges in Abating Coastal Eutrophication. *Frontiers in Marine Science*. 6(1). 23-29. doi: 10.3389/fmars.2019.00123
- Burkholder JM, Tomasko DA, Touchette BW. 2007. Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 350(1-2): 46-72.
- Calumpong HP & Fonseca MS. 2001. *Seagrass Transplantation and Other Seagrass Restoration Methods*. Elsevier Science B. V: Amsterdam.
- Global Seagrass Research Methods. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Cardoso PG, Pardal MA, Lillebo AI, Ferreira SM, Raffaelli D, Marques JC. 2004. Dynamic changes in seagrass assemblages under eutrophication and implications for recovery. *J Exp. Mar. Biol. Ecol*. 302(2): 233-248.
- Coles RG, Long WJL, Watson RA, Derbyshire KJ. 1993. *Distribution of Seagrasses and Their Fish and Penaeid Prawn Communities, in Cairns Harbour, a Tropical Estuary, Northern Queensland*. Australia: Northern Fisheries Centre.
- Cullen-Unsworth LC. 2016. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human well-being. *Marine Pollution Bulletin*. 83(2): 387-397.
- Fachrul MF. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: BumiAksara.
- Fahrudin M, Yulianda F, Setyobudiandi I. 2017. Density and the Coverage of Seagrass Ecosystem in Bahoi Village Coastal Waters, North Sulawesi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 9(1): 375-383.

- Fortes MD, Ooi JLS, Tan YM, Prathep A, Bujang JS, Yaakub SM. 2018. Seagrass in Southeast Asia: A review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanical Marina*. 61(3): 269–288.
- Govers LL, Lamers LPM, Bouma TJ, de Brouwer JHF, van-Katjwijk MM. 2014. *Jurnal Segara*. 18 (1): 37-46
- Graha YI, Arthana IW, Karang IWGA. 2016. Simpanan karbon padang lamun di kawasan pantai sanur, kota denpasar. *Ecotrophic*. 10(1): 46-53.
- Han Q, Liu, D.2014. Macrolagae Blooms and their Effects on Seagrass Ecosystems. *Journal of Ocean University of China*. 13(2) :791-798. doi: 10.1007/s11802-014-2471-2
- Hartini H, Lestarini Y. 2019. Pemetaan padang lamun sebagai penunjang ekowisata di Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Biologi Tropis*. 19(1): 1-7.
- Hartog DC, Kuo J. 2007. *Taxonomy and Biogeography of Seagrasses*. Springer: Netherlands.
- Hernawan, UE, Rahmawati S, Ambo-Rappe R, Sjafrie NDM, Hadiyanto H, Yusup, DS, Nugraha AH, La Nafie YA, Adi W, Prayudha B, Irawan A *et al.* 2021. The first nation-wide assessment identifies valuable blue-carbon seagrass habitat in Indonesia is in moderate condition. *Science of the Total Environment*. 21(2) 82-88. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146818.
- Hikamah SR. 2023. Pengembangan Ekowisata di Pulau Biawak sebagai Upaya Konservasi Satwa Liar Biawak Air Varanus salvator. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 29-44.
- Hoek F, Razak AD, Hamid, Muhfizar, Suruwaky AM, Ulat MA, Mustasim, Arfah A. 2016. Struktur Komunitas Lamun Di Perairan Distrik Salawati Utara Kabupaten Raja Ampat. *Jurnal Airaha*. 5(1). 87- 95.
- Hukom FD, Pelasula D. 2012. *Baseline Studi Kondisi Terumbu Karang, Lamun dan Mangrove di Perairan Pantai Utara Sebelah Timur Timor Leste*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Humami DW, Muzaki FK. 2022. Perbandingan Kesintasan dan Laju Pertumbuhan Lamun *Thalassia hemprichii* yang Ditransplantasikan dengan Empat Metode Berbeda di Perairan Pesisir Desa Labuhan Sepulu-Bangkalan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 10(2).
- Hutahaean AA, Rustam A, Daulat A, Rahayu YP, Suryono DD, Salim HL, Kusumaningtyas MA. 2022. Biodiversity and aquatic vegetation succession in Biawak Island Marine Protected Area, Indramayu-West Java. *Jurnal Segara*. 18(1):37-46.
- Hutomo RA, Wardhani DK, Syakti AD. 2020. Struktur komunitas lamun di kawasan pesisir Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 25(1): 45–53
- Ikhsanudin N, Kusuman C, Basuni S. 2018. Analisis pemandaatan hutan mangrove dan peran *stakeholders* di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Agrica*. 11(2): 47-58.

- Jalaludin M, Octaviyani IN, Putri ANP, Octaviyani W, Aldiansyah I. 2020. Padang lamun sebagai ekosistem penunjang kehidupan biota laut di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Indonesia. *Jurnal Geografi Gea*. 20(1): 44-53.
- Jo R. O, Minsas S, Kushadiwijaya AA, Idiawati N. 2023. Analisis Kondisi Lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Desa Sutera Kecamatan Sukadana Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Akuatiklestari*. 6(1): 08-115.
- Kamaludin AN, Wagey BT, Sondak CF, Angkouw ED, Kawung NJ, Kondoy KI. 2022. Status dan Kondisi Padang Lamun di Perairan Pulau Paniki Desa Kulu Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 10(3): 292-304.
- Kawaroe M, Nugraha AH, Juraij. 2016. *Ekosistem Padang Lamun*. Bogor: IPB Press.
- Kawaroe M, Prartono T, Nurjaya IW, Zamani NP. 2014. Study of seagrass community in Pari Island, Seribu Islands, Indonesia. *Ocean Science Journal* 49(1): 61–70.
- Kennish MJ. 2009. Eutrophication of mid- atlantik Coastal Bays. *Bulletin of the New Jersey Academy of Science*, 54(3), 1-8.
- Kiswara W. 2004. *Kondisi Padang Lamun (seagrass) di Teluk Banten 1998-2001*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan
- Kiswara W. 2009. *Perspektif Lamun dalam Produktifitas Hayati Pesisir*. LIPI. Jakarta.
- Lanuru M, Patandianan PB, Wahidin CI, Permatasari P. 2022. The Suitable Sites for Seagrass Transplantation in Lae-Lae Island and Sandbar According to Sediment Characteristics. *Omni-Akuatika*. 18(2): 117-124.
- Lanuru M, Supriadi, Amri K. 2013. Kondisi Oseanografi perairan Lokasi Transplantasi Lamun *Enhalus acaroids* Pulau Barrang Lompo, Kota Makassar. *Jurnal Bahari*. 7(1): 65-76.
- Lanyon J. 1986. *Seagrass of the Great Barrier Reef. Queensland: Nadicprint Services Pty. Ltd Ludwing dan Reynolds, 1988. Statistical Ecology A Primer On Methods and Computing*. California Press.
- Lanyon J. 1986. *Seagrass of the Great Barrier Reef. Queensland: Nadicprint Services Pty. Ltd Ludwing dan Reynolds, 1988. Statistical Ecology A Primer On Methods and Computing*. University, California.
- Lapointe BE, Herren LW, Brewton RA, Alderman PK. 2020. Nutrient over-enrichment and light limitation of seagrass communities in the Indian River Lagoon, an urbanized subtropical estuary. *Science of the Total Environment* 6(2): 99-107.
- Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM. 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. *Phycologia*. 45(5): 5-12.



- Lessy MR, Ramili Y. 2018. Restorasi lamun; studi transplantasi lamun *Enhalus acaroides* di perairan pantai Kastela, Kota Ternate. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*. 1(1): 40-47.
- Lubis KR, Karlina I, Putra RD. 2023. Analisis Habitat Gastropoda pada Ekosistem Lamun di Perairan Bintang Kecamatan Gunung Kijang. *Jurnal Enggano*. 8(1): 1-11.
- Manik HM, Hartoyo D, Rohman S. 2014. Underwater multiple objects detection and tracking using multibeam and side scan sonar. *International Journal of Applied Information Systems*. 7(4): 5-8.
- Muhyiddin K, Srimariana ES, Arafat D. 2022. *Performa Laju Sintasan dan Pertumbuhan Lamun Thalassia hemprichii dari Dua Metode Transplantasi*. Bogor: IPB Press.
- Muntasib EH, Ulfah M, Samosir AM, Meilani R. 2018. Potensi Bahaya Bagi Keselamatan Pengunjung Di Kawasan Wisata Pantai Pangandaran Kabupaten Pangandaran Jawa Barat. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*. 8(1): 15-25.
- Mustaromin E, Apriadi T, Kurniawan D. 2019. Transplantasi lamun *Enhalus acoroides* menggunakan metode berbeda di Perairan Sebong Perek Kecamatan Teluk Sebong Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*. 3(1): 23-30.
- Nienhuis PH, Dittmar T, Herman PMJ. 2017. *The Seagrasses of Indonesia: Monitoring and Conservation*. Springer.
- Nurlaela I, Warlina L. 2018. Pengembangan ekowisata di Pulau Biawak Kabupaten Indramayu. *Jurnal Majalah Ilmiah UNIKOM*. 16(2): 207-218.
- Nybakken J. 1998. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Orth RJ, Carruthers TJ, Dennison WC, Duarte CM, Fourqurean JW, Heck Jr KL, Hughes AR, Kendrick GA, Kenworthy WJ, Olyarnik S, *et al.* 2006. A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *Bioscience*. 56(12):987-996.
- Pelafu RE, Wagey BT, Paruntu CP, Tilaar SO, Windarto AB, Tilaar FF. 2022. Struktur komunitas padang lamun di Perairan Bulutui Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 10(2): 110-122.
- Permatasari A, Karlina I, Irawan H. 2017. Laju pertumbuhan jenis lamun (*Syringodium isoetifolium*) dengan teknik transplantasi polybag dan sprig anchor pada jumlah tegakan yang berbeda dalam rimpang di perairan kampe desa malang rapat. *Jurnal Intek Akuakultur*. 1(1): 1-14.
- Phillips RC, Menez EG. 1988. *Seagrasses*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Pradhana HDW, Endrawati H, Susanto AB. 2021. Analisis kesesuaian ekosistem lamun sebagai pendukung ekowisata bahari pulau Panjang Kabupaten Jepara. *Journal of Marine Research*. 10(2): 213-224.

- Pratikto I, Munasik M. 2014. Kesesuaian perairan untuk wisata selam dan snorkeling di Pulau Biawak, Kabupaten Indramayu. *Journal of Marine Research*. 3(3): 216-225.
- Rahman S, Rahardjanto A, Husmah. 2015. *Mengenal Padang Lamun (Seagrass Beds)*. Malang: Dream Litera
- Rahmawati S, Hernawan HE, Irawan A, Sjafrie NDM. 2019. *Suplemen Panduan Pemantauan Padang Lamun*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- Rahmawati S, Lisdayanti E, Kusnadi A, Rizki MP, Putra IP, Irawan A, Supriyadi IY, Prayudha B, Suryaso, Alifatri LO, *et al.* 2022. *Status Ekosistem Lamun di Indonesia Tahun 2021*. Pusat Riset Oseanografi, Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim. Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- Rahmawati SE, Lisdayanti A, Kusnadi MP, Rizki MR, Mana P, Rahmadi. 2022. *Status Ekosistem Lamundi Indonesia tahun 2021*. Pusat Riset Oseanogra, Jakarta: Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- Rahmawati SI, Andri I, Supriyadi H, Azkab MH. 2017. *Panduan Pemantauan Padang Lamun*. COREMAP-CTI LIPI. Jakarta.
- Rasong HS. 2024. Cadangan Karbon pada Komunitas Padang Lamun di Pulau Bawean. *Jurnal MAIYAH*. 3(2): 63-74.
- Rayyis A, Suryono S, Supriyantini E. 2021) Pengaruh nitrat dan fosfat dalam sedimen terhadap kerapatan lamun di Jepara. *Journal of Marine Research*. 10(2): 259-266.
- Reid CJ, Marshall D, Logan D. Kleine. 2009. *Terumbu Karang dan Perubahan Iklim. Panduan Pendidikan dan Pembangunan Kesadartahuan*. Brisbane: University of Queensland Press.
- Riniatsih I, Ambariyanto A, Yudiati E. 2021. Keterkaitan megabentos yang berasosiasi dengan padang lamun terhadap karakteristik lingkungan di Perairan Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(2): 237-246.
- Riniatsih I. 2015. Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) di padang lamun di Perairan Teluk Awur dan Pantai Prawean Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(3): 121–126. doi:10.14710/jkt.v18i3.523
- Rosada KK, Sunardi TDK, Pribadi, Putri SA. 2017. Struktur Komunitas Fitoplanton pada berbagai Kedalaman di Pantai Timur Pananjung Pangandaran *Biodjati*. 2(1): 30-37.
- Rosalina D, Herawati EY, Risjani Y, Musa M. 2018. Keanekaragaman spesies lamun di Kabupaten Bangka Selatan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Enviro Scienteeae*. 14(1): 21-28.
- Rosmawati T, Huliselan NV, Khouw AS, Tupan CI. 2020. Laju pertumbuhan lamun *Enhalus acoroides* yang di transplantasi dengan menggunakan metode *TERFs* di perairan pantai desa Waai kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*. 9(1): 69-80.
- Royce WF. 1972. *Introduction to the Fishery Sciences*. San-Fransisco, London: Academic Press.

- Saleh E, Tzuen-Kiat Y, Gallagher JB. 2020. Seagrass coverage and associated fauna at Gaya Island, Sabah, Malaysia: A pilot seagrass transplantation. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*. 4(1): 14-19.
- Salsabiela M, Anggoro S, Purnaweni H. 2014. Kajian keefektifan pengelolaan terumbu karang (Studi kasus: Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Pulau Biawak dan sekitarnya, Kabupaten Indramayu). *Jurnal Saintek Perikanan*. 10(1): 13-18.
- Samson ES, Kasale D, Wakano D. 2020. Kajian Kondisi Lamun Pada Perairan Pantai Waemulang Kabupaten Buru Selatan. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*. 9(1): 11-25.
- Seprianti R, Halim M, Pranata F, Permatasari A, Yanti N, Charisma L, Fatmawati N, Harniati N, Karlina I, Putra DR, et al. 2022. *Transplantasi Lamun Mudah dan Praktis*. Kepulauan Riau: UMRAH Press.
- Seprianti R, Karlina I, Irawan H. 2017. Laju pertumbuhan jenis lamun *Thalassia hemprichii* dengan teknik transplantasi sprig anchor dan polybag pada jumlah tegakan yang berbeda dalam rimpang di Perairan Kabupaten Bintan. *Jurnal Intek Akuakultur*. 1(1): 56–70.
- Sjafrie MH, Zulkarnaen I, Fadli N. 2022. *Diversity and distribution of seagrasses in the Seribu Islands, Jakarta Bay*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.
- Sofiana MSJ, Safitri I, Saputri KE, Nurcahyanto T. 2020. Analisis kondisi lamun *Thalassia hemprichii* di perairan Pulau Kabung, kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 10(2): 149-159.
- Sombo, I. T., Wiryanto, W., & Sunarto, S. (2016). Karakteristik dan struktur komunitas lamun di daerah intertidal pantai litianak dan pantai oeseli kabupaten rote ndao–nusa tenggara tenggara timur. *Ekosains*. 8(3): 89-97.
- Sunarto, Ryanti I, Ihsan YN, Harahap SH. 2013. *Kajian Sumberdaya Kelautan Pulau Biawak dan Laut Sekitarnya Kabupaten Indramayu Jawa Barat*. UNPAD Press.
- Supyan, Saman A. 2022. Rekayasa teknologi transplantasi lamun jenis *thalassia hemprichii* dan *Cyamodocea* sp. menggunakan bahan ramah lingkungan di pantai kastela pulau ternate. *Jurnal Agribisnis Perikanan*. 15(2): 827-833.
- Syakur A. 2020. Jenis-jenis lamun di perairan ponnori kecamatan larompong selatan kabupaten luwu. *Jurnal Biogenerasi*. 5(1): 56-67.
- Syukur A, Wardiatno Y, Muchsin I. 2017. Kerusakan lamun (*seagrass*) dan rumusan konservasinya di tanjung luar Lombok Timur. *Jurnal Biologi Tropis*, 69-80.
- Talakua C, Rumengan Y. 2020. Pertumbuhan lamun hasil transplantasi *enhalus acorides* di padang lamun teluk amahai. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*. 2(2): 52-57.

- Umroh U, Utami E. 2014. Efisiensi dari metode transplantasi rumput laut pada kawasan bekas penambangan timahdi pantai teluk kabupaten bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*. 8(2): 1-6.
- Unsworth RKF, Collier CJ, Waycott M, Mckenzie LJ, Cullen-Unsworth LC. 2015. A framework for the resilience of seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. 100(1): 34–46. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.08.016.
- Wangkanusa MS, Kondoy KI, Rondonuwu AB. 2017. Identifikasi kerapatan dan karakter morfometrik lamun *Enhalus acoroides* pada substrat yang berbeda di Pantai Tongkeina Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Platax*. 5(2): 210-220.
- Warahmah S, Jannah R, Yolanda SD, Halimatussyadiah E. 2022. Metode Transplantasi Ekosistem Padang Lamun di Indonesia. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*. 4(6): 10129-10137.
- Wardhani SP, Titah HS. 2020. Bioremediasi sebagai solusi pengelolaan limbah cair industri minyak dan gas. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 21(1): 39–48.
- Waycott MK, McMahon J, Mellors A, Calladine D, Kleine. 2004. *A Guide to Tropical Seagrasses of the Indo- West Pacific*. Queensland: James Cook University,
- Williams SL, Ambo-Rappe R, Sur C, Abbott JM, Limbong SR. 2017. Species richness accelerates marine ecosystem restoration in the coral triangle. *National Academy of Sciences*. 114(45): 11986–11991
- Wismar JE. 2023. Seagrass (*Enhalus acoroides*) Restoration Performance with Two Different Methods (Anchor and Seed) in Panjang Island, Jepara, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 15(1): 84-92.
- Yulianda F. 2019. *Ekowisata Perairan*. Bogor: IPB Press.
- Yunitha A, Wardiatno Y, Yulianda F. 2014. Diameter substrat dan jenis lamun di pesisir Bahoi Minahasa Utara: sebuah analisis korelasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 19(3): 130-135.
- Zahra FZ, Hamsiah H, Tang B. 2024. Karakteristik morfometrik lamun (*Enhalus acoroides*) di perairan desa Bontolebang Kepulauan Selayar. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari*. 2(1): 98-108.
- Zurba N. 2018. *Pengenalan Padang Lamun, Suatu Ekosistem yang Terlupakan*. Aceh: UNIMAL Press.

