

POTENSI SEDIMEN LAMUN DALAM MENYIMPAN KARBON DI SEKITAR KAWASAN EKONOMI KHUSUS (KEK) LIKUPANG BARAT, SULAWESI UTARA

SATRIANI



**PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Potensi Sedimen Lamun dalam Menyimpan Karbon di Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Likupang Barat, Sulawesi Utara” 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 tesis ini.

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

Bogor, Maret 2024

Satriani
C2501202019

- 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.



RINGKASAN

SATRIANI. Potensi Sedimen Lamun dalam Menyimpan Karbon di Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Likupang Barat, Sulawesi Utara. Dibimbing oleh ZULHAMSYAH IMRAN, FERY KURNIAWAN, dan PERDINAN.

@Hak Cipta milik IPB University

Peningkatan konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) menjadi sebuah isu lingkungan yang sedang menjadi perbincangan dunia. Peningkatan konsentrasi gas CO₂ disebabkan karena adanya kegiatan industri dan tata guna lahan. Secara ekologis, ekosistem pesisir memainkan peranan penting dalam mitigasi perubahan iklim, salah satunya padang lamun. Sedimen lamun memiliki kemampuan dalam menyimpan karbon yang cukup besar. Akan tetapi, informasi mengenai estimasi stok karbon di Likupang Barat, Sulawesi Utara masih terbatas, bahkan belum pernah dilakukan. Saat ini, ekosistem lamun telah diikutsertakan dalam skema pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Peluncuran Profil Aksi Mitigasi Karbon Biru Lamun yang diinisiasi oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan sebagai bagian dari kontribusi nasional atau *Nationally Determined Contribution* (NDC).

Penelitian dilaksanakan bulan Juli hingga September 2022 di Bahoi, Bulutui-Muka Kampung, Bulutui dan Tarabitan di Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Likupang Barat, Sulawesi Utara. Lokasi penelitian merupakan zona penyangga yang berada di sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK). Penentuan stasiun dilakukan di ekosistem lamun yaitu daerah terkontrol (*control site*) dan daerah terdampak (*impacted site*). Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung termasuk dalam kategori terdampak yang dicirikan dengan adanya kegiatan antropogenik. Sementara Bulutui dan Tarabitan termasuk dalam kawasan terkontrol (*control site*) dengan adanya aktivitas manusia tetapi tidak intens (*less activities*). Pengambilan data kondisi ekosistem lamun dengan menggunakan metode *seagrass-watch*, sedangkan data sedimen menggunakan metode *core* sedimen. Data simpanan karbon pada sedimen lamun diperoleh dengan menggunakan analisis LOI (*Loss on Ignition*). Data yang telah diperoleh selanjutnya disusun dan disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel. Penentuan strategi pengelolaan lamun berbasis karbon biru dilakukan dengan menggunakan analisis SWOT, *strengths* (kekuatan), *weaknesses* (kelemahan), *opportunities* (peluang), dan *threats* (ancaman) berdasarkan masukan dari ahli lamun berbasis karbon biru.

Kondisi ekosistem lamun di lokasi penelitian berada dalam kategori sehat dengan ditemukannya delapan jenis lamun, yaitu *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Oceana serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Thalassia hemprichii* yang termasuk dalam komunitas campuran (*mixed community*). Kerapatan jenis, persentase tutupan dan indeks keanekaragaman lamun tidak berbeda signifikan antar lokasi. Hasil analisis stok karbon di Perairan Likupang Barat berada pada kisaran 117,78-312,28 Mg C ha⁻¹ yang dilakukan di empat lokasi, di antaranya Bahoi, Bulutui-Muka Kampung, Bulutui, dan Tarabitan. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan antara lokasi terdampak dan terkontrol. Lokasi terdampak memiliki stok karbon organik tertinggi jika dibandingkan dengan lokasi terkontrol dikarenakan mendapat tambahan akumulasi bahan organik dari kegiatan limbah domestik, seperti limbah dapur dan biologis. Selain itu, stok karbon juga dipengaruhi oleh ukuran fraksi sedimen yang secara keseluruhan di dominasi oleh pasir.

- 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.

Stok karbon pada sedimen lamun memiliki nilai yang cukup tinggi dan berpotensi untuk berkontribusi dalam mitigasi GRK. Strategi prioritas yang dapat dilakukan untuk melakukan pengelolaan ekosistem lamun berbasis KEK, Likupang yaitu: 1) menetapkan peraturan dan kebijakan yang jelas dan tegas untuk melindungi dan memastikan pengelolaan ekosistem lamun berkelanjutan; 2) menyusun kesepakatan pembagian keuntungan yang adil antara pihak-pihak yang terlibat dalam kebijakan konservasi; 3) menyusun strategi keuangan jangka panjang untuk mendukung implementasi kebijakan konservasi lamun.

Kata kunci: karbon biru, lamun, simpanan karbon, sedimen, SWOT

@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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

SATRIANI. Potential of Seagrass Sediment in Carbon Storage around the Special Economic Zone (SEZ) of West Likupang, North Sulawesi. Supervised by ZULHAMSYAH IMRAN, FERY KURNIAWAN, and PERDINAN.

The rise in carbon dioxide (CO₂) concentration is a global environmental concern attributed to industrial activities and land use. Coastal ecosystems, such as seagrass beds, play a crucial role in mitigating climate change. Seagrass sediments can store a significant amount of carbon. However, there is limited information on estimating carbon stocks in West Likupang, North Sulawesi. Seagrass ecosystems are now included in greenhouse gas (GHG) emission reduction schemes. The Ministry of Marine Affairs and Fisheries has launched the Seagrass Blue Carbon Mitigation Action Profile as part of the Nationally Determined Contribution (NDC). The research was conducted from July to September 2022 in Bahoi, Bulutui- Muka Kampung, Bulutui, and Tarabitan, which are located in the buffer zone around the Special Economic Zone (SEZ) of West Likupang District, North Sulawesi. Station assignments were made in seagrass ecosystems, specifically in control sites and impacted sites. The impacted sites include Bahoi and Bulutui-Muka Kampung, which are characterized by the presence of anthropogenic activities. On the other hand, Bulutui and Tarabitan are included in the control site, where human activities are present but less intense. The seagrass-watch method was used to collect data on seagrass ecosystem conditions, while the sediment core method was used for sediment data. LOI (Loss on Ignition) analysis was used to obtain data on carbon storage in seagrass sediments. The resulting data is presented in tabular form with a descriptive format. The management strategy for blue carbon-based seagrass was determined through a SWOT analysis, which involved gathering input from experts in the field. The analysis considered the strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with the seagrass.

The condition of the seagrass ecosystem at the research site is in the healthy category with the discovery of eight seagrass species, namely *C. rotundata*, *E. acoroides*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis*, *O. serrulata*, *S. isoetifolium*, and *T. hemprichii* which are included in the mixed community. Species density, percentage cover, and seagrass diversity index did not differ significantly between sites. Carbon stock analysis was conducted in four locations including Bahoi, Bulutui-Muka Kampung, Bulutui, and Tarabitan. This study presents a wide range of results, ranging from 117,78 to 312,28 Mg C ha⁻¹. While, the overall carbon stock estimate in the waters of West Likupang, North Sulawesi is 196,50 Mg C ha⁻¹. The analysis results indicate a difference between the impacted and controlled sites. The affected site has a higher organic carbon stock than the controlled site due to additional organic matter accumulation from domestic waste activities, such as kitchen and biological waste. Furthermore, the size of the sediment fraction is also affected by carbon stock, which is dominated by sand.

Carbon stocks in seagrass sediments have high value and potential to contribute to GHG mitigation. Priority strategies for implementing SEZ-based seagrass ecosystems in Likupang include establishing clear and firm regulations and policies that are crucial for ensuring sustainable management of seagrass ecosystems. Maintaining a balanced approach and avoiding biased language when

Hak cipta dilindungi Undang-undang

IPB University

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.

discussing conservation policies is essential. Additionally, developing fair benefit-sharing agreements between parties involved in conservation policies and implementing a long-term financial strategy to support seagrass conservation policies are important.

Keywords: blue carbon, carbon storage, seagrass, sediment, SWOT

@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.

- 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, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

POTENSI SEDIMEN LAMUN DALAM MENYIMPAN KARBON DI SEKITAR KAWASAN EKONOMI KHUSUS (KEK), LIKUPANG BARAT, SULAWESI UTARA

SATRIANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan

**PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1 Dr. Agustin Rustam, S. T., M. Si
2 Dr. Ir. Sigid Hariyadi, M. Sc



Judul Tesis : Potensi Sedimen Lamun dalam Menyimpan Karbon di Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) LikupangBarat, Sulawesi Utara
Nama : Satriani
NIM : C2501202019

@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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Zulhamsyah Imran, S. Pi., M. Si



Pembimbing 2:
Dr. Fery Kurniawan, S. Kel., M. Si



Pembimbing 3:
Perdinan, S. Si., M. Nat. Res. Econ., Ph. D



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Pengelolaan Sumberdaya Perairan
Dr. Ir. Mohammad Mukhlis kamal, M. Sc
NIP 19680914 199402 1 001



A.n. Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Wakil Dekan Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan:
Dr. Ir. Agus Oman Sudrajat, M. Sc
NIP 19640813 199103 1 001



Tanggal Ujian: 15 Februari 2024

Tanggal Lulus: 22032024



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini yang dilaksanakan sejak bulan Juli sampai bulan September 2022 ini ialah Konservasi Perairan dengan judul “Potensi Sedimen Lamun dalam Menyimpan Karbon di Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Cikupang Barat, Sulawesi Utara”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Zulhamsyah Anran, S.Pi., M. Si, selaku ketua komisi pembimbing, Dr. Fery Kurniawan, S. Kel., M. Si dan Perdinan, S.Si., M.Nat. Res. Econ., Ph. D selaku anggota komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Akbar Ario Digo, S.Si., M. Si selaku CEO Yapeka beserta stafnya, staf analisis Laboratorium Tanah dan Tanaman, Seameo Biotrop, dan staf analisis Laboratorium Oseanografi Kimia, IPB University yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada papa, mama, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

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

Bogor, Maret 2024

Satriani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Klasifikasi Sedimen	6
2.2 Sedimen Lamun	6
2.3 Biologi Lamun	7
2.4 Simpanan Karbon pada Sedimen Lamun	8
2.5 Ekosistem Lamun di Likupang Barat	10
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.4 Preparasi Sampel di Laboratorium	16
3.5 Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Ekosistem Lamun	23
4.2 Simpanan Karbon pada Sedimen Lamun	28
V SIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Simpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	83

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 TABEL

1	Posisi geografis lokasi pengamatan dan deskripsi singkat	12
2	Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian	12
3	Kriteria status penutupan lamun	14
4	Matriks analisis SWOT	22
5	Skala penilaian SWOT	22
6	Kategori tutupan lamun	27
7	Penilaian indeks keanekaragaman lamun	28
8	Data stok karbon pada sedimen lamun di Indonesia	32
9	Total stok karbon	33
10	Data kualitatif kondisi <i>core</i> sedimen	33
11	Persentase dan tipe sedimen	36
12	Penilaian analisis SWOT	42
13	Matriks SWOT strategi pengelolaan lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK)	43
14	Peringkat alternatif strategi	45

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran penelitian	4
2	Peta lokasi Penelitian di Likupang Barat, Sulawesi Utara	11
3	Metode transek kuadrat	13
4	Ilustrasi pengukuran <i>core</i> sedimen	15
5	Ilustrasi <i>core</i> sedimen 30 cm (atas) dan <i>core</i> sedimen 30 cm yang dibagi menjadi beberapa bagian (bawah)	17
6	Kerapatan jenis lamun di perairan Likupang Barat	24
7	Persentase tutupan lamun di perairan Likupang Barat	26
8	Profil <i>bulk density</i> pada sedimen lamun	28
9	Konsentrasi karbon organik di sedimen	30
10	Simpanan karbon pada sedimen lamun	31
11	Fraksi sedimen lamun di Likupang Barat	62

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kerapatan jenis lamun	59
2	Persentase tutupan jenis lamun pada luasan	60
3	Fraksi sedimen lamun	61
4	Panjang <i>core</i> sedimen pada lokasi penelitian	63
5	Kandungan karbon pada sedimen lamun berdasarkan kedalaman	63
6	Hasil data %LOI (<i>loss of ignition</i>), C-org dan DBD (<i>dry bulk density</i>) pada sedimen berdasarkan kedalaman	69
7	Statistik kerapatan jenis lamun antar lokasi	74

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.

8	Statistik persentaseutupan lamun antar lokasi	74
9	Statistik keanekaragaman lamun antar lokasi	74
10	Korelasi status kesehatan padang lamun terhadap stok karbon	74
11	Statistik <i>dry bulk density</i> antar lokasi berdasarkan kedalaman	74
12	Statistik keterkaitan <i>dry bulk density</i> terhadap karbon organik berdasarkan kedalaman	75
13	Statistik keterkaitan <i>dry bulk density</i> terhadap stok karbon berdasarkan kedalaman	75
14	Statistik karbon organik berdasarkan kedalaman di setiap lokasi	75
15	Statistik stok karbon berdasarkan kedalaman di setiap lokasi	75
16	Statistik keterkaitan karbon organik terhadap stok karbon berdasarkan kedalaman	76
17	Statistik keterkaitan ukuran fraksi terhadap karbon organik	76
18	Ukuran fraksi <i>core</i> sedimen	76
19	Kondisi perairan di sekitar lokasi penelitian	77
20	Kegiatan pengambilan data kondisi ekosistem lamun	79
21	Kegiatan pengambilan data sedimen lamun	80
22	Kegiatan analisis di laboratorium	81
23	Profil <i>core</i> sedimen	82

@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

Peningkatan konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) menjadi sebuah isu lingkungan yang sedang menjadi perbincangan global. Pada tahun 2030, Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 29% (Ahmad *et al.* 2018). Penggunaan energi fosil, peningkatan aktivitas industri, alih fungsi lahan (Bates *et al.* 2012; Abbass *et al.* 2022) dan kegiatan antropogenik (Donato *et al.* 2011; Kamal *et al.* 2023) menjadi penyebab meningkatnya konsentrasi gas CO₂ secara signifikan, sehingga memicu terjadinya pemanasan global. Penyerapan CO₂ dari atmosfer dapat melalui ekosistem darat dan ekosistem pesisir, seperti padang lamun, mangrove dan rawa payau (McLeod *et al.* 2011; Fourqurean *et al.* 2012; Macreadie *et al.* 2013; Ganefiani *et al.* 2019). Ekosistem pesisir memegang peranan penting sebagai penyerap dan penyimpan karbon yang disebut sebagai ekosistem karbon biru atau *blue carbon*. Di wilayah tropis, ekosistem lamun dan mangrove memiliki potensi yang sangat besar sebagai penyimpan karbon biru (McLeod *et al.* 2011 ; Howard *et al.* 2016; Lamb *et al.* 2017; Nordlund *et al.* 2018; Unsworth *et al.* 2022; Orth dan Heck 2023). Secara ekologis, vegetasi lamun berperan penting sebagai *blue carbon* dalam mengurangi terjadinya pemanasan global (Mazarrasa *et al.* 2018; Unsworth *et al.* 2019; de los Santos *et al.* 2020). Keberadaan habitat lamun berkontribusi penting sebagai penyedia sumber karbon organik bagi perairan di sekitarnya (Hickmah *et al.* 2021).

Indonesia sebagai pusat keanekaragaman hayati lamun berpotensi untuk berkontribusi dalam cadangan karbon dunia. Sebagai negara yang terletak di wilayah tropis, Indonesia memiliki 5-10% luas padang lamun dunia. Luas padang lamun di perairan Indonesia berada dalam kisaran 875.967-1.847,341 ha (Sjafrie *et al.* 2018). Luas padang lamun ini menunjukkan Indonesia menjadi negara yang potensial dalam menyerap dan menyimpan karbon (*carbon sink*). Penyerapan karbon oleh tumbuhan lamun dilakukan melalui proses fotosintesis dengan menyerap dan mengubah CO₂ dari atmosfer menjadi biomassa dalam bentuk organ dan cadangan makanan (Serrano *et al.* 2018). Hasil dari proses fotosintesis pada lamun disimpan dalam bentuk biomassa dan bertahan hingga ribuan tahun (Harris dan Feriz 2011; Fourqurean *et al.* 2012; Macreadie *et al.* 2013; Howard *et al.* 2016) sehingga padang lamun sebagai penyerap dan penyimpan karbon terkaya di dunia (Lewis *et al.* 2009; Sifleet *et al.* 2011).

Kawasan ekosistem lamun di seluruh Indonesia diperkirakan menyimpan 368,5 Tg karbon atau 368.500.000 Mg C, termasuk simpanan karbon sedimen diperkirakan mencapai 129,9 Mg C ha⁻¹ (Alongi *et al.* 2016). Nilai ini berada di bawah rata-rata stok karbon global di lapisan sedimen sebesar 329,5 Mg C ha⁻¹ (Fourqurean *et al.* 2012). Hal ini disebabkan belum tersedianya data inventarisasi cadangan karbon lamun menyebabkan estimasi cadangan karbon yang tersimpan dalam sedimen lamun di Indonesia masih belum sepenuhnya terkuantifikasi (Sakmiana *et al.* 2023). Beberapa penelitian terbaru mengenai penilaian stok karbon lamun di Indonesia dominan membahas tentang biomassa, seperti yang dilakukan di perairan Utara Papua (Nugraha *et al.* 2020), Perairan Jepara (Ratnasari *et al.* 2020), dan perairan Pulau Bali (Vitri Lestari *et al.* 2020). Kajian yang dilakukan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) terhadap data penelitian stok

karbon pada ekosistem lamun di Indonesia bahwa biomassa lamun di Indonesia memiliki cadangan karbon sebesar 0,94 Mg C ha⁻¹ (Wahyudi *et al.* 2018), artinya keseluruhan data terbatas pada biomassa saja. Penyusunan data stok karbon secara menyeluruh di ekosistem lamun sangat perlu dilakukan. Ketersediaan data yang minim menyebabkan rendahnya peran sumberdaya lamun di lokasi tertentu (Brodie dan De Ramon N'yeurt 2018) dan upaya untuk pelestarian dan rehabilitasi tidak dapat diterapkan (Sondak dan Kaligis 2022). Hal ini mengindikasikan perlunya data tersebut untuk mengukur potensi emisi dan penyerap karbon dalam kebijakan mitigasi perubahan iklim. Hasil data tersebut dapat menjadi informasi penting untuk meningkatkan konservasi ekosistem lamun, yang berperan penting dalam penyerapan dan penyimpanan karbon.

Likupang Barat memiliki hamparan padang lamun yang luas mencapai 100,443 ha yang tersebar dari perairan Palaes ke perairan Munte. Dengan luasan tersebut, ekosistem lamun sangat efektif sebagai pusat lokasi penyimpanan karbon. Wawo *et al.* (2014) mengemukakan bahwa ekosistem lamun memiliki kemampuan dalam menyerap dan menyimpan karbon sehingga berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim di masa mendatang. Secara global, ekosistem lamun memiliki kemampuan menyimpan karbon di dalam sedimen berkisar antara 4,2 hingga 8,4 PgC (Fourqurean *et al.* 2012), sehingga kemampuan sedimen untuk menyerap karbon menjadi cadangan karbon jauh lebih besar. Githaiga *et al.* (2017) mengemukakan bahwa lamun berpotensi menyerap dan menyimpan karbon sekitar 4,88 ton/ha/tahun. Namun, baru-baru ini telah ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah No. 84 Tahun 2019 tentang Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Likupang, tepatnya berada di Likupang Timur, daerah Pulisan. Luasan area pengembangan KEK mencapai 197,4 ha yang difokuskan pada sektor pariwisata dan budaya. Tujuan pengembangan KEK yaitu untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan pemerataan pembangunan. Kebutuhan sektor pariwisata selalu bertentangan dengan keberlangsungan ekosistem, salah satunya ekosistem lamun yang berperan dalam menyimpan karbon. Dengan adanya aktivitas pengembangan KEK di perairan tersebut dikhawatirkan dapat menjadi ancaman baru bagi keberlangsungan hidup lamun dan kemampuan dalam menyerap dan menyimpan karbon. Berdasarkan Fahrudin *et al.* (2017) mengemukakan bahwa berbagai aktivitas pembangunan di kawasan pesisir telah mengorbankan habitat lamun. (Howard *et al.* 2019) padang lamun merupakan satu dari berbagai ekosistem pesisir yang paling terancam di dunia. Kegiatan antropogenik seperti pembuangan limbah, budidaya laut, perahu propeller, penangkapan ikan yang merusak, dan pengerukan dapat mengancam keberadaan lamun (Roca *et al.* 2016). Gangguan dengan intensitas yang tinggi menyebabkan hilangnya biomassa karbon dan mengurangi kapasitas penyerapan karbon (Lyimo 2016).

Melihat kondisi demikian, pengelolaan yang tepat dibutuhkan untuk meminimalisir terjadinya degradasi lamun. Selain itu, informasi mengenai cadangan karbon masih sangat sedikit sehingga penulis bermaksud untuk mengkaji stok karbon pada sedimen lamun. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi awal dalam menyusun pengelolaan ekosistem lamun yang sejalan dengan rencana pemerintah untuk meningkatkan sektor pariwisata di perairan Likupang, Sulawesi Utara. Selain itu, informasi ini dapat menjadi acuan bagi para stakeholder khususnya dalam bidang karbon biru yang menjadi bagian dari upaya mitigasi perubahan iklim.

@Hak_cipta_milik_IPB_University

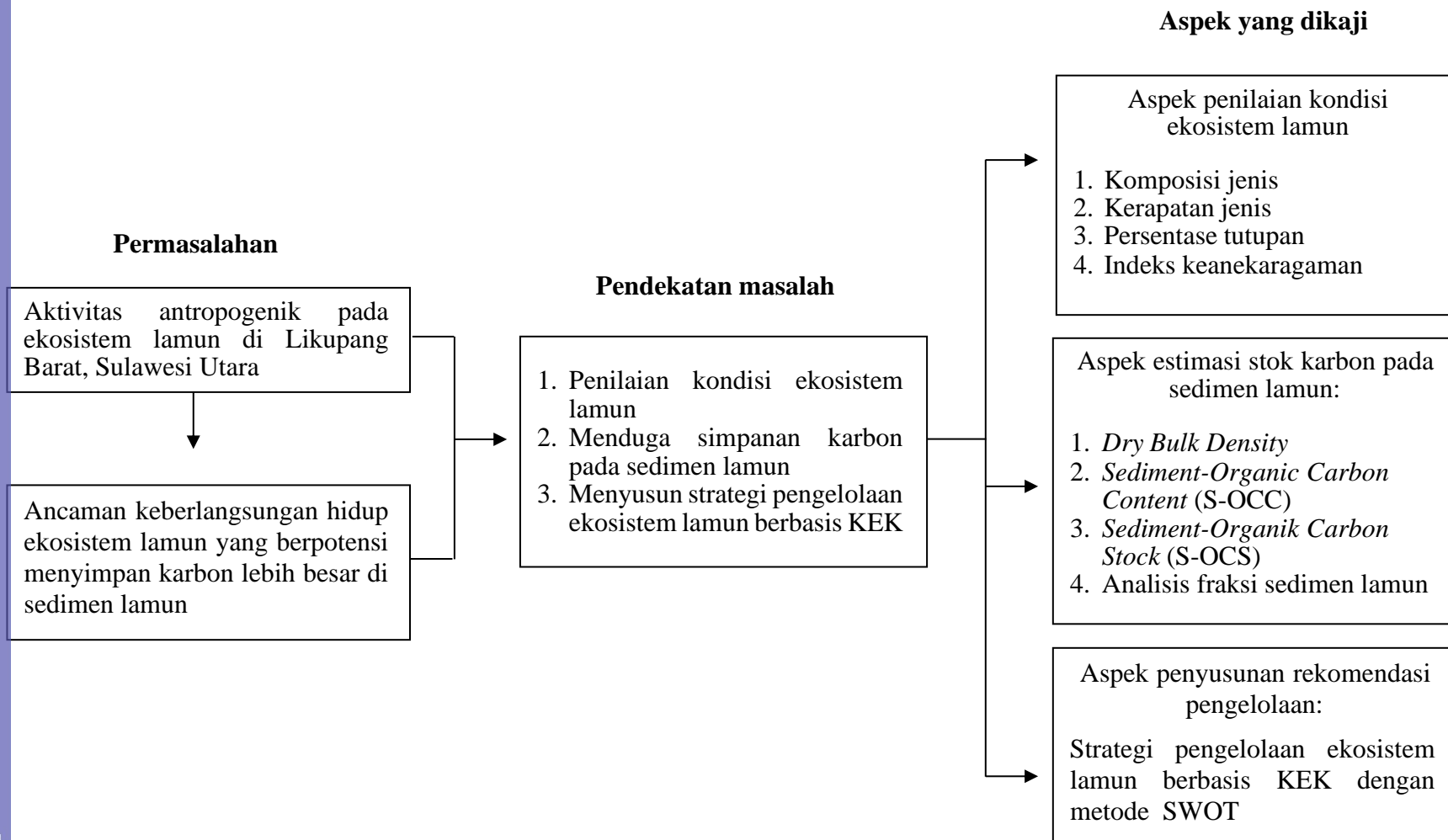
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

1.2 Rumusan Masalah

Kawasan pesisir Likupang Barat memiliki hamparan padang lamun yang tersebar luas. Keberadaan lamun dapat dilihat di sekitar garis pantai yang dangkal di mana terdapat padang lamun. Banyaknya jenis lamun pada suatu komunitas mengindikasikan bahwa lingkungan perairan tersebut memungkinkan untuk mendukung keberlangsungan hidup lamun (Yunitha *et al.* 2015). Vegetasi lamun di area penelitian menghadapi tekanan yang cukup intens dari kegiatan masyarakat setempat. Sebagian wilayah perairan Likupang Barat telah dimanfaatkan sebagai kawasan wisata yang didukung dengan terbentuknya Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) dan menjadi lokasi masyarakat untuk mencari ikan dan kerang-kerangan, tempat kapal berlabuh, peletakan jangkar kapal dan baling-baling kapal yang merobek helaian daun lamun. Digdo *et al.* (2016) mengatakan bahwa mayoritas penduduk yang hidup di wilayah pesisir Minahasa Utara bergantung pada sumber daya alam, khususnya perikanan. Selain itu, Fyfe dan Davis (2007) mengemukakan bahwa penyebab kerusakan lamun adalah kapal nelayan, kegiatan pembangunan dan meningkatnya jumlah penduduk di wilayah pesisir. Melihat kondisi demikian, lamun yang tumbuh secara alami semakin hari semakin tertekan sehingga mengakibatkan terjadinya degradasi. Faktor sosial-ekonomi dan sosial-budaya secara tidak langsung juga berkontribusi dalam mendorong aktivitas manusia dalam memberikan tekanan yang signifikan terhadap ekosistem lamun (McKenzie *et al.* 2021).

Kegiatan pariwisata dan lingkungan sangat berkaitan karena melibatkan dampak lingkungan, ekonomi, fisik dan sosial (Mola *et al.* 2012). Hal ini juga dijelaskan oleh Sondak dan Kaligis (2022) bahwa kegiatan masyarakat seperti *gleaning*, perahu bermotor, jangkar kapal, sedimentasi dan perubahan iklim merupakan faktor yang dapat memengaruhi luasan dan kondisi kesehatan padang lamun. Zahedi (2008) mengemukakan bahwa pariwisata pesisir merupakan jenis pariwisata terpopuler di seluruh dunia, akan tetapi memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan karena berhubungan dengan atraksi dan destinasi yang dapat merubah karakteristik pesisir. Keunggulan yang ada di KEK, di antaranya wisata alam, wisata budaya, wisata selam, berbagai biota yang dilindungi, fasilitas pendukung lainnya bagi para wisatawan di bidang sosial ekonomi dan budaya (Mokoginta *et al.* 2023). Sehubungan dengan peran ekologis dan potensi sedimen lamun dalam menyimpan karbon hingga saat ini belum banyak mendapat perhatian. Terbatasnya data dan informasi pada ekosistem lamun sehingga menjadi terabaikan dalam upaya pengelolannya. Hasil dari analisis ini dapat memberikan gambaran implikasi potensi sedimen lamun dalam menyimpan karbon sebagai salah satu upaya dalam mengurangi efek gas rumah kaca. Penjelasan secara garis besar mengenai kerangka berpikir dalam perumusan masalah penelitian diilustrasikan dalam kerangka pemikiran penelitian (Gambar 1).



Gambar 1 Kerangka pemikiran penelitian

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengidentifikasi kondisi ekosistem lamun, 2) menduga simpanan karbon pada sedimen lamun, dan 3) menyusun strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK)

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkini dan pengembangan ilmu pengetahuan tentang kondisi ekosistem lamun, simpanan karbon pada sedimen lamun yang dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim, serta strategi prioritas dalam pengelolaan ekosistem lamun berbasis (KEK), Sulawesi Utara. Kebijakan pengelolaan akan lebih efektif jika berpedoman pada hasil penelitian sehingga dapat digunakan sebagai referensi, sumber informasi serta bahan acuan untuk riset selanjutnya.

@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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Sedimen

Hutabarat dan Evans (2000) menyatakan bahwa keseluruhan dasar perairan tertutup oleh komponen sedimen yang telah mengendap secara bertahap selama jutaan tahun. Sebagian besar sedimen ini tersusun dari partikel hasil pelapukan batuan dan pecahan cangkang serta sisa-sisa kerangka organisme laut. Menurut Hutabarat dan Evans (1995), mengungkapkan bahwa sedimen dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian jika ditinjau berdasarkan sumbernya sebagai berikut:

Sedimen *lithogenous*

Sedimen *lithogenous* terbentuk dari pengikisan batuan di daratan. Pengikisan ini terjadi karena berbagai proses fisik dan kimiawi, seperti pemanasan dan pendinginan batuan yang terjadi secara terus-menerus di pasir, pembekuan pada musim dingin atau karena adanya reaksi kimia dengan air hujan atau air tanah pada permukaan batuan. Material batuan diangkut dari daratan ke laut melewati sungai. Sungai yang alirannya melintasi wilayah daratan yang luas akan mengangkut sedimen ke laut dalam jumlah besar. Setelah sedimen berada di laut, proses distribusi ditentukan oleh sifat fisik material, seperti durasi waktu yang dibutuhkan untuk bertahan di kolom air. Material yang berukuran lebih besar akan mengendap lebih cepat daripada material yang berukuran kecil.

2. Sedimen *Biogenous*

Keberadaan sisa-sisa organisme hidup membentuk endapan material halus yang dikenal sebagai *ooze*, umumnya mengendap jauh dari pantai. Sedimen ini terbagi menjadi dua tipe utama, yaitu *calcareous* dan *siliceous ooze*, yang tergantung pada jenis bahan yang terdapat di dalam kulit atau kerangka.

3. Sedimen *hydrogenous*

Material sedimen *hydrogenous* terbentuk melalui reaksi kimia di dalam air laut, seperti *manganese nodules* (bongkahan mangan) yang terbentuk melalui endapan lapisan oksidan dan hidroksidan besi dan mangan yang berada di sekitar pecahan batuan atau serpihan. Proses reaksi kimia terjadi secara perlahan dan memerlukan jutaan tahun untuk menghasilkan *nodule* atau bongkahan batu berukuran sangat besar dan proses ini akan berhenti jika *nodule* tertimbun dalam sedimen. Dengan demikian, *nodule* ini banyak ditemukan di lautan Pasifik karena kecepatan proses sedimentasi berlangsung lebih lambat daripada di lautan Atlantik.

2.2 Sedimen Lamun

Sedimen merupakan tempat dimana lamun dapat tumbuh. Komponen sedimen lamun dapat berupa bahan organik dari sisa organisme perairan yang telah mati atau nutrien yang berasal dari sungai menuju ke laut. Menurut Newmaster *et al.* (2011) bahwa lamun cenderung cocok tumbuh pada sedimen yang berlumpur, berpasir, berlempung, bahkan pecahan karang. Pertumbuhan lamun sangat terbatas oleh sedimen perairan. Sedimen berperan dalam menentukan kestabilan habitat lamun yang berfungsi sebagai sumber nutrien dan media tumbuh agar tidak terbawa

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.

oleh arus dan gelombang (Tupan dan Unepetty 2018). Kedalaman sedimen yang sesuai merupakan syarat utama bagi pertumbuhan lamun (Naufaldin 2016). Sedimen tersusun dari bahan organik dan anorganik (Erfteimeijer dan Koch 2001). Bahan organik berasal dari pembusukan hewan dan tumbuhan yang tenggelam dan mengendap di dasar perairan dan bercampur dengan lumpur. Sedangkan bahan anorganik berasal dari pelapukan batuan (Riniatsih 2016). Kandungan bahan organik dalam sedimen terbentuk melalui proses dekomposisi dan metabolisme organisme pengurai laut yang akan diuraikan menjadi bahan anorganik yang merupakan faktor penting untuk menentukan produktivitas primer suatu perairan termasuk ekosistem lamun (Syafrizal *et al.* 2021). Daerah pesisir yang berdekatan dengan muara sungai diindikasikan mengandung lebih banyak bahan organik jika dibandingkan dengan daerah tanpa muara sungai (Wu *et al.* 2023).

Setiap jenis lamun memiliki karakteristik yang unik dan dapat tumbuh di berbagai jenis sedimen (Short *et al.* 2016). Jenis lamun yang tumbuh di sedimen berkerikil (*rubble*) dan berpasir biasanya terdapat akar yang kuat, bila dibandingkan dengan jenis lamun yang tumbuh di sedimen berlumpur. Sedimen berlumpur membutuhkan lebih banyak akar untuk mengikat sedimen karena memiliki partikel sedimen yang halus. Perbedaan komposisi jenis sedimen menghasilkan perbedaan kesuburan dan komposisi jenis lamun (Chamidy *et al.* 2020).

2.3 Biologi Lamun

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan tingkat tinggi (*Anthophyta*) yang seluruh hidupnya tumbuh terbenam di lingkungan laut, berpembuluh, berimpang (*rhizome*), berakar dan berkembang biak secara generatif (biji) dan vegetatif. Beragam bentuk daun lamun seperti pita, lidi dan bulat. Rhizoma berbentuk batang merambat dan terbenam horizontal dan memiliki ruas. Bagian ruas ditumbuhi tunas, daun serta bunga hingga tumbuh menjadi akar yang kokoh di dasar laut agar dapat menahan hempasan ombak dan arus. Tumbuhan lamun hidup secara berkelompok dengan jenis lamun lainnya dan membentuk padang lamun yang homogen dan heterogen (Dewi dan Sukandar 2017).

Secara umum, lamun merupakan tumbuhan berbunga yang hidup di laut dan membentuk habitat penting secara ekologis dan ekonomi di wilayah pesisir di seluruh dunia (Potouroglou *et al.* 2017). Ekosistem lamun merupakan *Angiospermae* laut yang menghuni dan mendukung berbagai kehidupan di ekosistem yang berbeda dan hidup berdampingan dengan ekosistem lainnya, termasuk estuaria, mangrove, terumbu karang dan lahan basah pesisir (Billah *et al.* 2016; Camp *et al.* 2016; Lohr *et al.* 2017). Lamun termasuk dalam kelompok *Angiospermae* yang telah beradaptasi dan sepenuhnya terendam di laut (Ambo-Rappe *et al.* 2019). Terdapat sekitar 72 jenis lamun di dunia (Short *et al.* 2011) dan 15 jenis lamun ditemukan di perairan Indonesia (Ambo-Rappe *et al.* 2019). Lamun dipengaruhi oleh karakter fisik, kimia dan biologi laut (Wright dan Jones 2006) serta dapat hidup dalam kondisi perairan yang berbeda seperti muara, laut atau *hypersaline* (Short *et al.* 2011).

Habitat lamun memberikan manfaat secara ekonomis dan ekologis (do Amaral Camara Lima *et al.* 2023). Keberadaan ekosistem lamun memiliki fungsi dalam bidang ekonomi sebagai salah satu area penangkapan ikan, karena ekosistem lamun memiliki tingkat produktivitas yang tinggi. Sedangkan secara ekologis berfungsi sebagai penyedia makanan bagi berbagai biota laut, stabilisator dasar





2.4 Simpanan Karbon pada Sedimen Lamun

Ekosistem lamun menjadi salah satu ekosistem penting di wilayah pesisir. Proses fotosintesis pada ekosistem lamun berperan besar dalam menyerap dan menyimpan CO₂ di atmosfer. Lamun serupa dengan tumbuhan darat dalam hal memanfaatkan CO₂ melalui proses fotosintesis dan menyimpannya sebagai biomassa yang disebut *blue carbon* (Rustam *et al.* 2014). Tumbuhan lamun menyerap karbon melalui proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari, dengan mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik. Hasil penyerapan karbon disimpan sebagai biomassa di dalam daun, rimpang, dan akar tanaman (Supriadi *et al.* 2014). Biomassa yang dihasilkan dari proses fotosintesis akan tersimpan selama tumbuhan lamun masih hidup (Graha *et al.* 2016). Lamun memanfaatkan sebagian dari serapan karbon sebagai energi dan menyimpan sisanya sebagai biomassa di dalam jaringan (Khairunnisa *et al.* 2018). Karbon yang tersimpan di bawah sedimen akan terkunci di dalam sedimen bahkan setelah lamun mati, sedangkan karbon yang tersimpan di atas sedimen hanya bertahan selama lamun masih hidup (Kennedy dan Bjork 2009).

Lamun tumbuh subur pada sedimen lumpur berpasir sehingga kedalaman sedimen memberikan perlindungan terhadap arus laut. Akar lamun mencengkram sedimen dengan kuat sehingga menjadi perangkap sedimen dan pemasok nutrisi. Sistem akar lamun membentuk jaring dan menjebak sedimen, mencegahnya keluar ke kolom air. Hal ini menstabilkan dan mempertahankan potensi penyimpanan karbon dalam sedimen lamun (Rustam 2014). Ekosistem lamun dengan kanopi dan sistem perakaran yang rumit dan tersusun rapat memiliki potensi dalam menyimpan karbon sedimen selama ribuan tahun (Nelleman *et al.* 2009).

Ekosistem lamun menyediakan jasa sebagai tempat penyimpanan karbon yang disimpan dalam bentuk biomassa dan sedimen lamun. Peran lamun dalam menyerap karbon tergantung pada spesies lamun, jenis sedimen, kerapatan lamun, interaksi antar habitat di sekitar ekosistem lamun, kondisi gelombang dan karakteristik lingkungan perairan. Spesies lamun yang berukuran kecil akan berpengaruh terhadap jumlah akumulasi karbon organik ke lapisan sedimen yang lebih dalam (Gullström *et al.* 2018). Berdasarkan Greiner *et al.* (2016) kontribusi spesies lamun yang berukuran kecil terhadap akumulasi karbon organik hanya pada lapisan sedimen bagian atas (0-3 cm), karena akar lamun tidak mampu menjangkau

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

lapisan sedimen yang lebih dalam. Hal ini berbanding terbalik dengan spesies lamun yang berukuran besar dan memiliki rimpang serta akar yang lebat yang membuat lamun tersebut mampu menstabilkan dan mengikat sedimen sehingga karbon organik akan tersimpan dalam kurun waktu yang lama dalam lapisan sedimen (Kennedy *et al.* 2004). Selain itu, tinggi rendahnya nilai kepadatan sedimen juga memengaruhi kemampuan dalam menangkap karbon. Sedimen dengan nilai kepadatan yang rendah akan mengandung banyak ruang pori (Sari *et al.* 2021). Kadar karbon organik dalam sedimen lamun relatif tinggi melebihi hutan hujan tropis (Fourqurean *et al.* 2012). Faktanya, jumlah karbon organik yang tersimpan di padang lamun kurang lebih sama dengan jumlah total karbon organik yang tersimpan di rawa asin dan mangrove jika digabungkan (Chmura *et al.* 2003; Donato *et al.* 2011). Sehingga diperkirakan bahwa ekosistem padang lamun menjadi sorotan dunia sebagai penyimpan karbon (Howard *et al.* 2014). Padang lamun yang sehat mampu menyimpan dan menyerap karbon dalam jumlah besar (Short *et al.* 2011; Röhr *et al.* 2018; Dunic *et al.* 2021).

Beberapa peneliti telah menunjukkan pentingnya peran ekosistem lamun di daerah pesisir dalam penyerapan karbon karbon. Githaiga *et al.* (2017) mengemukakan bahwa vegetasi lamun berpotensi untuk mengabsorpsi sekaligus menyimpan karbon sekitar 4,88 ton/ha/tahun. Pengukuran stok karbon umumnya mengukur biomassa karbon yang menunjukkan bahwa biomassa tingkat bawah memiliki persentase karbon yang lebih tinggi dibandingkan biomassa tingkat atas (Zulfikar *et al.* 2016; Hartati *et al.* 2017), dan menunjukkan bahwa setiap spesies memiliki kapasitas stok karbon yang berbeda (Stankovic *et al.* 2017).

Pengukuran karbon yang terbatas pada biomassa kurang komprehensif karena 80% stok karbon sesungguhnya terdapat di dalam sedimen (Tomascik *et al.* 2016) di samping itu, 50% karbon yang tersimpan dalam sedimen dapat berasal dari luar habitat (*allochthonous*) (Kennedy *et al.* 2010) akibat hidrodinamika pada ekosistem lamun. Faktor lingkungan perairan menjadi faktor pembatas dalam penyimpanan karbon di ekosistem lamun, yaitu: 1) kedalaman perairan yang berkaitan dengan ketersediaan cahaya matahari untuk proses fotosintesis (Serrano *et al.* 2014); 2) berdasarkan karakteristik sedimen, bahwa sedimen dengan persentase pasir halus yang besar akan mengandung stok karbon yang besar pula (Dahl *et al.* 2016); 3) pasang surut menjadi transportasi karbon dari ekosistem mangrove (*allochthonous*) (Kristensen *et al.* 2008); 4) setiap jenis lamun mempunyai tingkat penyerapan dan penyimpanan karbon yang bervariasi, tergantung rentang waktu hidup setiap lamun, biomassa, tingkat produktivitas dan jaringan di dalam tubuhnya (Mateo dan Mutchler 2006); 5) tingkat kepadatan kanopi setiap jenis lamun yang akan menentukan penangkapan partikel yang tersuspensi di dalam perairan (Mazarrasa *et al.* 2017).

Fraksi sedimen juga berkontribusi pada struktur perakaran lamun. Lamun yang menghuni substrat *rubble* dan pasir cenderung memiliki sistem perakaran kuat daripada lamun yang menghuni substrat lumpur. Kondisi ini terjadi karena porositas pasir yang besar dan beragam menyebabkan ikatan akar dengan substrat menjadi lebih kuat. Hal ini memungkinkan untuk dapat bertahan dari arus dan gelombang. Sedangkan lamun yang hidupnya berada pada substrat berlumpur cenderung memiliki ukurna butir sedimen yang halus, oleh karena itu memiliki akar yang lebih banyak untuk mengikat sedimen (Ramadhan 2021).



2.5 Ekosistem Lamun di Likupang Barat

Berdasarkan hasil penelitian Digdo *et al.* (2016) sebanyak delapan jenis lamun yang tersebar di perairan Minahasa Utara, diantaranya *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Halodule pinifolia*, *H. uninervis*, *Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium* dan *Thalassia hemprichii*. Vegetasi lamun yang ditemukan merupakan vegetasi campuran (*mixed vegetation*) karena lebih dari satu jenis lamun tumbuh berdampingan di dalam suatu perairan. Bahoi memiliki jenis lamun lebih banyak dibandingkan dengan dengan Lihunu dan Talise sebanyak 8,7, dan 6 jenis. Persentase tutupan lamun jenis *Enhalus acoroides* di Bahoi paling tinggi yaitu 39%, sedangkan terendah dari jenis *Halodule uninervis* yaitu 1 %. Di Talise menunjukkan hasil yang berbeda, dengan jenis *Enhalus acoroides* memiliki persentase terendah sebanyak 9% dan *Thalassia hemprichii* sebesar 37%. Lihunu memiliki persentase tertinggi untuk jenis lamun *Thalassia hemprichii* sebanyak 36%, serupa dengan Talise, namun persentase terendah pada jenis *Syringodium isoetifolium* sebesar 3%. Hasil persentase tutupan lamun di setiap stasiun berbeda-beda.

Terdapat 16 jenis lamun yang ditemukan di perairan Indonesia (Kurniawan *et al.* 2020) dan enam jenis tersebut ditemukan di Bahoi yaitu *E. acoroides*, *T. hemprichii*, *C. rotundata*, *S. isoetifolium*, *H. ovalis*, dan *H. uninervis*. Keenam jenis lamun tersebut hampir ditemukan di semua lokasi penelitian. Kondisi ini menggambarkan bahwa kondisi perairan Likupang Barat masih memenuhi syarat bagi kehidupan lamun dengan ditemukannya berbagai jenis ukuran lamun yang tumbuh dan berkembang dengan baik (Fahrudin *et al.* 2017).

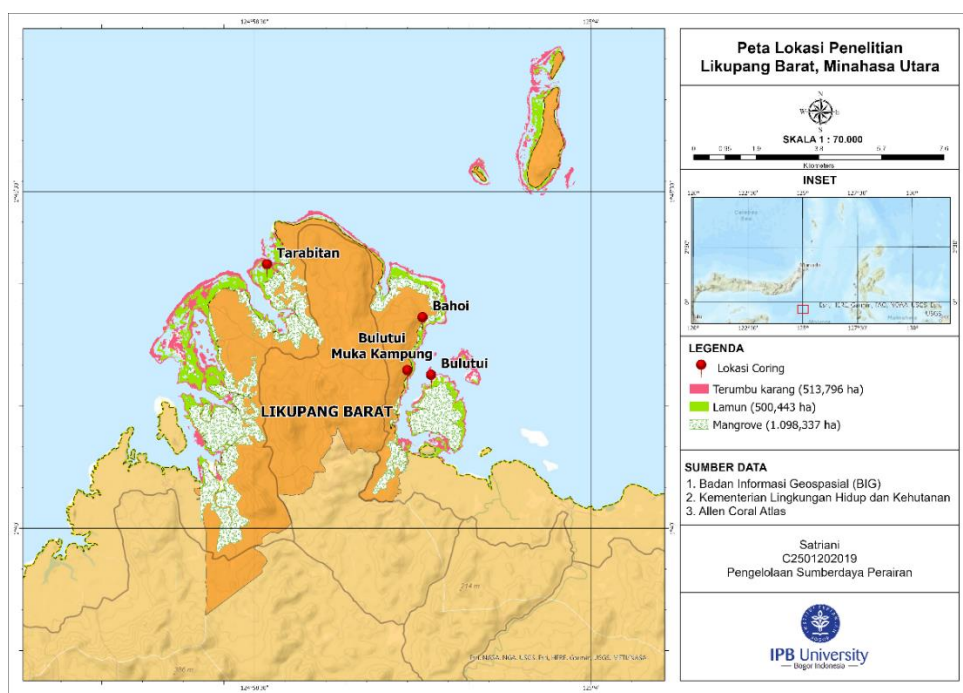
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

III METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian di lapangan selama tiga bulan terhitung dari bulan Juli hingga September 2022 di Bahoi, Muka Kampung-Bulutui, Bulutui, dan Tarabitan Likupang Barat, Sulawesi Utara (Gambar 2 dan Tabel 1). Lokasi penelitian merupakan zona penyangga yang berada di sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK). Penelitian diawali dengan survei lapangan dan dilanjutkan dengan penentuan stasiun penelitian. Pengumpulan data lamun dilakukan di ekosistem lamun dengan identifikasi jenis, perhitungan kerapatan jenis, persentase tutupan lamun, dan indeks keanekaragaman. Data sedimen diperoleh dengan menggunakan metode *coring* pada ekosistem lamun. Pengamatan lapangan menggunakan metode *purposive sampling* dengan masing-masing tiga ulangan. Metode *purposive sampling* digunakan untuk menentukan area berdasarkan kawasan yang tidak terdapat aktivitas masyarakat atau terkontrol (*control site*) dan daerah yang terdapat aktivitas masyarakat atau terdampak (*impacted site*) karena diduga adanya perbedaan kawasan tersebut memberi pengaruh berbeda terhadap penyimpanan karbon. Kawasan yang terkontrol yaitu Tarabitan dan Bulutui, sedangkan kawasan yang terdampak yaitu Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung.



Gambar 2 Peta lokasi Penelitian di Likupang Barat, Sulawesi Utara

Preparasi sampel dilaksanakan pada bulan November 2022 hingga Februari 2023 di Laboratorium Tanah dan Tanaman Seameo Biotrop, Bogor. Analisis %LOI (*Loss on Ignition*) dilakukan pada April hingga Mei 2023 di Laboratorium Tanah dan Tanaman, Seameo Biotrop, Bogor. Sedangkan, analisis fraksi sedimen dilakukan pada bulan Agustus di Laboratorium Oseanografi Kimia, Ilmu dan Teknologi Kelautan, IPB University.

Tabel 1 Posisi geografis lokasi pengamatan dan deskripsi singkat

Lokasi	Kategori	Titik koordinat	Deskripsi
Bahoi	Terdampak	E 125°01'15" N 01°43'14"	Titik stasiun berdekatan dengan pemukiman dan terdapat aktivitas lain seperti mencari kerang-keragan (<i>gleaning</i>), penangkapan ikan, jalur kapal, dan tempat kapal bersandar.
Bulutui-Muka Kampung	Terdampak	E 125°00'59.92" N 01°42'22.10"	Titik stasiun letaknya berdekatan dengan ekosistem mangrove, terdapat aktivitas lain seperti pemukiman, pembuangan limbah biologis, limbah dapur, tempat kapal bersandar dan budidaya keramba jaring apung (KJA).
Bulutui	Terkontrol	E 125°01'23.31" N 01°42'17.61"	Titik stasiun jaraknya jauh dari pemukiman dan dekat dengan hutan lindung mangrove serta masih terdapat aktivitas masyarakat dari desa lain yang tidak intens (<i>less activities</i>), seperti penangkapan ikan menggunakan jaring.
Tarabitan	Terkontrol	E 124°58'42.30" N 01°44'6.03"	Titik stasiun jaraknya jauh dari pemukiman, berdekatan dengan DPL (Daerah Perlindungan Laut), berdekatan dengan ekosistem mangrove dan teluk serta terdapat aktivitas masyarakat yang tidak intens (<i>less activities</i>), seperti penangkapan ikan menggunakan jaring

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari peralatan pengambilan sampel selama di lapangan dan peralatan selama di laboratorium. Tabel 2 menyajikan alat dan bahan yang digunakan selama penelitian beserta kegunaannya, termasuk peralatan selam (*scuba set*), pipa diameter 7,62 cm, palu atau martil 5 kg, GPS (*Global Positioning System*), sabak (*underwater slate*), alat tulis, *roll meter*, tali sabut kelapa (*coir rope*), kuadran 50x50 cm², *underwater camera*, dan buku panduan identifikasi lamun yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2 Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian

No	Alat dan bahan	Kegunaan
1	Sedimen	Sebagai bahan analisis
2	Scuba set	Memudahkan pengambilan data dalam air
3	Pipa PVC diameter 7,62 cm	Mengambil sedimen
4	Martil/palu 5 kg	Menumbuk pipa PVC
5	GPS	Menentukan titik koordinat lokasi
6	Sabak (<i>underwater slate</i>)	Alat tulis di dalam air

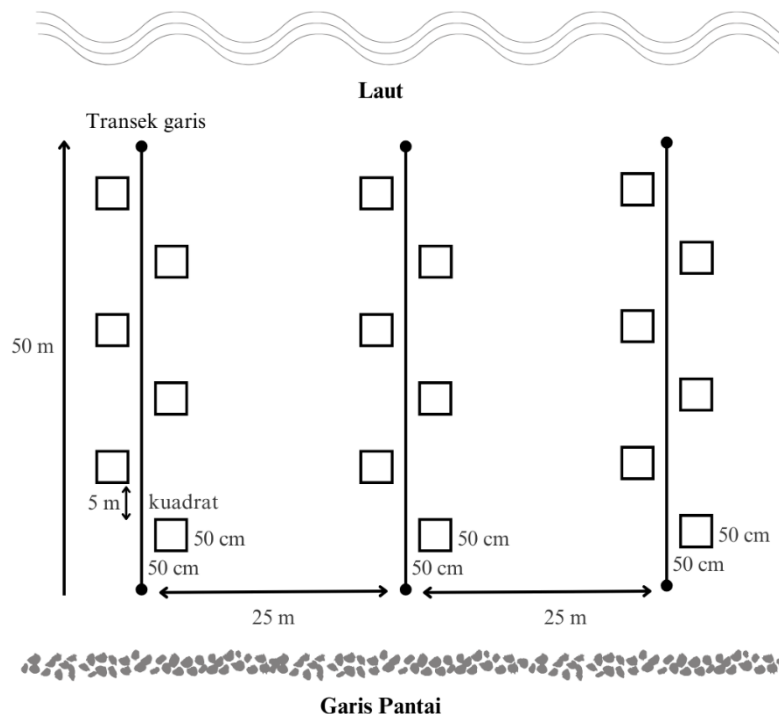
Tabel 2 Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian (lanjutan)

No	Alat dan bahan	Kegunaan
7	Alat tulis	Mencatat data di lapangan
8	<i>Roll meter</i>	Mengukur panjang luasan stasiun
9	Tali sabut kelapa (<i>coir rope</i>)	Menarik pipa ke permukaan
10	Kuadran 50x50 cm ²	Menghitung tutupan lamun
11	<i>Underwater camera</i>	Dokumentasi selama dilapangan
12	Buku panduan identifikasi lamun	Mengidentifikasi jenis lamun

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Penentuan Stasiun Penelitian

Tahap awal penelitian dan pengumpulan data di tiga lokasi yaitu dengan menentukan letak titik lokasi penelitian dan penandaan titik garis transek menggunakan GPS. Metode yang digunakan yaitu *seagrass watch* dengan transek garis dan bingkai berbentuk kuadran berukuran 50x50 cm². Transek garis ditarik dari garis pantai ke arah laut dengan melewati wilayah ekosistem lamun sepanjang 50 m. Terdapat tiga transek garis di setiap stasiun dengan jarak antar transek 25 m. Bingkai kuadrat ukuran 50x50 cm² kemudian diletakkan di sisi kanan dan kiri garis transek, dengan jarak antar bingkai 5 m (Gambar 3). Pengumpulan data meliputi jenis lamun, kerapatan lamun dan persentase tutupan lamun. Identifikasi jenis lamun dan karakterisasi morfologi mengacu pada (McKenzie 2003).



Gambar 3 Metode transek kuadrat

3.3.2 Komposisi jenis lamun

Komposisi jenis lamun didefinisikan sebagai banyaknya jenis lamun yang ditemukan di lokasi penelitian. Hasil data yang diperoleh kemudian disusun dan ditabulasi.

3.3.3 Kerapatan jenis lamun

Kerapatan jenis lamun merupakan banyaknya jumlah tegakan atau individu yang ada pada suatu unit kawasan (English *et al.* 1994) yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

Keterangan:

- D_i = Kerapatan jenis (ind/m²)
- N_i = Jumlah total tegakan atau individu spesies ke-*i*
- A = Luas transek kuadran (m²)

3.3.4 Persentaseutupan lamun

Perhitunganutupan jenis lamun dilakukan untuk mengetahui persentaseutupan dalam setiap kuadrat plot 50x50 cm² dengan persamaan Odum (1971) sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum C_i}{N}$$

Keterangan:

- C = Persenutupan lamun dalam setiap stasiun
- C_i = Jumlah persenutupan lamun ke-*i* (%)
- N = Jumlah transek kuadran setiap stasiun

Persentaseutupan lamun mengacu pada Rahmawati *et al.* (2014) yang terdiri dari empat kategori yaitu kategori jarang (0-25%), sedang (25-50%), lebat (51-75%) dan sangat lebat (75-100%). Tabel 3 menyajikan penilaian status dan kondisi ekosistem lamun ditetapkan berdasarkan Keputusan MenteriLingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun.

Tabel 3 Kriteria status penutupan lamun

Kondisi		Penutupan (%)
Baik	Kaya/Sehat	≥ 60
Sedang	Kurang Kaya/Kurang Sehat	30% – 59,9
Rusak	Miskin	≤ 29,9

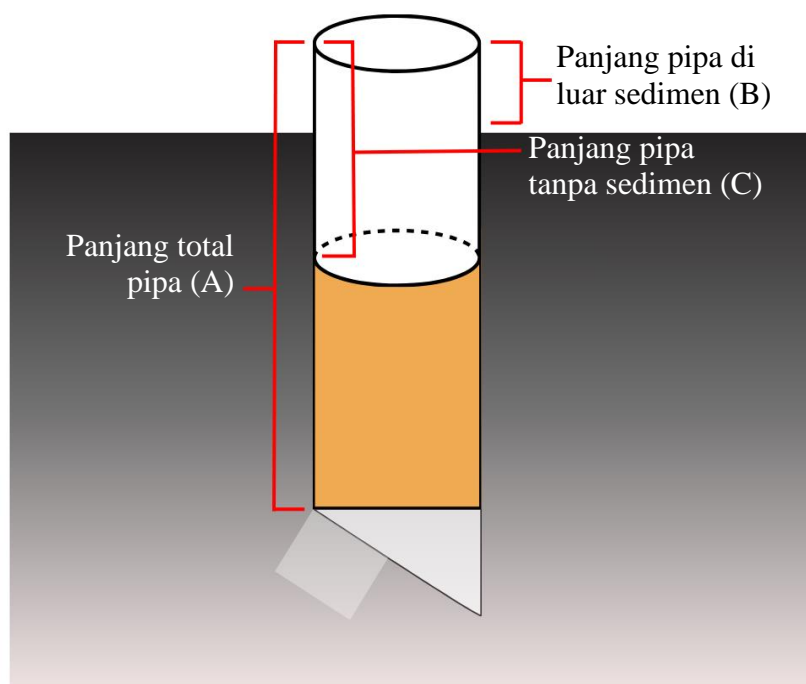
3.3.5 Simpanan karbon pada sedimen lamun

Kegiatan pengambilan sampel sedimen mengacu pada Rahmawati *et al.* (2019) yang dimodifikasi oleh Lafratta dan Paul (2022) (Gambar 4). Penentuan titik pengamatan dilakukan di kawasan lamun yang tidak terdapat aktivitas manusia atau terkontrol (*control site*) dan terdapat aktivitas manusia atau

© 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.

terdampak (*impacted site*). Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada daerah subtidal dengan kedalaman perairan 2 m di wilayah ekosistem lamun. Pengambilan titik *coring* berjarak 50 m dari ekosistem mangrove bertujuan untuk memperoleh informasi secara rinci tentang kandungan organik yang terdapat pada sedimen di ekosistem lamun. Sampel *coring* dilakukan dalam satu stasiun dengan tiga kali ulangan pada titik yang berbeda yakni 1 m dari titik lainnya. Proses pengambilan sedimen menggunakan pipa PVC diameter 7,62 cm, panjang 100 m dan dilakukan penetrasi hingga kedalaman sedimen 70 cm menggunakan palu/martil dengan posisi vertikal pada ekosistem lamun. Pengukuran simpanan karbon pada sedimen lamun hanya dilakukan pada sedimen, tidak termasuk akar lamun. Proses pengambilan sampel sedimen dilakukan secara manual menggunakan pipa PVC yang ditancapkan kemudian diketuk perlahan-lahan dengan palu sehingga terjadi kompaksi atau pemadatan sedimen akibat adanya lapisan sedimen, bahan organik, hingga pergerakan sedimen. Perhitungan *dry bulk density* (DBD) dan estimasi karbon pada sedimen dapat dipengaruhi karena adanya pemadatan sedimen.



Gambar 4 Ilustrasi pengukuran *core* sedimen yang dimodifikasi oleh Lafratta dan Paul (2022)

Sebelum menghitung faktor koreksi kompaksi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai D, yaitu panjang total sedimen di dalam pipa (cm) dan E sebagai panjang total pipa di dalam sedimen (cm) sebagai berikut:

$$D = A - C$$

Keterangan:

- D = Panjang total sedimen di dalam pipa (cm)
- A = Panjang total pipa (cm)
- C = Panjang pipa tanpa sedimen (cm)

$$E = A - B$$

Keterangan:

- E = Panjang total pipa di dalam sedimen (cm)
- A = Panjang total pipa (cm)
- B = Panjang pipa di luar sedimen (cm)

Kemudian lanjutkan perhitungan faktor koreksi kompaksi dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Faktor koreksi kompaksi} = \frac{D}{E}$$

Keterangan:

- D = Panjang total sedimen di dalam pipa (cm)
- E = Panjang total pipa di dalam sedimen (cm)

Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase faktor koreksi kompaksi sebagai berikut:

$$\% \text{ Faktor koreksi kompaksi} = 100 - ((D * 100)/E)$$

3.3.6 Strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK)

Mengidentifikasi secara sistematis terhadap berbagai faktor untuk merumuskan suatu strategi dikenal sebagai analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Pengumpulan data strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis KEK menggunakan analisis SWOT. Prinsip dari analisis ini adalah dengan memaksimalkan kekuatan dan peluang serta meminimalkan kelemahan dan ancaman (Rangkuti 2005). Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan selama di lapangan dan pandangan dari para ahli lamun atau ahli SWOT. Para ahli ditentukan berdasarkan pertimbangan banyaknya pengalaman pada bidang terkait dan memahami kondisi penelitian serta pernah terlibat di lokasi penelitian. Data yang diperoleh menjadi salah satu indikator penilaian dalam melakukan perumusan strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis KEK.

3.4 Preparasi Sampel di Laboratorium

Instruksi kerja preparasi sampel yang dilakukan di laboratorium merujuk dalam Rahmawati *et al.* (2019) yang dimodifikasi dari Lafratta dan Paul (2022), melalui tahapan sebagai berikut:

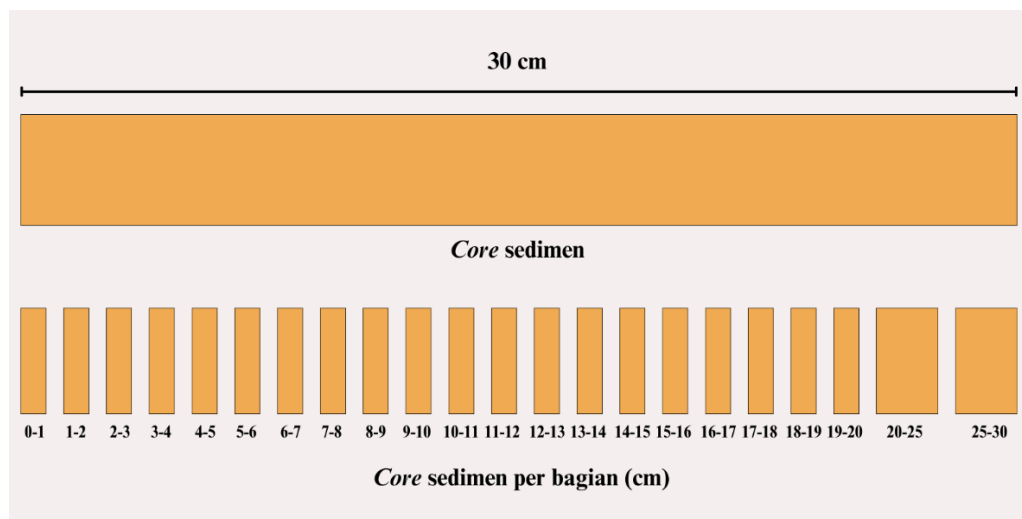
1. Membuka pipa

Beberapa instruksi kerja yang harus dilakukan yaitu: 1) membuat dua garis sejajar bagian tengah pipa menggunakan spidol permanen; 2) lepaskan selotip dan penutup pipa untuk mempermudah pemotongan; 3) potong pipa tanpa menyentuh sedimen dengan menggunakan gergaji listrik dan mengikuti garis sejajar; 4) bersihkan pipa PVC dengan kuas; 5) siapkan meja laboratorium dan perlengkapan lainnya; 6) gunakan obeng untuk melepas bagian atas pipa, usahakan agar tidak ada endapan sedimen yang menempel pada pipa; 7) amati

perubahan warna dan tekstur sedimen kemudian catat di lembar kerja laboratorium.

2. Penandaan dan dokumentasi

Tahapan penandaan pipa PVC menggunakan penggaris dimulai dari bagian atas sedimen 0-20 cm dengan jarak setiap 1 cm (0-1, 1-2, 2-3, ... 19-20), sedangkan bagian yang tersisa di bawah 20 cm dengan jarak 5 cm hingga panjang pipa terakhir, misalnya 30 cm (20-25, 25-30) (Gambar 5). Selanjutnya, ambil beberapa gambar dan simpan sebagai catatan.



Gambar 5 Ilustrasi *core* sedimen 30 cm (atas) dan *core* sedimen 30 cm yang dibagi menjadi beberapa bagian (bawah)

3. Pemotongan (*slicing*) dan penimbangan berat basah (*wet weight*)

Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk mempermudah proses pemotongan sedimen. Pemotongan sedimen pada pipa PVC dimulai dari bagian atas sedimen 0-20 cm dengan ketebalan setiap 1 cm, sedangkan bagian yang tersisa dibawah 20 cm dengan ketebalan 5 cm. Tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

- Siapkan aluminium foil dan letakkan di bagian bawah pipa sebagai alas untuk irisan sedimen yang telah dipotong;
- Buat potongan melintang menggunakan pisau keramik dari satu tanda cm di satu sisi pipa ke cm yang sama dengan tanda di sisi lain pipa, letakkan pisau tegak lurus dengan *core* sedimen dan potong sedimen;
- Gunakan sendok atau pisau untuk memasukkan sedimen yang telah diiris ke dalam botol sampel dan plastik ziplock (sampel bagian atas 0-20 cm menggunakan botol 70 ml dan plastik ziplock untuk sampel tersisa dibawah 20 cm), terlebih dahulu timbang botol kosong (tanpa tutup) dan plastik ziplock;
- Masukkan semua sedimen ke dalam botol dan plastik ziplock sesuai ID;
- Lakukan pencatatan di lembar kerja laboratorium saat melakukan pemotongan;
- Setelah semua selesai, timbang berat basah (*wet weight*) dengan menggunakan timbangan analitik OHAUS *Analytical Balance* PX224/E empat digit 220 gr dan lakukan pencatatan.

4. Pengerinan (*drying*) dan penimbangan berat kering (*dry weight*)

Masukkan sampel sedimen ke dalam oven menggunakan nampan *stainless* pada suhu 60 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengerinan sekitar 2-3 hari (bagian atas sedimen 0-20 cm), sedangkan 5-7 hari (sampel tersisa di bawah 20 cm). Setelah kering, keluarkan sampel dari oven dan dinginkan menggunakan desikator atau biarkan dingin dan tunggu hingga mencapai suhu ruangan (2-3 jam). Tahapan selanjutnya yaitu menimbang berat kering (tanpa tutup), setelah ditimbang, tutup kembali botol sampel dan lakukan pencatatan dalam lembar kerja laboratorium.

5. Sub-sampling dan menggiling (*grinding*)

Setiap sub-sampel harus mewakili keseluruhan sampel, yang artinya harus menghomogenkan sampel sebelum memisahkannya menjadi sub sampel. Berikut urutan instruksi kerjanya:

- Pilih dan siapkan sedimen yang sudah kering dan selalu mulai dari sampel teratas (0-1), lalu tuangkan seluruh sedimen ke dalam *mortar* dan *pestle* kemudian dihomogenkan;
- Masukkan kembali ke dalam botol asli dengan menggunakan sendok dan sisakan 10-12 gr, tergantung berat analisis yang diperlukan;
- Giling sub-sampel menggunakan alat *mortar* dan *pestle*;
- Masukkan ke dalam plastik ziplock kecil dan botol yang telah diberi ID

Sedimen yang telah dihomogenkan lalu dipisahkan menjadi sub-sampel untuk dilakukan analisis karbon organik total (KOT) dengan berat sampel yang diperlukan sebanyak 4 gr, sedangkan analisis fraksi sedimen sebanyak 15 gr.

3.4.1 Pengukuran *dry bulk density* (DBD)

Pengukuran *dry bulk density* mengacu pada Lafratta dan Paul (2022) yang dilakukan beberapa tahapan, yaitu sampel sedimen yang telah dipotong berdasarkan interval yang telah ditentukan, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu maksimal 60 °C selama ± 72 jam untuk mencapai massa kering konstan. Proses pengerinan sampel di atas suhu 60 °C menyebabkan terjadinya penurunan kandungan bahan organik akibat proses oksidasi sehingga mengurangi akurasi pengukuran karbon organik (Howard *et al.* 2014). Sampel sedimen yang telah kering kemudian ditimbang beratnya untuk perhitungan *dry bulk density* yang merupakan berat kering tanah berdasarkan satuan volume sampel basah. Perhitungan analisis *Dry bulk density* dilakukan menggunakan persamaan Howard *et al.* (2014) sebagai berikut:

$$\text{Dry Bulk Density (DB)} = \frac{\text{berat kering sampel (g)}}{\text{volume sampel (cm}^3\text{)}}$$

3.4.2 Kandungan karbon organik pada sedimen (*sediment-organic carbon content*) (S-OCC)

Analisis karbon organik pada sedimen menggunakan metode *loss on ignition* (LOI) bertujuan untuk mengukur jumlah total karbon yang terkandung dalam bahan organik di dalam sedimen. Analisis ini mengacu pada Lafratta dan Paul (2022) yang dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu menggiling sedimen

terlebih dahulu hingga berbentuk serbuk. Beri label pada bejana keramik dengan pensil grafit kemudian masukkan ke dalam oven (105 °C) dan biarkan semalaman. Setelah itu, keluarkan dari oven dan masukkan ke dalam desikator atau *plastic wrap* selama 2-3 jam, timbang, dan catat beratnya di lembar kerja. Tambahkan $4 \pm 0,2$ gr sedimen pada bejana keramik, keringkan sedimen + bejana tanpa tutup di dalam oven (3 jam pada suhu 60 °C). Keluarkan sampel dari oven dan letakkan di dalam desikator atau *plastic wrap* selama 2 jam, timbang, dan catat berat setiap sampel di lembar kerja. Nyalakan tanur dan atur suhu 550 °C selama 2 jam (nyalakan tanur terlebih dahulu sambil menyiapkan sampel). Masukkan semua nampan berisi sampel di dalam *furnace* dengan menggunakan alat pelindung diri (APD) dan tunggu selama 4 jam (buatlah peta sampel untuk mengetahui ID bejana keramik di dalam furnace). Setelah selesai, buka pintu furnace dan biarkan dingin selama 1 jam (saat mengeluarkan sampel, pastikan label masih dapat diidentifikasi, jika tidak, gunakan peta sampel). Masukkan sampel ke dalam oven (60 °C selama 3 jam), setelah selesai masukkan ke dalam desikator atau *plastic wrap* (2 jam), timbang, dan catat beratnya di lembar kerja.

3.4.3 Fraksi sedimen

Analisis fraksi sedimen dilakukan untuk mengetahui hubungan karakteristik sedimen dengan kandungan simpanan karbon. Setiap sampel sedimen yang di ambil mewakili satu lokasi pengamatan yang di analisis di laboratorium. Sedimen terbagi menjadi tiga belas fraksi (kerikil sedang, kerikil halus, kerikil halus sekali, pasir kasar sekali, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir halus sekali, lanau kasar, lanau sedang, lanau halus, lempung kasar, lempung halus). Analisis fraksi sedimen menggunakan metode pengayakan kering berdasarkan Wentworth (1922) dalam menentukan ukuran butir sedimen. Proses *sieving* menggunakan ayakan bertingkat dengan tahapan yaitu: 1) sedimen diayak dengan ayakan bertingkat selama 5 menit; 2) ukuran ayakan yang digunakan bervariasi mulai dari >8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm, residu (<0,063); 3) sedimen yang bertahan pada setiap saringan dipisahkan pada cawan yang berbeda dan hitung bobot sedimen; 4) fraksi residu (<0,063) dilakukan analisis *pipetting* untuk melihat fraksi lanau-lempung. Pada tahapan *pipetting* membutuhkan waktu kerja selama 3 hari dengan tahapan berikut: 1) hari pertama, sedimen ditambahkan hidrogen peroksida (H₂O₂) 10% sebanyak 25 ml, aduk dan diamkan selama 24 jam; 2) hari kedua, sedimen ditambahkan H₂O₂ 30% sebanyak 25 ml dan tera dengan air hingga 500 ml kemudian ambil sedimen dengan pipet volumetrik 25 ml pada waktu 45 detik, 30 menit, 1 jam, 5 jam dan 24 jam; 3) hari ketiga, sedimen yang telah diambil dituang pada cawan porselen lalu oven dan tunggu hingga kering kemudian timbang berat akhirnya. Penentuan fraksi sedimen menggunakan aplikasi GRADISTAT v9.1. Penentuan fraksi ini didahului dengan perhitungan bobot fraksi dari hasil *pipetting* yang mengacu pada Wentworth (1922):

$$\text{Bobot fraksi} = (b - a) \times F_{pi}$$

Keterangan:

a = Bobot cawan isi (gr)

b = Bobot cawan kosong (gr)

F_{pi} = Faktor pengenceran setiap fraksi

Perlu dicatat bahwa bobot total merupakan penjumlahan bobot hasil *sieving* dan *pipetting*. Selanjutnya dihitung persentase fraksi yang berlaku untuk semua fraksi sebagai berikut:

$$(\%) \text{fraksi} = \frac{\text{Bobot fraksi}}{\text{Bobot total}} \times 100$$

3.5 Analisis Data

3.5.1 Indeks keanekaragaman lamun

Indeks keanekaragaman jenis merupakan ukuran tingkat keanekaragaman lamun pada sebuah ekosistem. Keanekaragaman jenis ditentukan dengan indeks Shannon-Wiener *dalam* Krebs (1994) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan:

- H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
- N_i = Jumlah individu spesies ke-*i*
- N = Jumlah individu seluruh spesies.

Kategori penilaian untuk keanekaragaman jenis sebagai berikut:

- H' > 3 = Keanekaragaman sangat tinggi
- H' 1,6-3 = Keanekaragaman tinggi
- H' 1-1,5 = Keanekaragaman sedang
- H' < 1 = Keanekaragaman rendah

3.5.2 Kandungan karbon organik pada sedimen (*sediment-organic carbon content*) (S-OCC)

Analisis kandungan karbon organik total menggunakan metode %LOI (*Loss on Ignition*) dengan ketetapan Allen *et al.* (1974).

$$\% \text{LOI} = W_2 / W \times f_k \times 100$$

Keterangan:

- W₂ = Berat abu (gr)
- W = Berat kering udara (gr)
- f_k = Faktor koreksi kadar air

Konversi persentase bahan organik menjadi persentase karbon organik mengacu pada Fourqurean *et al.* (2012) sebagai berikut:

$$\% C_{org} = (0,43) \times \% \text{LOI} - 0,33$$

3.5.3 Kandungan stok karbon organik pada sedimen (*sediment-organic carbon stock*) (S-OCS)

S-OCS dihitung dengan mengalikan DBD dan S-OCS berdasarkan persamaan Rahmawati *et al.* (2019) berikut:

$$S - \text{OCS} (\text{g Corg cm}^{-3}) = \text{DBD} \times S - \text{OCC}$$

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.

Perhitungan nilai S-OCS di setiap bagian kedalaman sedimen dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S - OCS \text{ (g Corg cm}^{-2}\text{)} = S - OCS \text{ (g C cm}^{-3}\text{)} \times \text{panjang awal bagian } core$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai S-OCS di setiap *core* sedimen dengan persamaan berikut:

$$S - OCS \text{ (g Corg cm}^{-2}\text{)} = C - OCS \text{ setiap bagian (1 + 2 + } \dots + N)$$

Nilai N merupakan jumlah *core* sedimen. Selanjutnya penentuan rata-rata S-OCS di lokasi penelitian dengan persamaan berikut:

$$S - OCS \text{ (g Corg cm}^{-2}\text{)} = \frac{S - OCS \text{ } core \text{ (1 + 2 + } \dots + N)}{N}$$

Sebelum penentuan total S-OCS pada lokasi penelitian, terlebih dahulu dilakukan perhitungan konversi unit satuan g Corg cm⁻² menjadi Mg C ha⁻¹ dengan persamaan berikut:

$$S - OCS \text{ (g Corg cm}^{-3}\text{)} = 10^{-2} S - OCS \text{ (Mg C ha}^{-1}\text{)}$$

Setelah perhitungan hasil konversi, selanjutnya menghitung total S-OCS di setiap lokasi penelitian dengan persamaan berikut:

$$\text{Total } S - OCS \text{ (g Corg cm}^{-3}\text{)} = \text{rata - rata } S - OCS \text{ (Mg C ha}^{-1}\text{)} \times \text{luasan lamun (ha)}$$

Uji nonparametrik dengan Kruskal-Wallis dilakukan dengan bantuan software PAST 4.03 (PAleontological STatistics Version) untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan dari kerapatan jenis lamun, persentase tutupan, dan indeks keanekaragaman di masing-masing lokasi penelitian serta karbon organik dan *dry bulk density* (DBD) berdasarkan kedalaman antar lokasi penelitian. Jika hasil menunjukkan berbeda signifikan, maka dilanjutkan uji Mann-Whitney untuk mengetahui perbedaan yang nyata antar pasangan suatu kelompok. Sementara, *Pearson Correlation Coefficient* digunakan untuk menguji keterkaitan antara karbon organik terhadap *bulk density* berdasarkan kedalaman.

3.5.4 Strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK)

Penyusunan strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis (KEK) mengacu pada hasil analisis SWOT. Analisis SWOT merupakan sebuah pendekatan untuk menilai kekuatan (*strengths*), kelemahan (*weakness*), peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) yang terkait dengan kondisi tertentu. Analisis SWOT terdiri dari 2 faktor yang memengaruhi empat komponen dasar, yaitu *internal factor evaluation* (IFE) dan *eksternal factor evaluation* (EFE).

Pendekatan analisis SWOT membandingkan berbagai faktor internal antara kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weaknesses*) dengan faktor eksternal antara peluang (*opportunities*) dan ancaman (*thretas*) (Putra 2019). Alat yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor strategis dalam pengelolaan ekosistem lamun yaitu matriks SWOT. Matriks ini memberikan gambaran yang

jelas bagaimana kekuatan dan kelemahan internal dalam memanfaatkan peluang dan mengatasi ancaman di dalam lingkungan eksternal (Tabel 4). Informasi ini membantu dalam merumuskan strategi yang lebih baik dan membuat keputusan yang lebih tepat (Rangkuti 1997).

Tabel 4 Matriks analisis SWOT

	IFE	STRENGTHS (S)	WEAKNESSES (W)
EFE			
OPPORTUNITIES (O)		STRATEGI (S-O) Ciptakan strategi dengan kekuatan untuk memanfaatkan peluang	STRATEGI (W-O) Ciptakan strategi yang meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang
THREATS (T)		STRATEGI (S-T) Ciptakan strategi dengan kekuatan untuk mengatasi ancaman	STRATEGI (W-T) Ciptakan strategi yang meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa faktor internal dan eksternal melalui pengamatan selama di lapangan dan masukan dari para ahli lamun atau ahli SWOT. Para ahli dipilih berdasarkan pengalaman dalam topik yang diangkat dan lama waktu terlibat di lokasi penelitian. Faktor tersebut dinilai berdasarkan skala 1 hingga 4, dari yang penting hingga yang tidak penting (Tabel 5). Semakin tinggi tingkat kepentingan kekuatan dan peluang, semakin besar nilainya, sementara kelemahan dan ancaman bernilai sebaliknya.

Tabel 5 Skala penilaian SWOT

Skor	Faktor SWOT
1	Tidak penting
2	Cukup penting
3	Penting
4	Sangat penting

Matriks SWOT memudahkan pengambilan keputusan dengan tepat dan mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif dalam menghadapi dinamika lingkungan di ekosistem lamun. Setiap alternatif strategi pengelolaan ditentukan berdasarkan skor yang diberikan kepada faktor-faktor yang dianggap berpengaruh. Hasil dari penilaian strategi dengan nilai tertinggi dapat menjadi pertimbangan dalam upaya perlindungan dan pengelolaan lamun di perairan Likupang Barat, Sulawesi Utara.

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.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Ekosistem Lamun

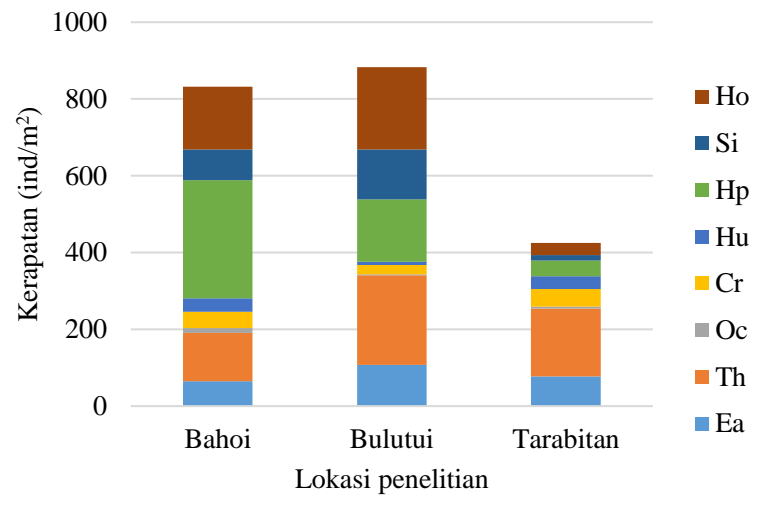
4.1.1 Komposisi jenis lamun

Luas padang lamun di perairan Likupang Barat mencapai 500,44 ha. Luasan ini tersebar dari perairan Palaes hingga perairan Munte. Komunitas lamun yang ditemukan di perairan Likupang Barat merupakan komunitas campuran (*mixed community*). Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, teridentifikasi dua famili lamun di perairan Likupang Barat, yaitu Hydrocharitaceae dan Cymodoceaceae. Famili Hydrocharitaceae terdiri dari tiga genus yakni *Enhalus*, *Thalassia* dan *Halophila*, sedangkan famili Cymodoceaceae terdiri dari empat genus *Oceana*, *Cymodocea*, *Halodule* dan *Syringodium*. Secara keseluruhan, terdapat delapan jenis lamun yang ditemukan yaitu *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Oceana serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Thalassia hemprichii* yang ditemukan di seluruh lokasi penelitian. Keseluruhan jenis lamun yang ditemukan di perairan Likupang Barat merepresentasikan 50% dari total 16 jenis lamun di perairan Indonesia. Keseluruhan jenis lamun memberikan layanan ekosistem yang penting bagi keberlangsungan biota di sekitarnya. Penelitian ini berkontribusi dalam memberikan informasi terkini mengenai sebaran jenis lamun dan memberikan landasan ilmiah dalam pengelolaan sumber daya alam di perairan Likupang Barat.

4.1.2 Kerapatan jenis lamun

Kerapatan jenis lamun di perairan Likupang Barat merujuk pada seberapa banyak individu atau tegakan jenis lamun. Jenis lamun yang berasosiasi pada setiap kuadran pengamatan berada pada kisaran dua hingga empat jenis lamun. Terdapat delapan jenis lamun yang teridentifikasi di lokasi penelitian dengan nilai kerapatan yang berbeda-beda. Kondisi ini menggambarkan bahwa setiap jenis lamun memiliki sebaran yang beragam serta dapat berasosiasi dengan jenis lamun lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perairan Likupang Barat masih memenuhi persyaratan tumbuh lamun dengan ditemukannya variasi jenis lamun kecil maupun besar dapat tumbuh dengan baik. Kondisi lingkungan yang sehat menjadi syarat bagi lamun untuk menjaga dan mempertahankan keberadaannya hingga pada tahapan reproduksi (Fahrudin 2017). Tingginya nilai kerapatan jenis lamun dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang baik sehingga memiliki peluang untuk tumbuh dan berkembang biak. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat delapan jenis lamun yang ditemukan di semua stasiun penelitian, diantaranya *C. rotundata*, *E. acoroides*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis*, *O. serrulata*, *S. Isoetifolium*, dan *T. hemprichii*. Setiap stasiun penelitian memiliki nilai kerapatan jenis lamun yang bervariasi. Nilai kerapatan yang berbeda antar stasiun penelitian belum tentu mengindikasikan perbedaan yang signifikan. Hasil analisis statistik Kruskal-Wallis menunjukkan bahwa kerapatan jenis lamun di setiap stasiun penelitian tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$) (Lampiran 7). Hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan masih tergolong baik dan didukung oleh berbagai tipe sedimen sebagai media tumbuh lamun sehingga dapat

memengaruhi kerapatan lamun. Meskipun lamun memiliki tingkat adaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan, namun tetap membutuhkan ruang untuk hidup agar dapat memperbanyak diri di lingkungan tertentu.



Gambar 6 Kerapatan jenis lamun di perairan Likupang Barat. Legenda menunjukkan jenis lamun sebagai berikut: Cr = *Cymodocea rotundata*, Ea = *Enhalus acoroides*, Hp = *Halodule pinifolia*, Hu = *Halodule uninervis*, Ho = *Halophila ovalis*, Os = *Oceana serrulata*, Si = *Syringodium isoetifolium* dan Th = *Thalassia hemprichii*

Karakteristik lingkungan di Bahoi berdekatan dengan vegetasi mangrove dan terumbu karang. Total kerapatan lamun di Bahoi yaitu sebesar 832 ind/m², Bulutui sebesar 883 ind/m², dan Tarabitan sebesar 425 ind/m². Lebih lanjut, kerapatan jenis lamun tertinggi di Bahoi yaitu *H. pinifolia* sebanyak 307 ind/m². Tipe lamun *H. pinifolia* hidup di perairan dangkal atau perairan yang dipengaruhi pasang surut dengan kedalaman kurang lebih 1 m saat surut terendah. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Hutomo (1997) bahwa jenis lamun *H. pinifolia* biasanya ditemukan di daerah intertidal dan tumbuh pada sedimen berpasir atau berlumpur. Sementara Zurba (2018), mengemukakan bahwa *H. pinifolia* dapat hidup pada sedimen keras, berpasir, dan berlumpur. Jenis lamun ini termasuk jenis pionir karena tumbuh di habitat yang tidak sesuai dengan jenis lamun lainnya (den Hartog 1967). Jenis lamun *H. pinifolia* ditemukan melimpah pada sedimen yang didominasi pasir halus yang seringkali teraduk ombak dan terpapar saat surut air laut. Pola sebaran dan kelimpahan *H. pinifolia* berkaitan erat dengan parameter kekeruhan, suhu dan sedimen kerikil atau pecahan karang sehingga dapat dikatakan sebagai perintis pada habitat yang tidak mendukung pertumbuhan jenis lamun lain (Irawan dan Nganro 2016). Kondisi ini sesuai dengan lokasi pengambilan sampel yang berada di antara ekosistem terumbu karang dan mangrove serta memiliki tipe sedimen pasir berkerikil. Lamun jenis *H. pinifolia* dapat menyesuaikan diri dengan baik di berbagai tipe sedimen, salinitas, kedalaman, sedimentasi (den Hartog 1970). Pada lokasi penelitian ini didominasi oleh jenis *H. pinifolia* diduga berkaitan dengan tipe sedimen yang ditemukan yaitu pasir berkerikil. *H. pinifolia* relatif

@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.

lebih melimpah di daerah yang keruh dengan kondisi perairan yang cenderung lebih tinggi dari rata-rata, selain itu persentase pecahan kerikil dan karang lebih tinggi di atas rata-rata (den Hartog 1970).

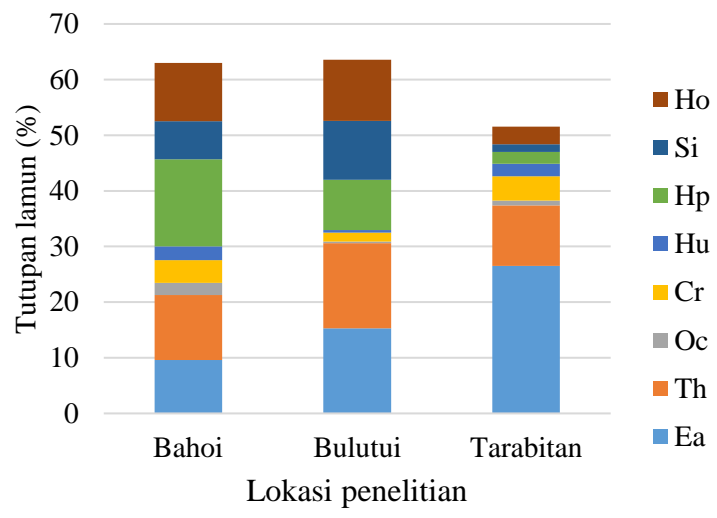
Lamun dengan jenis *T. hemprichii* termasuk jenis lamun yang memiliki kerapatan tertinggi di Bulutui dan Tarabitan, namun dengan jumlah yang berbeda secara berurutan yaitu 233 ind/m² dan 176 ind/m² (Gambar 6). *T. hemprichii* sering dijumpai pada vegetasi lamun campuran (*mixed vegetation*) karena memiliki persentase kerapatan yang tinggi. Berdasarkan den Hartog (1967) bahwa *T. hemprichii* dapat tumbuh pada sedimen yang berbeda yaitu pasir berlumpur atau pasir kasar sedang atau pecahan karang kasar. Sebagian besar tipe sedimen seperti berlumpur hingga berbatu dapat ditumbuhi oleh lamun (Nontji *et al.* 2012). Sementara Short *et al.* (2007) mengemukakan bahwa jenis lamun *T. hemprichii* termasuk lamun kosmopolitan dengan kemampuan beradaptasi tinggi terhadap berbagai situasi yang terjadi di lingkungan perairan. lamun *T. hemprichii* banyak dijumpai di sekitar mangrove karena mendapatkan pasokan nutrisi yang tinggi dari ekosistem mangrove yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan reproduksi (Satrya *et al.* 2012). Adanya perbedaan kerapatan jenis lamun dianggap berkaitan erat dengan kemampuan adaptasi dan kondisi jenis sedimen sebagai media pertumbuhan lamun. Nilai kerapatan yang tinggi pada jenis *T. hemprichii* mengindikasikan bahwa lamun ini tersebar cukup banyak dan mempunyai tingkat adaptasi yang tinggi.

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi tingkat kerapatan lamun. Tingkat kerapatan lamun ditentukan berdasarkan parameter fisika-kimiaperairan, tingkat kecerahan, tipe sedimen, dan aktivitas antropogenik. Berdasarkan kondisi tersebut, banyak faktor yang dapat memengaruhi kerapatan lamun sehingga dapat berdampak terhadap kondisi lamun di wilayah tertentu. Hal ini disebabkan karena aktivitas manusia di wilayah pesisir terus meningkat, terutama dalam sektor pariwisata, seperti pembangunan hotel dan proyek reklamasi lahan. Peningkatan jumlah dan aktivitas penduduk yang berinteraksi langsung dengan padang lamun juga berpotensi menjadi ancaman yang nyata bagi kelangsungan hidup ekosistem lamun. Berdasarkan (Waycott *et al.* 2009) mengemukakan bahwa tingkat kerusakan habitat lamun semakin cepat dari rata-rata 0,9% per tahun sebelum tahun 1940 menjadi 7% per tahun sejak tahun 1990. Secara global, alasan utama kerusakan lamun disebabkan karena kegiatan reklamasi, pengerukan dan penurunan kualitas air, seperti eutrofikasi. Keberadaan lokasi penelitian yang berada di sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) diduga menjadi ancaman baru bagi kondisi lamun karena adanya aktivitas dari para wisatawan dan aktivitas masyarakat setempat di sekitar ekosistem lamun. Aktivitas masyarakat yang bersentuhan langsung dengan ekosistem lamun seperti masyarakat setempat yang didominasi oleh kaum perempuan dan anak kecil mencari kerang-kerangan atau *gleaning*, menjadi jalur dan tempat kapal bersandar, dan tempat mencari ikan.

4.1.3 Persentase tutupan lamun

Persentase tutupan lamun merupakan indikator jumlah tutupan lamun di suatu perairan (Minerva *et al.* 2014). Secara umum, lamun dapat mencakup 30-40% permukaan sedimen di ekosistem perairan tertentu, artinya proporsi tutupan lamun tidak selalu memiliki hubungan linear dengan jumlah spesies yang ada

atau kerapatan jenisnya. Hal ini disebabkan karena pengamatan tutupan lamun didasarkan pada helai daun, sedangkan kerapatan jenis diukur dari jumlah tegakan. Lebih lanjut Fahrudin *et al.* (2017) menjelaskan bahwa lebar daun lamun memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tutupan sedimen, bahwa tumbuhan yang memiliki daun lebar maka semakin besar kemampuannya menutupi sedimen. Perbedaan jenis sedimen berpengaruh terhadap struktur komunitas lamun. Jenis lamun dengan kepadatan tertinggi memiliki kemampuan untuk menempati ruang yang lebih banyak sehingga lebih banyak kesempatan untuk tumbuh. Setiap kawasan memiliki variasi komposisi dan jenis. Banyaknya jenis lamun di lokasi penelitian mengindikasikan perairan tersebut masih layak bagi keberlangsungan habitat lamun. Fahrudin *et al.* (2017) mengemukakan bahwa lamun dijadikan sebagai bioindikator dalam suatu perairan.



Gambar 7 Persentase tutupan lamun di perairan Likupang Barat. Legenda menunjukkan jenis lamun sebagai berikut: Cr = *Cymodocea rotundata*, Ea = *Enhalus acoroides*, Hp = *Halodule pinifolia*, Hu = *Halodule uninervis*, Ho = *Halophila ovalis*, Os = *Oceana serrulata*, Si = *Syringodium isoetifolium*, Th = *Thalassia hemprichii*

Persentase tutupan lamun tertinggi di Bahoi yaitu *H. pinifolia* sebesar 16,25%, Bulutui yaitu *E. acoroides* dan *T. hemprichii* sebesar 15,24%, serta Tarabitan yaitu *E. acoroides* sebesar 27,52% (Gambar 7). Jenis *H. pinifolia* dominan ditemukan di Bahoi karena lokasi pengambilan sampel berada dekat ekosistem mangrove dan terumbu karang. Hal ini sejalan dengan Hadad dan Abubakar (2016) bahwa habitat lamun jenis *H. pinifolia* hidup diantara ekosistem mangrove dan terumbu karang dengan tipe sedimen pasir, pasir berlumpur dan lumpur berpasir. Sedangkan, Bulutui didominasi jenis *E. acoroides* dan *T. hemprichii*. Tingginya persentase tutupan lamun *E. acoroides* dan *T. hemprichii* di Bulutui dikarenakan memiliki ukuran yang lebih besar daripada jenis lamun lainnya dan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi pada jenis sedimen berukuran halus maupun kasar. Sedangkan jenis lamun dengan ukuran yang kecil memiliki nilai persentase yang kecil pula. Hal ini sesuai hasil penelitian den Hartog (1970) yang mengemukakan bahwa jenis lamun *T. hemprichii* dapat tumbuh di berbagai tipe sedimen, seperti serpihan

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.

karang bahkan sedimen halus. Jenis lamun *E. acoroides* banyak dijumpai di berbagai jenis sedimen seperti lumpur, pasir dan pasir berkerikil yang tumbuh bersama dengan *T. hemprichii*. Tarabitan didominasi jenis *E. acoroides* karena mampu menyesuaikan diri dengan berbagai jenis sedimen dan hidup pada perairan yang cukup dalam.

Pengambilan data kondisi ekosistem lamun dilakukan di Bahoi, Bulutui, dan Tarabitan yang dianggap mewakili pengambilan data lamun di Likupang Barat. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase tutupan lamun di Bahoi sebanyak 63,14%, Bulutui sebanyak 63,57%, dan Tarabitan sebanyak 51,52%. Secara keseluruhan, persentase tutupan lamun tertinggi di Bulutui, Bahoi, dan Tarabitan secara berurutan. Meidina (2023) mengemukakan bahwa, persentase tutupan lamun di Likupang Barat termasuk kategori sehat. Hasil analisis statistik Kruskal-Wallis (Lampiran 8) menunjukkan bahwa persentase tutupan lamun antar stasiun tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan perairan antar stasiun masih dalam kategori sehat. Berdasarkan pengamatan di lapangan, masyarakat memanfaatkan ekosistem lamun seperti menangkap ikan dan mencari kerang-kerangan (*gleaning*).

Penilaian terhadap status kondisi ekosistem padang lamun di perairan Likupang Barat mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun. Hasil yang diperoleh yakni kondisi ekosistem lamun di perairan Likupang Barat dalam kondisi sehat, kecuali Tarabitan berada pada kondisi kurang sehat (Tabel 6). Penelitian serupa yang dilakukan oleh Meidina (2023) bahwa persentase tutupan lamun di Tarabitan berada dalam kondisi kurang sehat. Menurut Coremap CTI LIPI, persentase tutupan lamun termasuk dalam kategori lebat. Menjaga tutupan lamun sangat penting untuk konservasi ekosistem perairan karena berperan dalam menjaga keberlangsungan ekosistem. Oleh karena itu, penting untuk mempertahankan persentase tutupan lamun.

Tabel 6 Kategori tutupan lamun

Lokasi	Tutupan lamun (%)	Coremap CTI LIPI kategori tutupan lamun	Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004
Bahoi	63,14	Lebat	Sehat
Bulutui	63,57	Lebat	Sehat
Tarabitan	51,52	Lebat	Kurang sehat

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh nilai indeks keanekaragaman jenis lamun di perairan Likupang Barat berkisar antara 1,70-1,75 (Tabel 7). Nilai indeks keanekaragaman tertinggi di Bahoi dengan 1,75 sedangkan Bulutui dan Tarabitan memiliki nilai yang sama yaitu 1,70. Secara keseluruhan, nilai ini menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis lamun di perairan Likupang Barat berada pada kategori tinggi dengan kisaran H' 1,6-3.

Tingkat keanekaragaman jenis lamun ditentukan oleh banyak faktor seperti sedimen, kondisi perairan dan kegiatan antropogenik. Indeks keanekaragaman tinggi mengindikasikan bahwa ekosistem lamun di perairan tersebut beragam dan berada dalam kondisi stabil. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya organisme laut yang berasosiasi dengan ekosistem lamun, seperti teripang, ikan, gastropoda, kerang, bulu babi, makroalga, penyu dan dugong. Lebih lanjut pernyataan Meidina (2023) bahwa ditemukannya jejak makan dugong di

Likupang Barat mengindikasikan bahwa ketersediaan makanan dugong di area tersebut. Berdasarkan jejak makan dugong, ditemukan *H. pinifolia* dan *H. ovalis* merupakan jenis lamun dominan yang disukai oleh dugong. Jenis lamun tersebut ditemukan di setiap lokasi penelitian.

Tabel 7 Penilaian indeks keanekaragaman lamun

Lokasi	Nilai indeks	Kategori penilaian
Bahoi	1,75	Tinggi
Bulutui	1,70	Tinggi
Tarabitan	1,70	Tinggi

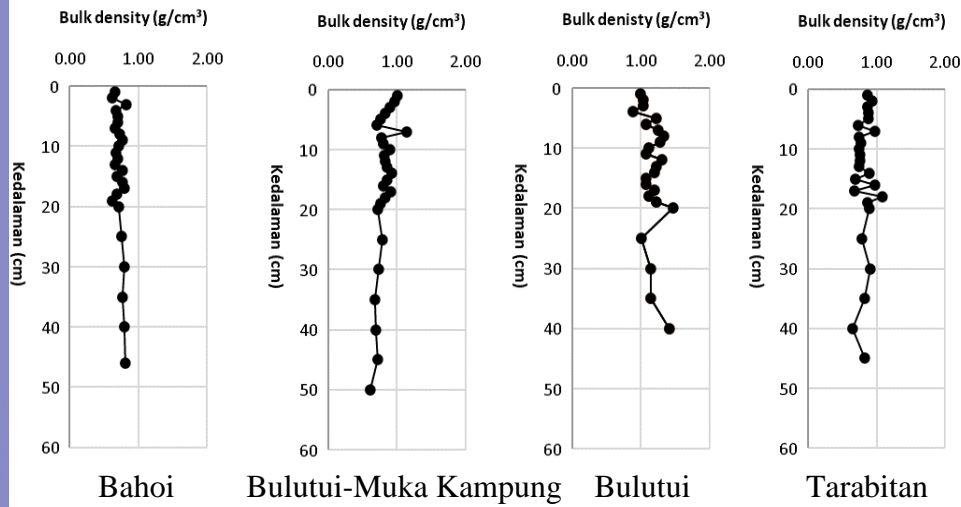
@Hak cipta milik IPB University

2. Simpanan Karbon pada Sedimen Lamun

Ekosistem lamun berperan penting sebagai penyerap dan penyimpan karbon yang berasal dari atmosfer. Keberadaan sedimen lamun dalam menyimpan karbon menjadi sorotan bagi para peneliti dalam upaya memahami peran ekosistem lamun terhadap siklus karbon dan mitigasi perubahan iklim. Melalui upaya pelestarian dan perlindungan lamun diharapkan mampu melestarikan simpanan karbon pada sedimen lamun.

4.2.1 Dry bulk density (DBD)

Dry bulk density dihitung dari berat kering sedimen per satuan volume sedimen yang dinyatakan dalam g/cm³ (Howard *et al.* 2014). Berdasarkan profil kedalaman sedimen, bulk density sedimen lamun pada lokasi penelitian di Bahoi berkisar antara 0,48-1,07 g/cm³, rata-rata 0,72±0,12 g/cm³, Bulutui-Muka Kampung berkisar antara 0,44-1,71 g/cm³, rata-rata 0,85±0,24 g/cm³, Bulutui berkisar antara 0,69-1,88 g/cm³, rata-rata 1,17±0,24 g/cm³ dan Tarabitan berkisar 0,30-1,42 g/cm³, rata-rata 0,84±0,24 g/cm³ (Gambar 8). Secara keseluruhan nilai bulk density di lokasi penelitian berkisar antara 0,30-1,88 g/cm³, dengan rata-rata 0,89±0,27 g/cm³. Nilai bulk density di lokasi penelitian tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan rata-rata bulk density sedimen lamun di perairan Kalimantan Timur yang berkisar 0,95±0,13 g/cm³ (Sakmiana *et al.* 2023) dan rata-rata untuk sedimen lamun secara global sebesar 1,03±0,02 g/cm³ (Fourqurean *et al.* 2012).



Gambar 8 Profil bulk density pada sedimen lamun

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.

Secara keseluruhan *bulk density* menunjukkan nilai yang bervariasi antar stasiun. Hasil analisis statistik Kruskal-Wallis menunjukkan bahwa nilai *bulk density* antar lokasi penelitian berdasarkan kedalaman menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$) (Lampiran 11) yang selanjutnya dilakukan Uji Mann-Whitney dengan hasil yang menunjukkan bahwa Bulutui-Muka Kampung dan Tarabitan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal ini disebabkan adanya perbedaan kedalaman pada setiap *coring*. Selain itu, beberapa *sampel sedimen* mengalami kerusakan (tidak utuh) diduga adanya *nail effect* yang ditimbulkan akibat adanya terumbu karang di dalam sedimen, mengakibatkan sedimen di dalam *core* pipa PVC tidak terbawa saat pengambilan sampel (Howard *et al.* 2014). Kondisi ini menyebabkan berkurangnya jumlah sedimen dalam satuan volume sampel saat perhitungan *bulk density*. Keterkaitan antara nilai *bulk density* terhadap karbon organik berdasarkan kedalaman di setiap lokasi penelitian menunjukkan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$), kecuali di Bulutui-Muka Kampung berbeda signifikan ($p < 0,05$) (Lampiran 12). Nilai *bulk density* meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman sedimen lamun yang berpengaruh terhadap kandungan karbon organik. Sedimen yang mengandung karbon organik rendah akan memiliki nilai *bulk density* yang tinggi (Harahap *et al.* 2021). Berdasarkan profil nilai *bulk density*, tekstur sedimen di lokasi penelitian di dominasi oleh pasir karena nilainya mendekati dan melebihi 1 g/cm^3 . Hal ini sejalan dengan Marchio *et al.* (2016) *bulk density* yang melebihi 1 g/cm^3 menunjukkan sedimen yang bertekstur pasir.

Rendahnya nilai *bulk density* hingga kedalaman 50 cm disebabkan adanya pertumbuhan akar tanaman lamun jenis *E. acoroides* yang menimbulkan pori-pori dalam sedimen untuk tumbuh dan berkembang. Jenis lamun *E. acoroides* memiliki panjang akar mencapai 50 cm, sehingga dapat menancap secara kuat di sedimen (Tomascik *et al.* 1997). Selain itu tingginya laju infiltrasi (Harto 1993), yang membawa bahan organik yang terlarut sehingga meningkatkan ketersediaan karbon organik pada sedimen lamun. Sedimen bertekstur halus memiliki tingkat porositas tinggi dan berat isi yang lebih rendah daripada tekstur berpasir (Pairunan *et al.* 1985). Sedimen lamun dengan kandungan karbon organik tinggi memiliki nilai *bulk density* yang rendah.

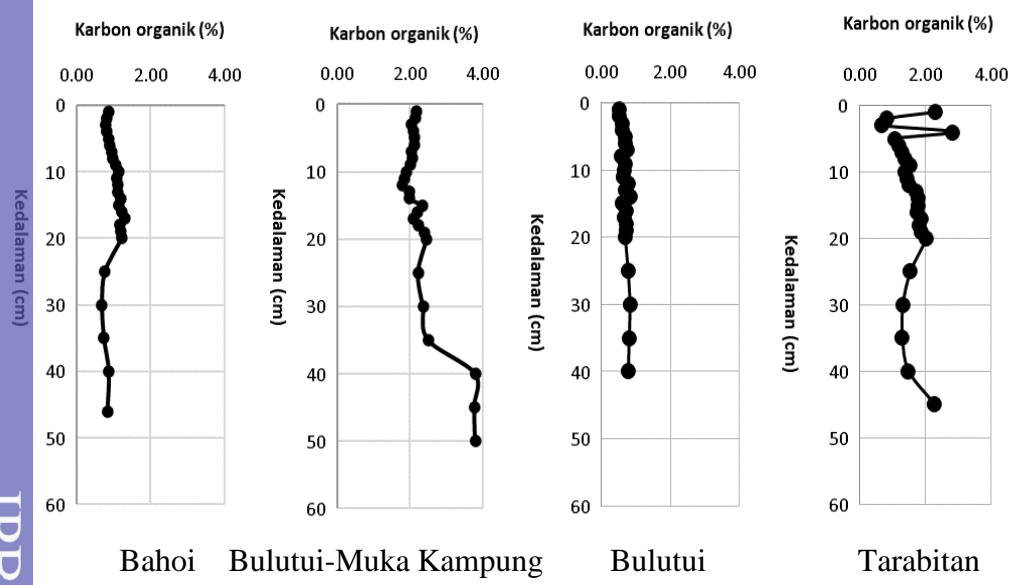
4.2.2 Kandungan karbon organik pada sedimen (*sediment-organic carbon content*) (S-OCC)

Kandungan karbon organik berasal dari pelapukan tumbuhan (serasah), organisme mati dan sedimen dari daratan yang dipengaruhi oleh arus dan gelombang. Konsentrasi karbon organik berdasarkan profil kedalaman sedimen pada lokasi penelitian di Bahoi berkisar 0,45-1,50%, rata-rata $1,00 \pm 0,29\%$, Bulutui-Muka Kampung berkisar 1,34-3,06%, rata-rata $2,17 \pm 0,44\%$, Bulutui berkisar 0,14-1,42%, rata-rata $0,69 \pm 0,25\%$, dan Tarabitan berkisar 0,48-7,16 dengan rata-rata $1,60 \pm 1,15\%$. Secara keseluruhan nilai karbon organik di lokasi penelitian berkisar antara 0,14-7,16% dengan rata-rata $1,37 \pm 0,86\%$ (Gambar 9). Nilai kandungan karbon organik pada sedimen yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan hasil kajian Fourqurean *et al.* (2012) dengan nilai rata-rata konsentrasi karbon organik di sedimen lamun secara global sebesar $2,5 \pm 0,1\%$.



Perhitungan kandungan karbon organik antar stasiun menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$) (Lampiran 14). Perbedaan kandungan karbon organik antar stasiun disebabkan adanya faktor jenis sedimen, vegetasi dan aktivitas manusia. Bulutui-Muka Kampung memiliki nilai kandungan karbon organik tertinggi, diikuti Tarabitan, Bahoi dan Bulutui. Aktivitas yang terdapat di Bulutui-Muka Kampung yaitu pemukiman penduduk dan keramba jaring apung (KJA). Pemukiman penduduk menghasilkan limbah domestik, seperti limbah dapur dan limbah biologis yang didominasi bahan organik. Terlebih lagi, sebagian besar masyarakat setempat bermukim di atas laut atau rumah terapung, yang menghasilkan limbah domestik dan dibuang langsung ke laut. Aktivitas ini dilakukan secara berkala sehingga menyebabkan tingginya konsentrasi karbon organik di stasiun tersebut. Aktivitas antropogenik menghasilkan limbah domestik yang terdistribusi ke perairan sehingga dapat memengaruhi tinggi rendahnya kandungan bahan organik di perairan (Barus *et al.* 2020). Akumulasi bahan organik di perairan membentuk lapisan sedimen dan membutuhkan periode waktu yang lama untuk mencapai tingkat akumulasi yang signifikan seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia. Bahan organik yang terdapat dalam limbah pembuangan akan terurai dan mengendap di dasar perairan (Maslukah *et al.* 2014).

Semua stasiun penelitian letaknya berdekatan dengan ekosistem mangrove sehingga mendapatkan tambahan akumulasi bahan organik yang berasal dari ekosistem hutan bakau yang mengalir terbawa arus perairan. Karbon organik di sedimen lamun mendapatkan pengaruh dari luar, tetapi sebagian besar bersumber dari ekosistem lamun itu sendiri. Serasah mangrove berpotensi menjadi sumber karbon organik di perairan karena jaraknya yang relatif dekat dengan ekosistem lamun. Berdasarkan Howard *et al.* (2014) mengemukakan bahwa ekosistem lamun tidak hanya menyerap dan menyimpan karbon organik yang dihasilkan oleh tumbuhan lamun itu sendiri, tetapi juga berasal dari tempat lain (*allochthonous*). Sebanyak 50% karbon sedimen yang terdapat pada ekosistem lamun bersumber dari ekosistem lain (Kennedy *et al.* 2010).



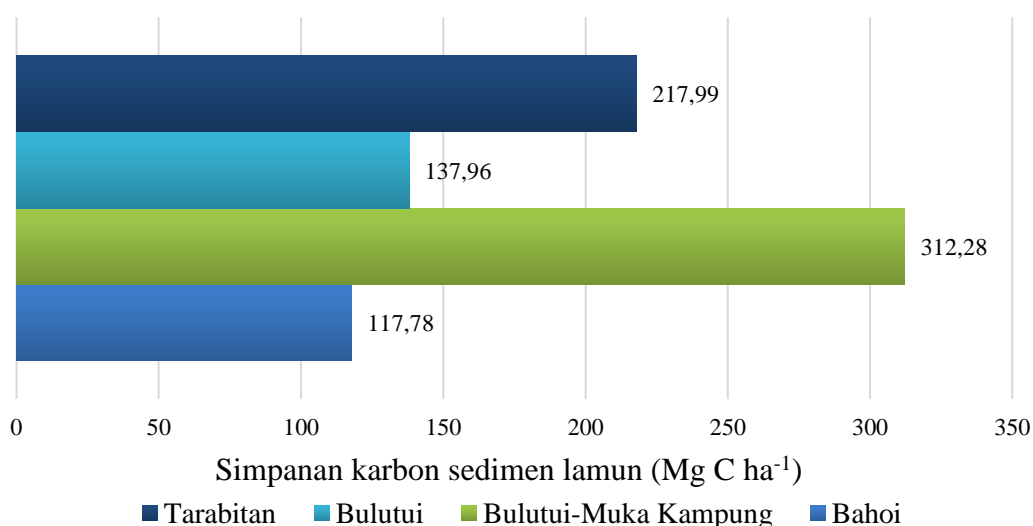
Gambar 9 Konsentrasi karbon organik di sedimen

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.

Tren konsentrasi karbon organik pada lapisan permukaan (0-5 cm) di Tarabitan menunjukkan hasil yang berfluktuasi jika dibandingkan dengan Bahoi, Bulutui-Muka Kampung, dan Bulutui. Hal ini diduga dipengaruhi oleh kondisi tekstur sedimen pada lapisan tersebut. Berdasarkan visualisasi tekstur sedimen dan nilai *dry bulk density*, diduga kondisi sedimen di ekosistem lamun pada lokasi penelitian cenderung berpasir dan berwarna terang. Sedimen berpasir memiliki lingkungan pengendapan yang rendah sehingga daya serap karbon sedikit. Selain itu, titik pengambilan sampel letaknya berdekatan dengan teluk, sehingga arus di sekitaran teluk mengalami pergerakan yang cukup kuat sehingga mengaduk dasar perairan. Adanya arus disertai gelombang yang kuat dapat mengurangi pengendapan dengan mengangkut partikel sedimen yang lebih halus. Hal inilah yang diduga menyebabkan sedimen di bagian permukaan cenderung berpasir teraduk dan mengakibatkan rendahnya nilai karbon organik pada sedimen. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat Taqwa *et al.* (2014) yang menyatakan partikel dan pori-pori sedimen yang besar pada sedimen berpasir dapat mengakibatkan bahan organik mudah terseret oleh arus dan sulit untuk mengendap. Ketidakstabilan lingkungan dapat mengganggu akumulasi dan pengendapan bahan organik di dasar perairan. Sehingga, sedimen berpasir cenderung memiliki konsentrasi karbon organik yang rendah.

4.2.3 Kandungan stok karbon organik pada sedimen (*sediment-organic carbon stock*) (S-OCC)

Hasil perhitungan stok karbon memiliki nilai yang berbeda antar stasiun. Satuan stok karbon dinyatakan dalam satuan mega gram karbon per hektar (Mg C ha^{-1}). Stok karbon tertinggi di Bulutui-Muka Kampung sebesar $312,28 \text{ Mg C ha}^{-1}$, diikuti Tarabitan sebesar $217,99 \text{ Mg C ha}^{-1}$, Bulutui sebesar $137,96 \text{ Mg C ha}^{-1}$, dan stok karbon terendah di Bahoi sebesar $117,78 \text{ Mg C ha}^{-1}$ (Gambar 10). Secara keseluruhan, stok karbon sedimen lamun berada pada kisaran $117,78$ - $312,28 \text{ Mg C ha}^{-1}$.



Gambar 10 Simpanan karbon pada sedimen lamun. Legenda menunjukkan kawasan terkontrol yaitu Bulutui dan Tarabitan, sedangkan terdampak yaitu Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung

Stok karbon pada penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan stok karbon sedimen lamun di perairan Indonesia yang dilakukan oleh Alongi *et al.* (2016) sebesar $129,9 \pm 9,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$, stok karbon Asia Tenggara sebesar $118,72 \text{ Mg C ha}^{-1}$ (Stankovic *et al.* 2021) memiliki nilai lebih rendah daripada hasil penelitian ini. Sementara stok karbon global yang dilakukan oleh Fourqurean *et al.* (2012) sebesar $329,5 \pm 55,9 \text{ Mg C ha}^{-1}$, nilai ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang didapatkan dengan kedalaman rata-rata sedimen lamun 41 cm (Lampiran 4). Hasil penelitian stok karbon di empat lokasi penelitian berada pada kisaran yang lebih tinggi dari stok karbon yang dilaporkan dari beberapa lokasi lain di perairan Indonesia (Tabel 8). Hal ini menunjukkan bahwa lokasi tersebut sangat efektif sebagai pusat lokasi penyimpanan karbon.

Tabel 8 Data stok karbon pada sedimen lamun di Indonesia

Lokasi	Kedalaman (cm)	Mean (Mg C ha^{-1})	Referensi
Dompak	50	103,38	Hertyastuti <i>et al.</i> (2020)
Berakit	50	91,0	Hertyastuti <i>et al.</i> (2020)
Selangan	65	210,95	Sakmiana <i>et al.</i> (2023)
Sulawesi Selatan	-	$214,4 \pm 48,7$	Supriadi <i>et al.</i> (2014)
Lembah	37	21,86	Rahayu <i>et al.</i> (2023)
Nusa	37	77,15	Rahayu <i>et al.</i> (2023)
Lembongan			
Sangihe	37	36,08	Rahayu <i>et al.</i> (2023)
Hasil penelitian	41	117,78-312,28	Satriani (2024)

Berdasarkan perbandingan antar stasiun, dilakukan uji Kruskal-Wallis untuk melihat perbedaan stok karbon berdasarkan kedalaman. Hasil uji menunjukkan berbeda secara signifikan ($p < 0,05$), maka dilanjutkan uji Mann-Whitney dengan hasil menunjukkan bahwa Bahoi dan Bulutui tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa lokasi terkontrol (Bulutui dan Tarabitan) dan terdampak (Bulutui-Muka Kampung dan Bahoi) berbeda signifikan. Perbedaan antara lokasi terkontrol dan tidak terkontrol dipengaruhi oleh kerapatan jenis dan persentase tutupan lamun.

Keterkaitan antara kerapatan jenis dan persentase tutupan lamun terhadap stok karbon antar lokasi penelitian berbeda signifikan ($p < 0,05$), sedangkan indeks keanekaragaman menunjukkan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Persentase tutupan lamun menjadi penentu penting penyimpanan karbon pada sedimen. Wilayah dengan persentase tutupan lamun yang tinggi dan persisten dari waktu ke waktu dapat menyimpan karbon lebih besar (Bijak *et al.* 2023). Selain itu, jenis lamun *E. acoroides* ditemukan di semua lokasi penelitian. *E. acoroides* dikenal sebagai jenis lamun yang persisten di perairan Indonesia dengan daya tingkat adaptasi yang tinggi terhadap tekanan lingkungan (Risandi *et al.* 2023). Lamun berdaun besar memiliki rimpang dan akar yang juga lebih besar dan lebih persisten, sehingga dapat menembus lebih dalam ke dalam sedimen, sehingga lebih memungkinkan untuk mengendap di dalam sedimen (Trevathan-Tackett *et al.* 2015; Stankovic *et al.* 2018; Stankovic *et al.* 2021). Selain itu, semua lokasi penelitian berdekatan dengan ekosistem mangrove yang diduga mendapatkan pasokan bahan organik ke padang lamun sehingga meningkatkan stok karbon pada sedimen lamun.

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.

Tabel 9 Total stok karbon

Lokasi	Stok karbon (Mg C ha ⁻¹)	Luas padang lamun (ha)	Total Stok karbon (Mg C)
Bahoi	117,78	15,26	1.797,48
Bulutui-Muka Kampung	312,28	3,08	1.384,79
Bulutui	137,96		
Tarabitan	217,99	22,23	4.844,87
Likupang Barat	196,50	500,44	98.338,19

Keterangan: Bulutui-Muka Kampung merupakan bagian dari Bulutui

Luas padang lamun memainkan peran penting dalam menentukan stok karbon yang tersimpan dalam suatu wilayah. Luas padang lamun memberikan kontribusi besar terhadap kapasitas penyimpanan karbon di sedimen lamun. Oleh karena itu, pelestarian habitat lamun penting dilakukan untuk mendukung fungsi ekologis, termasuk sebagai penyimpan karbon. Secara keseluruhan, stok karbon di perairan Likupang Barat mencapai 196,50 Mg C ha⁻¹ dengan total stok karbon 98.338,19 Mg C (Tabel 9) yang menunjukkan bahwa kawasan ini berperan secara efektif sebagai pusat lokasi penyimpanan karbon. Rendahnya nilai stok karbon di Perairan Likupang Barat disebabkan karena terbatasnya jumlah lokasi penelitian, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan jumlah lokasi. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pelaksanaan pengelolaan berkelanjutan di Likupang Barat yang dapat berkontribusi pada strategi mitigasi perubahan iklim. Hal ini mencakup upaya masyarakat lokal untuk mengendalikan aktivitas manusia yang dapat merusak ekosistem sekaligus menjaga keseimbangan ekologi untuk memastikan keberlanjutan penyimpanan karbon dalam jangka panjang.

4.2.4 Fraksi sedimen lamun

Berdasarkan pengamatan secara visual, kondisi tekstur sedimen lamun di lokasi penelitian cenderung berlumpur, berpasir dan terdapat pecahan kerang (Tabel 10). Sedimen menunjukkan profil warna yang beragam di sepanjang sumbu vertikalnya. Sedimen lamun memiliki warna yang homogen dan heterogen. Warna homogen dicirikan hanya memiliki satu warna, yaitu gelap atau terang di sepanjang sumbu vertikalnya, sedangkan warna heterogen memiliki dua warna yaitu terang di lapisan permukaan dan gelap di lapisan bawah sedimen. Warna sedimen di lapisan tengah (10-20 cm) bercampur antara warna terang dan gelap dan semakin ke lapisan bawah terlihat berwarna gelap.

Tabel 10 Data kualitatif kondisi *core* sedimen

Lokasi	Ulangan	Kedalaman (cm)	Karakteristik
Bahoi	1	0-40	Pasir dan lumpur berpasir, warna heterogen di semua <i>core</i> dan warna dominan gelap. Kedalaman 0-14 cm: terdapat pasir, pecahan kerang. Kedalaman 14-40 cm: pasir berlumpur dan banyak pecahan karang
	2	0-42	Pasir dan lumpur berpasir, warna heterogen. Kedalaman 0-13 cm: pasir, banyak pecahan kerang. Kedalaman 13-42 cm: pasir berlumpur,

Tabel 10 Data kualitatif kondisi *core* sedimen (lanjutan)

Lokasi	Ulangan	Kedalaman (cm)	Karakteristik
Bulutui-Muka Kampung	3	0-46	banyak pecahan kerang dan terdapat karang Pasir dan pasir berlumpur, warna heterogen dan dominan gelap. Kedalaman 0-1 cm: pasir berlumpur di bagian atas, pecahan kerang. Kedalaman 1-18 cm: sebagian besar pasir, karang, banyak pecahan kerang. Kedalaman 18-46 cm: pasir berlumpur, banyak pecahan kerang dan terdapat karang
	1	0-30	Berlumpur, warnanya homogen. Kedalaman 0-12 cm: pecahan kerang, sedikit akumulasi sedimen yang lebih gelap di bagian atas. Kedalaman 12-19 cm: pecahan kerang. Kedalaman 19-20 cm: plastik. Kedalaman 20-30 cm terdapat pecahan kerang
	2	0-37	Berlumpur, warna homogen. Kedalaman 0-8 cm: lumpur, banyak pecahan kerang, sedikit akumulasi sedimen yang lebih gelap di bagian atas. Kedalaman 8-37 cm: lumpur, plastik, karang yang lebih besar, sedikit akumulasi sedimen yang lebih gelap di bagian tengah dan bawah.
Bulutui	3	0-50	Berlumpur, warna homogen. Kedalaman 0-8 cm: lumpur, pecahan kerang. Kedalaman 8-50 cm: lumpur dan pecahan kerang.
	1	0-40	Berpasir dan lumpur berpasir, warna heterogen. Kedalaman 0-16 cm: terdapat karang. Kedalaman 16-40 cm: pasir berlumpur, karang, pecahan kerang.
	2	0-35	Pasir dan pasir berlumpur, warna heterogen. Kedalaman 0-10 cm: pasir berlumpur, pecahan kerang. Kedalaman 11-35 cm: pasir, banyak pecahan kerang dan terdapat karang.
Tarabitan	3	0-40	Pasir dan pasir berlumpur, warna heterogen. Kedalaman 0-10 cm: pasir berlumpur dan terdapat pecahan kerang. Kedalaman 10-40 cm: pasir, pecahan kerang, dan terdapat karang.
	1	0-45	Berpasir dan lumpur berpasir, warna heterogen. Kedalaman 0-14 cm: karang, akumulasi warna gelap di bagian tengah. Kedalaman 14-45 cm: pasir berlumpur, banyak pecahan kerang dan terdapat karang.
	2	0-40	Pasir dan pasir berlumpur, warna heterogen. Kedalaman 0-12 cm: pasir, pecahan kerang dan karang. Kedalaman 12-40 cm: pasir berlumpur, potongan-potongan kecil kerang, karang besar.
	3	0-45	Pasir dan lumpur berpasir, warna heterogen. Kedalaman 0-13 cm: pecahan kerang ukuran besar. Kedalaman 13-45 cm: pasir, pecahan kerang

@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.

Sedimen laut merupakan salah satu reservoir karbon yang paling luas dan penting di planet ini (Atwood *et al.* 2020). Keberadaan sedimen menjadi bagian yang sangat penting bagi lamun yaitu sebagai habitat dan sumber nutrisi (Newmaster *et al.* 2011). Lamun dapat tumbuh pada sedimen berlumpur, berpasir, pasir berkerikil, pecahan karang hingga bebatuan. Lebih lanjut, setiap spesies lamun memiliki karakteristik dan ukuran sedimen yang unik, sementara setiap wilayah pesisir memiliki pecahan-pecahan sedimen yang dapat mendukung pertumbuhan lamun. Adanya perbedaan ukuran fraksi sedimen lamun dapat memengaruhi struktur dan kelimpahan jenis lamun, sehingga ukuran fraksi sedimen berkaitan dengan kemampuan menyimpan nutrisi yang diperlukan untuk metabolisme lamun (Rahman 2018). Secara alamiah, sedimen di suatu perairan dapat dipengaruhi oleh sedimen yang mengalir dari sungai ke laut, sehingga dapat memengaruhi fraksi sedimen di ekosistem pesisir. Berdasarkan Fahrudin *et al.* (2017) menjelaskan bahwa semakin tipis lapisan sedimen perairan maka semakin tidak stabil pertumbuhan lamun. Sementara semakin tebal sedimen, semakin banyak lamun yang tumbuh, seperti berdaun panjang dan subur dan semakin besar pula daya ikat menangkap sedimennya.

Ukuran partikel yang lebih besar cenderung mudah tenggelam dan mengendap lebih cepat dibandingkan dengan partikel dengan ukuran kecil. Bahan organik berperan penting dalam memengaruhi komposisi tanah dengan menyuplai unsur hara untuk pertumbuhan lamun. Material organik berasal dari pembusukan hewan dan tumbuhan yang membusuk lalu tenggelam ke dasar perairan dan bercampur dengan lumpur. Bahan anorganik umumnya berasal dari pelapukan batuan (Hutabarat dan Evans 1985). Proses penguraian bahan organik melalui mikroorganisme menghasilkan karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄) yang berperan dalam siklus karbon dan mitigasi perubahan iklim. Karbon organik terlarut yang terkandung dalam air bersumber dari atmosfer dan pelapukan batu karbonat. Kandungan karbon organik dalam air dipengaruhi oleh waktu dan ketersediaan bahan organik (Arnell 2002). Sedimen hasil pelapukan batuan terdiri dari kerikil, lumpur, dan tanah liat. Informasi mengenai hasil analisis sedimen di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 11.

Adanya perbedaan ukuran fraksi sedimen lamun dapat memengaruhi struktur dan kelimpahan jenis lamun, sehingga ukuran fraksi sedimen berkaitan dengan kemampuan menyimpan nutrisi yang diperlukan untuk metabolisme lamun (Rahman 2018). Secara alamiah, sedimen di suatu perairan dapat dipengaruhi oleh sedimen yang mengalir dari sungai ke laut, sehingga dapat memengaruhi fraksi sedimen di ekosistem pesisir. Lebih lanjut Fahrudin (2017) juga mengemukakan bahwa semakin tipis lapisan sedimen perairan, semakin tidak stabil bagi pertumbuhan lamun, sedangkan semakin tebal sedimen, semakin banyak lamun yang tumbuh, seperti berdaun panjang dan subur serta semakin besar pula daya ikat dan perangkap sedimen.

Berdasarkan hasil analisis karakteristik sedimen oleh Wentworth (1922) terdapat tiga kelompok fraksi sedimen di Likupang Barat. Kelompok fraksi sedimennya yaitu kerikil (>8-2 mm), pasir (2-0,063 mm) dan lumpur (0,063-<0,0005 mm) (Tabel 11) dengan tipe sedimen secara keseluruhan yaitu pasir berkerikil. Persentase berat sedimen bervariasi antar lokasi. Bahoi didominasi oleh sedimen pasir sebanyak 70,7%, kerikil 27,2% dan lumpur 2%. Bulutui didominasi oleh pasir sebanyak 78,3%, kerikil 18,9% dan lumpur sebanyak 2,8%.

Bulutui-Muka Kampung didominasi juga oleh pasir sebanyak 74,7%, kerikil 17,7% dan lumpur sebanyak 7,6%. Sedangkan Tarabitan didominasi oleh pasir sebanyak 72,30%, kerikil 25% dan lumpur 2,7%. Persentase berat sedimen di lokasi penelitian didominasi oleh pasir dengan ukuran 2-0,063 mm.

Tabel 11 Persentase dan tipe sedimen

Lokasi	Persentase berat sedimen (%)			Total	Tipe sedimen
	Kerikil (>8-2 mm)	Pasir (2-0,063 mm)	Lumpur (0,063-<0,0005 mm)		
Bahoi	27,2	70,7	2	100	Pasir berkerikil
Bulutui	18,9	78,3	2,8	100	Pasir berkerikil
Bulutui-Muka Kampung	17,7	74,7	7,6	100	Pasir berkerikil
Tarabitan	25	72,30	2,7	100	Pasir berkerikil

Lamun membutuhkan dasar sedimen yang lunak untuk memudahkan penetrasi akar dan rimpang yang mendukung pertumbuhannya. Lamun memperoleh nutrisi dari daun dan akar, dengan sedimen sebagai sumber utama (Putra *et al.* 2016). Persentase berat sedimen di Bahoi didominasi oleh pasir (2-0,063 mm) sebanyak 70,7% sehingga memberikan lingkungan yang sesuai untuk kelangsungan hidup lamun yang berukuran kecil seperti *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis*, *O. serrulata*, dan *S. isoetifolium*, yang umumnya tumbuh subur di sedimen pasir. Hal ini dibuktikan dengan nilai kerapatan jenis lamun *H. pinifolia* mendominasi di daerah tersebut. Dengan persentase pasir yang tinggi, spesies lamun ini dapat dengan mudah bertahan hidup dan berkembang di habitat aslinya. Lamun yang berakar kecil tidak memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada sedimen yang kasar karena rimpang dan akarnya yang kecil mudah terbawa arus. Jenis lamun yang berukuran kecil dapat bertahan hidup di atas atau di antara lamun yang lebih besar sebagai mekanisme pertahanan terhadap arus (Yunitha *et al.* 2014). Persentase berat sedimen di Tarabitan didominasi oleh pasir (2-0,063 mm) sebanyak 72,30%. Jenis lamun berukuran kecil hingga besar dapat tumbuh pada sedimen pasir. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya delapan jenis lamun diantaranya *C. rotundata*, *E. acoroides*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis*, *O. serrulata*, *S. Isoetifolium*, dan *T. Hemprichii*, dengan kerapatan tertinggi yaitu jenis lamun *T. hemprichii*. Sementara itu, Bulutui-Muka Kampung merupakan bagian dari Bulutui yang didominasi oleh partikel pasir (2-0,063 mm). Lokasi ini memiliki delapan jenis lamun, termasuk jenis lamun berukuran kecil hingga besar, layaknya di Tarabitan. Jenis lamun yang mendominasi ditemukan di lokasi ini yaitu *T. hemprichii*. Jiang *et al.* (2017), menyatakan bahwa jenis lamun *T. hemprichii* merupakan spesies tropis yang dominan tumbuh pada sedimen berpasir atau pecahan karang.

4.2.5 Strategi Pengelolaan Ekosistem Lamun Berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK)

Pengelolaan ekosistem lamun berbasis KEK merupakan pendekatan inovatif yang memadukan kelestarian lingkungan dengan pembangunan ekonomi. Tujuan dari strategi pengelolaan ekosistem lamun adalah agar pemerintah daerah mengeluarkan peraturan yang mendorong pengusaha yang terlibat dalam KEK

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.

untuk berinvestasi di DPL setiap tahunnya, dengan dukungan pemerintah dalam hal keberlangsungannya. DPL merupakan area yang diberikan status perlindungan khusus untuk melestarikan ekosistem laut dan keanekaragaman hayati yang ada di dalamnya, termasuk ekosistem lamun. Oleh karena itu, aktivitas wisata yang dapat merusak ekosistem lamun sering kali dibatasi atau diatur secara ketat. Penentuan strategi pengelolaan ekosistem lamun di KEK menggunakan analisis SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities, threats*). Kriteria yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari para ahli lamun dan SWOT serta hasil analisa selama dilapangan. Informasi yang diperoleh menjadi salah satu indikator penilaian untuk merumuskan strategi pengelolaan ekosistem lamun berbasis KEK Likupang.

1. Kekuatan (*Strengths*)

- a) Model konservasi lamun dapat memberikan keuntungan bersama antara masyarakat lokal, pengusaha, NGO (*Non-Government Organization*) dan pemerintah

Pengembangan model konservasi pengelolaan lamun di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Bertujuan untuk mewujudkan pendekatan yang berkelanjutan dengan melibatkan masyarakat lokal, pengusaha, NGO, dan pemerintah. Dalam strategi ini, setiap tahun, dana investasi dialokasikan secara khusus untuk DPL, khususnya ekosistem lamun. Investasi ini tidak hanya mendorong keberlanjutan ekologis lamun, tetapi juga memberikan keuntungan bersama yang signifikan. Melalui pendekatan ini, masyarakat lokal dapat memperoleh manfaat melalui pelibatan dalam proyek-proyek konservasi, peningkatan pendapatan dari sektor pariwisata berkelanjutan. Pengusaha di KEK dapat melihat peluang bisnis baru dalam pengembangan ekowisata yang terfokus pada keindahan dan keberlanjutan lamun. Sementara itu, NGO dapat berperan sebagai katalisator untuk melibatkan masyarakat, memberikan edukasi, dan memastikan implementasi program konservasi. Dukungan keuangan dari pemerintah dalam bentuk investasi tahunan akan memastikan keberlanjutan model ini, sekaligus memperkuat hubungan antara pelestarian lingkungan dan pertumbuhan ekonomi lokal.

- b) Masyarakat lokal memperoleh manfaat dengan terjaganya lingkungan lamun sehingga Sumber Daya Alam (SDA) laut lebih terjamin dan peluang peningkatan lapangan pekerjaan karena berkembangnya sektor pariwisata

Konservasi lamun memberikan dampak positif terhadap sumberdaya alam laut, menjamin keberlangsungan hidup biota laut dan menjaga keseimbangan ekosistem. Dengan kondisi lingkungan yang terjaga, masyarakat lokal dapat mengandalkan SDA laut sebagai sumber kehidupan masyarakat lokal, seperti hasil tangkapan ikan yang melimpah yang menjadi bagian dari keberlanjutan sektor perikanan. Keberadaan lamun yang sehat membuka peluang baru di sektor pariwisata. Hal ini dibuktikan dengan persentase tutupan lamun yang ditemukan di lokasi penelitian termasuk dalam kategori sehat. Selain itu, jenis lamun yang ditemukan juga bervariasi dari ukuran kecil hingga besar, diantaranya *C. rotundata*, *E. acoroides*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis*, *O. serrulata*,

S. isoetifolium, dan *T. hemprichii*. Jenis lamun yang ditemukan di lokasi penelitian menunjukkan 61,54% dari total 13 jenis lamun di perairan Indonesia. Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa potensi simpanan karbon pada sedimen lamun berada pada kisaran 117,78-312,28 Mg C ha⁻¹. Kemampuan ekosistem lamun dalam menyimpan karbon memiliki dampak global yang signifikan. Karbon yang terperangkap dalam sedimen lamun membantu mengurangi konsentrasi karbon dioksida di atmosfer, sehingga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim. Selain manfaat ekologi, keindahan ekosistem lamun yang terjaga menjadi daya tarik bagi para wisatawan sehingga meningkatkan kunjungan ke daerah tersebut. Perkembangan sektor pariwisata ini membuka peluang lapangan pekerjaan bagi masyarakat setempat, seperti pemandu wisata, pengelola tempat wisata, hingga usaha kecil yang menyediakan jasa dan produk bagi para wisatawan.

- c) Pelaku usaha pariwisata diuntungkan dengan terjaganya objek wisata dan mendapatkan insentif pajak sehingga bebannya menjadi lebih ringan

Keberlanjutan objek wisata memberikan pengalaman yang lebih menarik bagi para wisatawan. Dengan demikian, para pelaku usaha pariwisata dapat mempromosikan destinasi mereka dengan tujuan ekowisata yang unik dan ramah lingkungan. Selain itu, pemberian insentif kepada para pelaku usaha pariwisata menjadi dorongan tambahan yang signifikan, memungkinkan investasi lebih lanjut dalam pemeliharaan dan pengembangan fasilitas pariwisata. Beban pajak yang lebih ringan memberikan ruang inovasi dan pengembangan layanan yang berkelanjutan, seperti program edukasi lingkungan. Hal ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memicu pertumbuhan dan keberlanjutan sektor pariwisata di wilayah tersebut. Secara perlahan, beberapa elemen masyarakat di beberapa daerah sudah mulai menyadari untuk menjaga lingkungan dan mulai paham tentang konsep konservasi.

- d) Pemerintah dapat terbantu dalam pemenuhan target NDC (*Nationally Determined Contribution*) karena terjaganya ekosistem pesisir dan berpeluang meningkatkan kesejahteraan masyarakat seiring dengan peningkatan produksi hasil laut, pengembangan bisnis, dan peningkatan lapangan pekerjaan

Keberlanjutan ekosistem pesisir membuka peluang untuk peningkatan produksi hasil laut. Sementara itu, pengembangan bisnis di sektor pariwisata dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian melalui pengembangan bisnis di sektor pariwisata. Peningkatan kunjungan wisatawan akan menciptakan pendapatan tambahan dan memberikan kontribusi kepada penerimaan negara melalui pajak pariwisata. Tidak hanya itu, model konservasi ekosistem lamun ini membuka peluang peningkatan lapangan pekerjaan di berbagai sektor terkait, seperti pariwisata, perikanan dan layanan lingkungan. Dengan demikian, melalui dukungan terhadap model konservasi ini, pemerintah dapat mencapai tujuan NDC seiring mendukung pembangunan ekonomi berkelanjutan.

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.

2. Kelemahan (*Weaknesses*)

- a) Berbagai penyimpangan dapat terjadi dalam penerapan model konservasi lamun ini jika tidak diatur dan diawasi dengan baik

Penerapan model konservasi lamun dapat menghadapi penyimpangan yang serius jika tidak diatur dan diawasi dengan baik. Aspek yang perlu diwaspadai adalah memastikan bahwa semua pihak yang terlibat mendapatkan hak yang sama. Regulasi yang tidak tepat atas model konservasi yang diinginkan dapat mengakibatkan ketidakadilan sosial dan ekonomi dengan menguntungkan satu pihak dari yang lain. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan yang menjamin pemerataan manfaat ekonomi dan lingkungan dari pengelolaan lamun. Selain itu, kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat lokal juga dapat menjadi penyimpangan serius. Tanpa keterlibatan aktif dan pemahaman masyarakat, implementasi model konservasi lamun mungkin tidak berhasil secara optimal. Pendidikan dan komunikasi yang efektif harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari setiap upaya pengelolaan untuk meningkatkan pemahaman dan dukungan masyarakat. Dalam konteks ini, regulasi dan pengawasan yang ketat, penguatan penegakan hukum, serta upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat menjadi kunci dalam mencegah berbagai penyimpangan yang terjadi. Adanya pendekatan holistik, diharapkan upaya konservasi lamun dapat berjalan efektif dan berkelanjutan.

- b) Model konservasi lamun tidak akan terlaksana jika sektor pariwisata tidak berkembang

Pentingnya perkembangan sektor usaha pariwisata tidak dapat diabaikan dalam kelangsungan skema pengelolaan lamun ini. Apabila sektor pariwisata tidak berkembang, model ini dapat menghadapi tantangan serius dalam pelaksanaannya. Kegagalan dalam perkembangan sektor pariwisata dapat mengakibatkan kurangnya sumber daya finansial yang diperlukan untuk mendukung operasional dan program konservasi lamun. Pertumbuhan sektor pariwisata dapat menciptakan kesadaran masyarakat dan para wisatawan terhadap pentingnya pelestarian lamun.

3. Peluang (*Opportunities*)

- a) Jumlah wisatawan sedang dalam tren kenaikan setelah terdampak pandemi Covid-19

Menjelang pembatasan perjalanan dan pembatasan sosial yang diberlakukan di berbagai negara selama pandemi, sektor pariwisata telah memasuki fase pemulihan yang menjanjikan. Peningkatan jumlah wisatawan mencerminkan kepercayaan diri yang baru terhadap perjalanan dan peningkatan mobilitas global seiring dengan dibukanya kembali perbatasan negara. Peningkatan jumlah wisatawan ini memberikan dampak positif bagi sektor pariwisata dan ekonomi lokal. Destinasi wisata kembali mengalami kehidupan baru dengan para wisatawan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan lokal dan lapangan pekerjaan. Seiring pemulihan ini berlanjut, sektor pariwisata diharapkan dapat memainkan peran penting dalam

mendukung pemulihan ekonomi global secara keseluruhan. Meskipun tantangan masih ada, tren kenaikan jumlah wisatawan memberikan harapan dan optimisme bagi industri pariwisata yang sedang memulihkan diri dari dampak pandemi. Hal ini dapat membantu para pebisnis wisata di KEK Likupang, yang selanjutnya dapat membantu konservasi.

- b) Pemerintah sedang fokus dengan pemenuhan target NDC yang telah disepakati

NDC merupakan komitmen global yang diambil oleh setiap negara dalam rangka mengurangi emisi gas rumah kaca dan menghadapi perubahan iklim. Dengan menetapkan target-target spesifik, pemerintah berusaha untuk berkontribusi dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Saat ini Indonesia sedang dalam pergerakan menuju pengurangan emisi GRK dengan memanfaatkan ekosistem laut seperti mangrove dan lamun atau dikenal dengan ekosistem karbon biru. Ekosistem karbon biru mampu menyimpan hingga 3,4 Gigaton karbon, yaitu 17% dari karbon biru global (Alongi *et al.* 2016). Ekosistem lamun kini diikutsertakan dalam skema emisi gas rumah kaca (GRK). Adanya Peluncuran Profil Aksi Mitigasi Karbon Biru Lamun yang diinisiasi oleh kementerian Kelautan dan Perikanan sebagai bagian dari target kontribusi nasional atau *Nationally Determined Contribution* (NDC) Indonesia. Keberadaan ekosistem lamun dalam target kontribusi nasional menunjukkan kesadaran akan peran pentingnya dalam menjaga keseimbangan ekologis. Hal ini mencerminkan komitmen suatu negara terhadap pelestarian sumber daya alam dan penanganan perubahan iklim.

- c) Adanya payung aturan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Republik Indonesia

UU No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil RI merupakan payung hukum yang mendasari pengelolaan sumber daya alam di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, yang didalamnya mencakup perlindungan ekosistem pesisir, termasuk ekosistem lamun. Penerbitan UU ini memiliki tujuan utama dengan memastikan pelestarian ekosistem pesisir, pemanfaatan sumber daya secara lestari dan peningkatan kesejahteraan masyarakat setempat. Pengelolaan sumber daya alam ini diharapkan mampu mengoptimalkan aspek-aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Pemberdayaan masyarakat pesisir juga menjadi hal penting, yaitu dengan mengakui peran aktif masyarakat dalam pengelolaan sumber daya dan kebijakan pengelolaan wilayah pesisir. Pemerintah daerah memiliki kewenangan untuk mengelola wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, termasuk penyusunan rencana pengelolaan wilayah pesisir. Hal ini dapat memperkuat peran pemerintah daerah dalam menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir dengan memberdayakan masyarakat setempat.

- d) Adanya payung aturan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Republik Indonesia

UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup RI bertujuan untuk melindungi dan mengelola lingkungan hidup serta mendorong pembangunan berkelanjutan sebagai respon terhadap isu lingkungan global. UU ini menjadi acuan bagi para pemerintah daerah agar dapat melestarikan ekosistem lamun dengan melibatkan masyarakat pesisir.

4. Ancaman (*Threats*)

- a) Kepentingan politik dapat memberikan pengaruh terhadap penerapan model konservasi ini, mengingat pemerintah adalah salah satu aktor kunci

Kepentingan politik memainkan peran vital dalam penerapan model konservasi, mengingat pemerintah merupakan salah satu aktor kunci dalam pengambilan keputusan. Pada tingkat nasional, pilihan kebijakan lingkungan seringkali dipengaruhi oleh dinamika politik dan kepentingan partai politik tertentu. Para pemimpin politik mungkin cenderung mendukung atau menentang model konservasi tertentu berdasarkan pertimbangan ideologis atau dukungan politik yang dapat mereka peroleh. Selain itu, hubungan antara politisi dan industri tertentu juga dapat memengaruhi arah kebijakan lingkungan. Kepentingan ekonomi dari sektor-sektor tertentu, yang mungkin memiliki dampak lingkungan signifikan, dapat menjadi faktor penentu dalam memandu kebijakan pemerintah. Oleh karena itu, terdapat tantangan dalam menjaga keseimbangan antara kepentingan politik dan pelestarian lingkungan. Pemerintah yang responsif terhadap tuntutan masyarakat dapat lebih cenderung mengadopsi kebijakan lingkungan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, pemahaman dan partisipasi aktif masyarakat dalam proses politik dapat membentuk kebijakan yang lebih berpihak pada pelestarian alam dan keberlanjutan ekologis.

- b) Peristiwa eksternal, seperti resesi ekonomi, perang, dan pandemi, dapat berdampak signifikan terhadap keberlanjutan model konservasi lamun

Resesi ekonomi menjadi penyebab terhambatnya model konservasi lamun, dana yang tersedia untuk proyek-proyek konservasi dan pengelolaan lingkungan sering kali terbatas. Pemerintah dan organisasi mungkin lebih cenderung mengalokasikan sumber daya untuk pemulihan ekonomi daripada upaya pelestarian alam. Selain itu, perang dapat mengakibatkan kerusakan fisik pada ekosistem lamun karena konflik bersenjata seringkali menyebabkan kerusakan lingkungan. Pandemi juga memiliki dampak serius terhadap keberlanjutan model konservasi lamun. Pembatasan perjalanan dan penutupan bisnis dapat menghambat pelaksanaan program konservasi dan pengawasan lingkungan. Dalam menghadapi peristiwa eksternal ini, penting bagi pemerintah, lembaga konservasi dan masyarakat untuk menjaga keterlibatan mereka dalam upaya pelestarian lamun. Kesiapan untuk menanggapi tantangan eksternal seiring tetap memprioritaskan keberlanjutan dan keseimbangan ekosistem laut menjadi kunci dalam menjaga integritas ekosistem lamun di tengah perubahan global yang dinamis.



Tabel 12 Penilaian analisis SWOT

Simbol	Faktor strategi	Tingkat kepentingan (hasil interview para ahli)	Skor
<i>Kekuatan/Strengths</i>			
S1	Model konservasi lamun dapat memberikan keuntungan bersama antara masyarakat lokal, pengusaha, NGO (<i>Non-Government Organization</i>) dan pemerintah	Sangat penting	4
S2	Masyarakat lokal memperoleh manfaat dengan terjaganya lingkungan lamun sehingga Sumber Daya Alam (SDA) laut lebih terjamin dan peluang peningkatan lapangan pekerjaan karena berkembangnya sektor pariwisata	Sangat penting	4
S3	Pelaku usaha pariwisata diuntungkan dengan terjaganya objek wisata dan mendapatkan insentif pajak sehingga bebannya menjadi lebih ringan	Sangat penting	4
S4	Pemerintah dapat terbantu dalam pemenuhan target NDC (<i>Nationally Determined Contribution</i>) karena terjaganya ekosistem pesisir dan berpeluang meningkatkan kesejahteraan masyarakat seiring dengan peningkatan produksi hasil laut, pengembangan bisnis, dan peningkatan lapangan pekerjaan	Penting	3
<i>Kelemahan/Weaknesses</i>			
W1	Berbagai penyimpangan dapat terjadi dalam penerapan model konservasi lamun ini jika tidak diatur dan diawasi dengan baik	Penting	3
W2	Model konservasi lamun tidak akan terlaksana jika sektor pariwisata tidak berkembang	Sangat penting	4
<i>Peluang/Opportunities</i>			
O1	Jumlah wisatawan sedang dalam tren kenaikan setelah terdampak pandemi Covid-19	Sangat penting	4
O2	Pemerintah sedang fokus dengan pemenuhan target NDC yang telah disepakati	Penting	3
O3	Adanya payung aturan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Republik Indonesia	Cukup penting	2

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 12 Penilaian analisis SWOT (lanjutan)

Simbol	Faktor strategi	Tingkat kepentingan (hasil interview para ahli)	Skor
<i>Peluang/Opportunities</i>			
O4	Adanya payung aturan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Republik Indonesia	Cukup penting	2
<i>Ancaman/Threats</i>			
T1	Kepentingan politik dapat memberikan pengaruh terhadap penerapan model konservasi ini, mengingat pemerintah adalah salah satu aktor kunci	Cukup penting	4
T2	Peristiwa eksternal, seperti resesi ekonomi, perang, dan pandemi, dapat berdampak signifikan terhadap keberlanjutan model konservasi lamun	Sangat penting	4

Keterangan: tingkat kepentingan diperoleh berdasarkan hasil interview para ahli

Matriks SWOT diperoleh berdasarkan hasil identifikasi dan analisis terhadap faktor-faktor strategis internal dan eksternal. Penyusunan matriks SWOT dilakukan untuk menguraikan secara detail kekuatan dan kelemahan (faktor internal) dan dipadukan dengan peluang dan ancaman (faktor eksternal) sehingga menghasilkan alternatif strategis dalam pengelolaan ekosistem lamun berbasis (KEK). Langkah pertama adalah penentuan matriks faktor internal dan eksternal dengan mengalikan rating yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya yaitu menyusun matriks SWOT (Tabel 13).

Tabel 13 Matriks SWOT strategi pengelolaan lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK)

Faktor Internal	Strengths (S)	Weaknesses (W)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model konservasi lamun dapat memberikan keuntungan bersama antara masyarakat lokal, pengusaha, NGO (<i>Non-Government Organization</i>) dan pemerintah 2. Masyarakat lokal memperoleh manfaat dengan terjaganya lingkungan lamun sehingga Sumber Daya Alam (SDA) laut lebih terjamin dan peluang peningkatan lapangan pekerjaan karena berkembangnya sektor pariwisata 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berbagai penyimpangan dapat terjadi dalam penerapan model konservasi lamun ini jika tidak diatur dan diawasi dengan baik 2. Model konservasi lamun tidak akan terlaksana jika sektor pariwisata tidak berkembang



3. Pelaku usaha pariwisata diuntungkan dengan terjaganya objek wisata dan mendapatkan insentif pajak sehingga bebannya menjadi lebih ringan
4. Pemerintah dapat terbantu dalam pemenuhan target NDC (*Nationally Determined Contribution*) karena terjaganya ekosistem pesisir dan berpeluang meningkatkan kesejahteraan masyarakat seiring dengan peningkatan produksi hasil laut, pengembangan bisnis, dan peningkatan lapangan pekerjaan

Faktor Eksternal

Opportunities (O)	STRATEGI (S-O)	STRATEGI (W-O)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah wisatawan sedang dalam tren kenaikan setelah terdampak pandemi Covid-19 2. Pemerintah sedang fokus dengan pemenuhan target NDC yang telah disepakati 3. Adanya payung aturan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Republik Indonesia 4. Adanya payung aturan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Republik Indonesia 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membangun kolaborasi dan kemitraan dengan para stakeholder terkait sesuai dengan regulasi yang ada (S1,2;O2,3) 2. Menetapkan peraturan dan kebijakan yang jelas dan tegas untuk melindungi dan memastikan pengelolaan ekosistem lamun berkelanjutan (S1,3,4;O1,2) 3. Memberikan pelatihan dan sumberdaya bagi masyarakat lokal untuk menjadi pelaku utama dalam upaya konservasi (S2;O3,4) 4. Mewujudkan komitmen Indonesia dalam mitigasi perubahan iklim (S4;O2,3,4) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menetapkan sistem pemantauan dan evaluasi yang berkala untuk mengukur keberhasilan implementasi kebijakan (W1;O1,2,3,4) 2. Memastikan adanya sistem penegakan yang efektif dan sanksi yang memadai untuk pelanggaran (W1,2;O3,4)
Threats (T)	STRATEGI (S-T)	STRATEGI (W-T)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kepentingan politik dapat memberikan pengaruh terhadap penerapan model konservasi ini, mengingat pemerintah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meluncurkan kampanye komunikasi yang kreatif dan informatif untuk meningkatkan pemahaman dan dukungan masyarakat terhadap konservasi lamun (S1,2;T1) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyusun strategi keuangan jangka panjang untuk mendukung implementasi kebijakan

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.

Tabel 13 Matriks SWOT strategi pengelolaan lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) (lanjutan)

Threats (T)	STRATEGI (S-T)	STRATEGI (W-T)
adalah salah satu aktor kunci	2. Menyusun kesepakatan pembagian keuntungan yang adil antara pihak-pihak yang terlibat dalam kebijakan konservasi (S1,2,3;T2)	konservasi lamun (W1,2;T1,2)
2. Peristiwa eksternal, seperti resesi ekonomi, perang, dan pandemi, dapat berdampak signifikan terhadap keberlanjutan model konservasi lamun		

Peringkat alternatif strategi merupakan hasil penjumlahan dari masing-masing faktor internal dan eksternal yang berhasil disusun dan dirangkum. Hasil penjumlahan tertinggi menjadi peringkat pertama sebagai strategi prioritas, disusul peringkat kedua dan seterusnya. Beberapa strategi yang diperoleh merupakan inisiasi dalam pengelolaan ekosistem lamun berbasis KEK, untuk kemudian diimplementasikan melalui serangkaian kegiatan pendukung (Tabel 14).

Tabel 14 Peringkat alternatif strategi

Unsur SWOT	Keterkaitan	Peringkat
Strategi SO		
1. Membangun kolaborasi dan kemitraan dengan para stakeholder terkait sesuai dengan regulasi yang ada	=S1+S2+O2+O3 =4+4+3+2 =13	5
2. Menetapkan peraturan dan kebijakan yang jelas dan tegas untuk melindungi dan memastikan pengelolaan ekosistem lamun berkelanjutan	=S1+S3+S4+O1+O2 =4+4+3+4+3 =18	1
Strategi SO		
3. Membangun kolaborasi dan kemitraan dengan para stakeholder terkait sesuai dengan regulasi yang ada	=S1+S2+O2+O3 =4+4+3+2 =13	5
4. Menetapkan peraturan dan kebijakan yang jelas dan tegas untuk melindungi dan memastikan pengelolaan ekosistem lamun berkelanjutan	=S1+S3+S4+O1+O2 =4+4+3+4+3 =18	1
5. Memberikan pelatihan dan sumberdaya bagi masyarakat lokal untuk menjadi pelaku utama dalam upaya konservasi	=S2+O3+O4 =4+2+2 =8	9
6. Mewujudkan komitmen Indonesia dalam mitigasi perubahan iklim	= S4+O2+O3+O4 =3+3+2+2 =10	8
Strategi WO		
1. Menetapkan sistem pemantauan dan evaluasi yang berkala untuk mengukur keberhasilan implementasi kebijakan	=W1+O1+O2+O3+O4 =3+4+3+2+2 =14	4

Tabel 14 Peringkat alternatif strategi (lanjutan)

Unsur SWOT	Keterkaitan	Peringkat
Strategi WO		
2. Memastikan adanya sistem penegakan yang efektif dan sanksi yang memadai untuk pelanggaran	=W1+W2+O3+O4 =3+4+2+2 =11	7
Strategi ST		
1. Meluncurkan kampanye komunikasi yang kreatif dan informatif untuk meningkatkan pemahaman dan dukungan masyarakat terhadap konservasi lamun	=S1+S2+T1 =4+4+4 =12	6
2. Menyusun kesepakatan pembagian keuntungan yang adil antara pihak-pihak yang terlibat dalam kebijakan konservasi	=S1+S2+S3+T2 =4+4+4+4 =16	2
Strategi WT		
1. Menyusun strategi keuangan jangka panjang untuk mendukung implementasi kebijakan konservasi lamun	=W1+W2+T1+T2 =3+4+4+4 =15	3

@Hak cipta milik IPB University

Berdasarkan perolehan total skor dari masing-masing alternatif strategi, secara berurutan yang dapat digunakan sebagai rencana strategi dalam pengelolaan ekosistem lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) sebagai berikut:

1. Menetapkan peraturan dan kebijakan yang jelas dan tegas untuk melindungi dan memastikan pengelolaan ekosistem lamun berkelanjutan
2. Menyusun kesepakatan pembagian keuntungan yang adil antara pihak-pihak yang terlibat dalam kebijakan konservasi
3. Menyusun strategi keuangan jangka panjang untuk mendukung implementasi kebijakan konservasi lamun
4. Menetapkan sistem pemantauan dan evaluasi yang berkala untuk mengukur keberhasilan implementasi kebijakan
5. Membangun kolaborasi dan kemitraan dengan para stakeholder terkait sesuai dengan regulasi yang ada
6. Meluncurkan kampanye komunikasi yang kreatif dan informatif untuk meningkatkan pemahaman dan dukungan masyarakat terhadap konservasi lamun
7. Memastikan adanya sistem penegakan yang efektif dan sanksi yang memadai untuk pelanggaran
8. Mewujudkan komitmen Indonesia dalam mitigasi perubahan iklim
9. Memberikan pelatihan dan sumberdaya bagi masyarakat lokal untuk menjadi pelaku utama dalam upaya konservasi

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.

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kondisi ekosistem lamun di perairan Likupang Barat, Sulawesi Utara berada dalam kategori sehat. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya delapan jenis lamun di antaranya *C. rotundata*, *E. acoroides*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis*, *O. serrulata*, *S. Isoetifolium*, dan *T. hemprichii* dengan komunitas campuran (*mixed community*). Selain itu, kerapatan jenis, persentase tutupan dan indeks keanekaragaman lamun tidak berbeda signifikan antar lokasi. Hasil analisis stok karbon yang dilakukan di empat lokasi penelitian di antaranya Bahoi, Bulutui-Muka Kampung, Bulutui dan Tarabitan berada pada kisaran 117,78-312,28 Mg C ha⁻¹. Sedangkan, stok karbon secara keseluruhan di perairan Likupang Barat, Sulawesi Utara sebesar 196,50 Mg C ha⁻¹. Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung termasuk dalam kategori terdampak (*impacted site*) yang dicirikan dengan adanya kegiatan antropogenik. Sementara Bulutui dan Tarabitan termasuk dalam kawasan terkontrol (*control site*) dengan adanya aktivitas manusia tetapi tidak intens (*less activities*). Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan antara lokasi terdampak dan terkontrol. Lokasi terdampak memiliki stok karbon organik tertinggi jika dibandingkan dengan lokasi terkontrol dikarenakan mendapat tambahan akumulasi bahan organik dari kegiatan limbah domestik, seperti limbah dapur dan biologis. Stok karbon juga berpengaruh terhadap ukuran fraksi sedimen yang secara keseluruhan di dominasi oleh pasir.

Stok karbon pada sedimen lamun memiliki nilai yang cukup tinggi dan berpotensi untuk berkontribusi dalam mitigasi gas rumah kaca (GRK). Strategi prioritas yang dapat dilakukan untuk melakukan pengelolaan ekosistem lamun berbasis Kawasan Ekonomi Khusus (KEK), yaitu: 1) menetapkan peraturan dan kebijakan yang jelas dan tegas untuk melindungi dan memastikan pengelolaan ekosistem lamun berkelanjutan; 2) menyusun kesepakatan pembagian keuntungan yang adil antara pihak-pihak yang terlibat dalam kebijakan konservasi; 3) menyusun strategi keuangan jangka panjang untuk mendukung implementasi kebijakan konservasi lamun.

5.2 Saran

Pengelolaan kawasan pesisir sangat krusial untuk dilakukan demi menjaga kelestarian dan biodiversitas dengan melihat berbagai potensi yang ada, salah satunya ekosistem lamun yang berada di sekitar KEK. Ekosistem lamun menyediakan jasa sebagai penyimpan karbon sehingga menjadi solusi untuk menekan tingkat kenaikan gas rumah kaca. Sehingga, riset ilmiah secara berkala juga menjadi sangat penting untuk dilaksanakan, mengingat penelitian tentang karbon biru, khususnya ekosistem lamun masih terbatas. Oleh karena itu, terdapat peluang yang signifikan untuk mengeksplorasi topik ini lebih jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbass K, Qasim MZ, Song H, Murshed M, Mahmood H, Younis I. 2022. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ.Sci.Pollut.Res.* 29(28):42539–42559.doi:10.1007/s11356-022-19718-6.
- Ahmad M, Tobing BPL, Purnomo BH, Suntoro T, Ilham, Mursal T, Ernawati, P AM, Ramadhan D, Prambadha YB, *et al.* 2018. Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Bidang Energi - Sub Bidang Ketenagalistrikan. :1–136.
- Allen SE, HM Grimshaw, JA Parkinson, C Quarmby. 1974. Analysis of soil in chemical analysis of ecological materials. *Blackwell Scientific Publication.* Oxford.
- Alongi DM, Murdiyarso D, Fourqurean JW, Kauffman JB, Hutahaean A, Crooks S, Lovelock CE, Howard J, Herr D, Fortes M, *et al.* 2016. Indonesia’s blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon. *Wetl. Ecol. Manag.* 24(1):3–13.doi:10.1007/s11273-015-9446-y.
- Ambo-Rappe R, La Nafie YA, Marimba AA, Cullen-Unsworth LC, Unsworth RK. 2019. Perspectives on seagrass ecosystem services from a coastal community. *IOP Conf.Ser.Earth Environ. Sci.* 370(1).
- Arnell N. 2002. Hydrology and global environmental change. Harlow: Spearman Education Limited.
- Atwood TB, Witt A, Mayorga J, Hammill E, Sala E. 2020. Global patterns in marine sediment carbon stocks. *Front. Mar. Sci.* 7(March):1–9.doi:10.3389/fmars.2020.00165.
- Barus BS, Munthe RY, Bernando M. 2020. Kandungan Karbon Organik Total Dan Fosfat Pada Sedimen Di Perairan Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *J.Ilmud dan Teknol.Kelaut.Trop.* 12(2):397–408.
- Bates NR, Best MHP, Neely K, Garley R, Dickson AG, Johnson RJ. 2012. Detecting anthropogenic carbon dioxide uptake and ocean acidification in the North Atlantic Ocean. *Biogeosciences.* 9(7):2509–2522.doi:10.5194/bg-9-2509-2012.
- Bijak AL, Reynolds LK, Smyth AR. 2023. Seagrass meadow stability and composition influence carbon storage. *Landsc. Ecol.* 38(12):4419–4437.doi:10.1007/s10980-023-01700-3.
- Billah MM, Zamal H, Mustafa Kamal AH, Hoque ATMR, Rahman MM, Hoque MM, Akhtar A, Hoque MN. 2016. Saltmarsh and seagrass beds on the south-eastern coast of Bangladesh: vegetation characteristics and adjacent fisheries diversity. *Zool. Ecol.* 26(4):313–322.doi:10.1080/21658005.2016.1225364.
- Brodie G, De Ramon N’yeurt A. 2018. Effects of Climate Change on Seagrasses and Seagrass Habitats Relevant to the Pacific Islands. *PACIFIC Mar. Clim. Chang. Rep. CARD Sci. Rev.*:112–131.
- Camp EF, Suggett DJ, Gendron G, Jompa J, Manfrino C, Smith DJ. 2016. Mangrove and seagrass beds provide different biogeochemical services for corals threatened by climate change. *Front. Mar. Sci.* 3(APR):1–16.doi:10.3389/fmars.2016.00052.

@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.

- Chamidy AN, Suryono CA, Riniatsih I. 2020. Analisis Multivariat Untuk Melihat Hubungan Jenis Sedimen Terhadap Jenis Lamun. *J. Mar. Res.* 9(1):94–98. doi:10.14710/jmr.v9i1.26686.
- Chmura GL, Anisfeld SC, Cahoon DR, Lynch JC. 2003. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland sediments. *Global Biogeochem. Cycles.* 17(4). doi:10.1029/2002gb001917.
- Howard J, Sarah H, Kirsten I, Emily P, Maciej T. 2019. Coastal Blue Carbon. 2019. (Ci):2–3. The Blue Carbon Initiative.
- Hutomo H. 1997. Padang lamun Indonesia: salah satu ekosistem laut dangkal yang belum banyak dikenal. *Jurnal Puslitbang Oseanologi-LIPI.* Jakarta.
- Dahl M, Deyanova D, Gütschow S, Asplund ME, Lyimo LD, Karamfilov V, Santos R, Björk M, Gullström M. 2016. Sediment properties as important predictors of carbon storage in *Zostera marina* meadows: A comparison of four European areas. *PLoS One.* 11(12):1–21. doi:10.1371/journal.pone.0167493.
- den Hartog C. 1967. The structural aspect in the ecology of sea-grass communities. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.* 15(1–4):648–659. doi:10.1007/BF01618658.
- de los Santos CB, Arias-Ortiz A, Jones B, Kennedy H, Mazarrasa I, McKenzie LJ, Nordlund LM, De la Torre-Castro M, Unsworth, Richard K.F. Ambo-Rappe R, Scott A. 2020. Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. *Out blue value seagrasses to Environ. to people.*:95.
- den Hartog C. 1970. *Seagrasses of The World.* North Holland Publishing Amsterdam, London. 272 hal.
- Difdo AA, Agustinus W, Ami RP, Andronicus S, Efra W, Fery K, Muhammad A. 2016. Working Paper: Kondisi ekologi dan sosial ekonomi di Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Kepulauan Sangihe. Sulawesi Utara. Yapeka.
- do Amaral Camara Lima M, Bergamo TF, Ward RD, Joyce CB. 2023. A review of seagrass ecosystem services: providing nature-based solutions for a changing world. *Hydrobiologia.* 850(12–13):2655–2670. doi:10.1007/s10750-023-05244-0.
- Dewi CSU, Sukandar. 2017. Important value index and biomass (estimation) of seagrass on Talango Island, Sumenep, Madura. *AIP Conf. Proc.* 1908. doi:10.1063/1.5012705.
- Digdo AA, Wijayanto A, Putriraya AR, Efra W, Sapari A, Ferry, Aris M. 2016. Kondisi Ekologi dan Sosial Ekonomi di Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara. :27.
- Donato DC, Kauffman JB, Murdiyarso D, Kurnianto S, Stidham M, Kanninen M. 2011. Mangroves are among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.* 4(5):293–297. doi:10.1038/ngeo1123.
- Dunic JC, Brown CJ, Connolly RM, Turschwell MP, Côté IM. 2021. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Glob. Chang. Biol.* 27(17):4096–4109. doi:10.1111/gcb.15684.
- English SC, Wilkinson, V Baker. 1994. Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science. Townville.
- Erfteimeijer PL, Koch EW. 2001. Sediment geology methods for seagrass habitat. *Glob. Seagrass Res. Methods.*:345–367. doi:10.1016/b978-044450891-1/50019-0.



- Fahrudin M. 2017. Kajian ekologi ekosistem lamun sebagai dasar penyusunan strategi pengelolaan pesisir di Desa Bahoi Sulawesi Utara. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Fahrudin M, Yulianda F, Setyobudiandi I. 2017. Density and the Coverage of Seagrass Ecosystem in Bahoi Village Coastal Waters, North Sulawesi. *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.* 9(1):375–383.doi:10.29244/jitkt.v9i1.17952.
- Fourqurean JW, Duarte CM, Kennedy H, Marbà N, Holmer M, Mateo MA, Apostolaki ET, Kendrick GA, Krause-Jensen D, McGlathery KJ, *et al.* 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nat. Geosci.* 5(7):505–509.doi:10.1038/ngeo1477.
- Lyfe SK, Davis AR. 2007. Spatial scale and the detection of impacts on the seagrass *Posidonia australis* following pier construction in an embayment in southeastern Australia. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74(1–2):297–305.doi:10.1016/j.ecss.2007.04.022.
- Ganefiani A, Suryanti, Latifah N. 2019. Potensi Padang Lamun Sebagai Penyerap Karbon Di Perairan Pulau Karimunjawa, Taman Nasional Karimunjawa. *Indones. J. Fish. Sci. Technol. Saintek Perikan.* 14(2):115–122.
- Githaiga MN, Kairo JG, Gilpin L, Huxham M. 2017. Carbon storage in the seagrass meadows of. *PLoS One.* 12(5):1–13.
- Graha YI, Arthana IW, Karang IWGA. 2016. Simpanan Karbon Padang Lamun. *Ecotrophic.* 10(1):46–53.
- Greiner JT, Wilkinson GM, McGlathery KJ, Emery KA. 2016. Sources of sediment carbon sequestered in restored seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 551(September):95–105.doi:10.3354/meps11722.
- Gullström M, Lyimo LD, Dahl M, Samuelsson GS, Eggertsen M, Anderberg E, Rasmusson LM, Linderholm HW, Knudby A, Bandeira S, *et al.* 2018. Blue Carbon Storage in Tropical Seagrass Meadows Relates to Carbonate Stock Dynamics, Plant–Sediment Processes, and Landscape Context: Insights from the Western Indian Ocean. *Ecosystems.* 21(3):551–566.doi:10.1007/s10021-017-0170-8.
- Hadad MS Al, Abubakar S. 2016. Distribusi Komunitas Padang Lamun (Seagrass) Di Perairan Tanjung Gosale Oba Utara Kota Tidore Kepulauan. *J. Techno.* 05(1):76–95.
- Harahap FS, Oesman R, Fadhilah W, Nasution AP. 2021. Penentuan Bulk Density Ultisol Di Lahan Praktek Terbuka Universitas Labuhanbatu Determination Of Ultisol Bulk Density In Open Land Of Universitas Labuhanbatu. *Ilmu Pertan.* 6(2):56–59.
- Harris JM, Feriz MB. 2011. Forests, Agriculture, and Climate: Economics and Policy Issues. .doi:10.1111/j.1939-1676.2008.0203.x.
- Hartati R, Pratikto I, Pratiwi TN. 2017. Biomassa dan Estimasi Simpanan Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Pulau Menjangan Kecil dan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa. *Bul. Oseanografi Mar.* 6(1):74.
- Harto S. 1993. Analisis hidrologi. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hertyastuti PR, Putra RD, Apriadi T, Suhana MP, Idris F, Nugraha AH. 2020. Estimasi Kandungan Stok Karbon Pada Ekosistem Padang Lamun Di Perairan Dompok Dan Berakit, Kepulauan Riau. *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.* 12(3):849–862.doi:10.29244/jitkt.v12i3.32199.

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.

- Hickmah N, Maslukah L, Wulandari SY, Sugianto DN, Wirasatriya A. 2021. Kajian Stok Karbon Organik dalam Sedimen di Area Vegetasi Mangrove Karimunjawa. *Indones. J. Oceanogr.* 3(4):419–426.
- Howard JL, Perez A, Lopes CC, Fourqurean JW. 2016. Fertilization Changes Seagrass Community Structure but not Blue Carbon Storage: Results from a 30-Year Field Experiment. *Estuaries and Coasts.* 39(5):1422–1434.doi:10.1007/s12237-016-0085-1.
- Hutabarat, S dan Evans, SM. 2000. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- Hutabarat S, Evan S. 1985. Pengantar oseanografi. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutomo H. 1997. Padang lamun Indonesia: Salah satu ekosistem laut dangkal yang belum banyak dikenal. *Jurnal Puslitbang Oseanologi-LIPI.* Jakarta.
- Irawan A, Nganro NR. 2016. Distribution of seagrass in Inner Ambon Bay. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.* 8(1):99-114.
- Jiang Z, Liu S, Zhang J, Zhao C, Wu Y, Yu S, Zhang X, Huang C, Huang X, Kumar M. 2017. Newly discovered seagrass beds and their potential for blue carbon in the coastal seas of Hainan Island, South China Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 125(1–2):513–521.doi:10.1016/j.marpolbul.2017.07.066.
- Kamal AHM, Al-Asif A, Idris MH, Bhuiyan MKA, Rahman AFMA. 2023. Trends in Seagrass Research and Conservation in Malaysian Waters. *J. Trop. Life Sci.* 13(1):93–114.doi:10.11594/jtls.13.01.10.
- Kennedy H, Beggins J, Duarte CM, Fourqurean JW, Holmer M, Marbá N, Middelburg JJ. 2010. Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochem. Cycles.* 24(4):1–8.
- Kennedy H, Bjork M. 2009. Seagrass Meadows. In: Laffoley D.D.A and Grimsditch G. (Eds). *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks.* Gland: IUCN.
- Kennedy H, Gacia E, Kennedy DP, Papadimitriou S, Duarte CM. 2004. Organic carbon sources to SE Asian coastal sediments. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 60(1):59–68.doi:10.1016/j.ecss.2003.11.019.
- Kepmen LH No. 200 Tahun 2004. 2004. Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun. *Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indones.*:16.
- Khairunnisa, Setyobudiandi I, Boer M. 2018. The Estimation of Seagrass Carbon Stocks in the East Coast of Bintan Regency. *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.* 10(3):639–650.
- Kristensen E, Bouillon S, Dittmar T, Marchand C. 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquat. Bot.* 89(2):201–219.doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.005.
- Kuo J. 2007. New monoecious seagrass of *Halophila sulawesii* (Hydrocharitaceae) from Indonesia. *Aquat. Bot.* 87(2):171–175.
- Kuriandewa TE, Kiswara W, Hutomo M, Soemodihardjo S. 2003. The seagrasses of Indonesia. In: Green, E.P., Short, F.T. (eds.). *World Atlas of Seagrasses.* Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.
- Kurniawan F, Imran Z, Darus RF, Anggraeni F, Damar A, Sunuddin A, Kamal, M M, Pertiwi NTM, Pratiwi, Ayu IP, Iswantari A. 2020. An ecosystem services perspective for the economic value of seafood production supported by



seagrass ecosystems: An exercise in Derawan Island, Indonesia An ecosystem services perspective for the economic value of seafood productionsupported by seagrass.doi:10.1088/1755-1315/414/1/012008.

- Lamb JB, Van De Water JAJM, Bourne DG, Altier C, Hein MY, Fiorenza EA, Abu N, Jompa J, Harvell CD. 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* (80-.). 355(6326):731–733.doi:10.1126/science.aal1956.
- Lafratta A, Paul L. 2022. Sub-sampling plan of seagrass sediment. Centre for Marine Ecosystem Research (CMER). School of Science. Australia: Edith Cowan University.
- Lewis SL, Lopez-Gonzalez G, Sonké B, Affum-Baffoe K, Baker TR, Ojo LO, Phillips OL, Reitsma JM, White L, Comiskey JA, *et al.* 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature*. 457(7232):1003–1006.doi:10.1038/nature07771.
- Lohr KE, Smith DJ, Suggett DJ, Nitschke MR, Dumbrell AJ, Woodcock S, Camp EF. 2017. Coral community structure and recruitment in seagrass meadows. *Front. Mar. Sci.* 4(NOV):1–13.doi:10.3389/fmars.2017.00388.
- Lyimo LD. 2016. *Carbon sequestration processes in tropical seagrass beds.*
- Macreadie PI, Hughes AR, Kimbro DL. 2013. Loss of “Blue Carbon” from Coastal Salt Marshes Following Habitat Disturbance. *PLoS One*. 8(7):1–8.doi:10.1371/journal.pone.0069244.
- Marchio DA, Savarese M, Bovard B, Mitsch WJ. 2016. Carbon sequestration and sedimentation in mangrove swamps influenced by hydrogeomorphic conditions and urbanization in Southwest Florida. *Forests*. 7(6).doi:10.3390/f7060116.
- Maslukah L, Indrayanti E, Rifai A. 2014. Sebaran material organik dan zat hara oleh arus pasang surut di muara sungai Demaan, Jepara. *Ilmu Kelaut*. 19(4):189–194.
- Mateo MA, Mutchler T. 2006. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation.*
- Mazarrasa I, Marbà N, Garcia-Orellana J, Masqué P, Arias-Ortiz A, Duarte CM. 2017. Effect of environmental factors (wave exposure and depth) and anthropogenic pressure in the C sink capacity of *Posidonia oceanica* meadows. *Limnol. Oceanogr.* 62(4):1436–1450.doi:10.1002/lno.10510.
- Mazarrasa I, Samper-Villarreal J, Serrano O, Lavery PS, Lovelock CE, Marbà N, Duarte CM, Cortés J. 2018. Habitat characteristics provide insights of carbon storage in seagrass meadows. *Mar. Pollut. Bull.* 134(April 2017):106–117.doi:10.1016/j.marpolbul.2018.01.059.
- McKenzie LJ, Campbell SJ, Roder CA. 2003. *Seagrass Watch: Manual for mapping & monitoring seagrass resources by community (citizen) volunteers.* Ed ke-2. Cairns (AU): Seagrass-Watch HQ. 104 hlm.
- McKenzie LJ, Yoshida RL, Aini JW, Andréfouet S, Colin PL, Cullen-Unsworth LC, Hughes AT, Payri CE, Rota M, Shaw C, *et al.* 2021. Seagrass ecosystem contributions to people’s quality of life in the Pacific Island Countries and Territories. *Mar. Pollut. Bull.* 167.doi:10.1016/j.marpolbul.2021.112307.
- McLeod E, Chmura GL, Bouillon S, Salm R, Björk M, Duarte CM, Lovelock CE, Schlesinger WH, Silliman BR. 2011. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Front. Ecol. Environ.* 9(10):552–560.doi:10.1890/110004.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- Meidina TSA. 2023. Konservasi dugong (*Dugong dugon*) dengan pendekatan aspek kesejahteraan hewan di Likupang Barat, Sulawesi Utara. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Minerva A, Purwanti F, Suryanto A. 2014. Analisis hubungan keberadaan dan kelimpahan lamun dengan kualitas air di Pulau Karimunjawa, Jepara. *Diponegoro J. Maquares*. 3(3):88–94.
- Mokoginta, JMP., Paruntu, CP., Astony, P., Angmalisang., Rompas, RM., Wullur, S., Rondonuwu A. 2023. Sustainable Development Strategy For Water Tourism Park Conservation Area In North Minahasa Regency. *J. Ilm. Platax*. 11(2):290–310.
- Mola F, Shafaei F, Mohamed B. 2012. Tourism and the Environment: Issues of Concern and Sustainability of Southern Part of the Caspian Sea Coastal Areas. *J. Sustain. Dev*. 5(3):2–15.doi:10.5539/jsd.v5n3p2.
- Naufaldin A. 2016. Identifikasi Lamun Menggunakan Metode Transek Kuadran di Perairan Pulau Pramuka, Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *J. Perikan. dan Kelautan, UNAIR*. 1(Agustus):1–65.
- Nelleman C, Corcoran E, Duarte CM, Valdes L, De Young C, Fonseca L dan Grimsditch G. 2009. Blue Carbon- The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon. Report A New Rapid Response Assessment. Report Release 14 October 2009 at the Diversitas Conference, Cape Town Conference Centre, South Africa.
- Newmaster AF, Berg KJ, Ragupathy S, Palanisamy M, Sambandan K, Newmaster SG. 2011. Local Knowledge and Conservation of Seagrasses in the Tamil Nadu State of India. *J. Ethnobiol. Ethnomed*. 7:1–17.
- Nontji A, Kuriandewa TE, Harryadie E. 2012. National Review of Dugong and Seagrass : Indonesia. :1–30.
- Nordlund LM, Jackson EL, Nakaoka M, Samper-Villarreal J, Beca-Carretero P, Creed JC. 2018. Seagrass ecosystem services – What’s next? *Mar. Pollut. Bull*. 134(April 2017):145–151.doi:10.1016/j.marpolbul.2017.09.014.
- Nugraha AH, Tasabaramo IA, Hernawan UE, Rahmawati S, Putra RD, Idris F. 2020. Estimasi stok karbon pada ekosistem lamun di Perairan Utara Papua (Studi Kasus : Pulau Liki, Pulau Befondi Dan Pulau Meossu). *J. Kelaut. Trop*. 23(3):291–298.doi:10.14710/jkt.v23i3.7939.
- Odum EP. 1971. *Fundamentals of ecology*. Third Edition. W. B.
- Orth RJ, Heck KL. 2023. The Dynamics of Seagrass Ecosystems: History, Past Accomplishments, and Future Prospects. *Estuaries and Coasts*. 46(7):1653–1676.doi:10.1007/s12237-023-01252-4.
- Pairunana AK. 1985. Dasar-dasar ilmu tanah. Ujung Pandang: BKPTINTIM. 375 hal.
- Potouroglou M, Bull JC, Krauss KW, Kennedy HA, Fusi M, Daffonchio D, Mangora MM, Githaiga MN, Diele K, Huxham M. 2017. Measuring the role of seagrasses in regulating sediment surface elevation. *Sci. Rep*. 7(1):1–11.doi:10.1038/s41598-017-12354-y.
- Putra IGNAB. 2019. Analisis swot sebagai strategi meningkatkan keunggulan pada ud. kacang sari di Desa Tamblang. *J. Pendidik. Ekon. Undiksha*. 9(2):397.doi:10.23887/jjpe.v9i2.20106.
- Putra R, Maritim U, Ali R, Zulfikar A, Maritim U, Ali R. 2016. Hubungan sedimen permukaan dengan kerapatan lamun di Desa. (August).



Rahayu YP, Kusumaningtyas MA, Daulat A, Rustam A, Suryono DD, Salim HL, Ati RNA, Sudirman N, Kepel TL, Hutahaean AA, *et al.* 2023. Sedimentary seagrass carbon stock and sources of organic carbon across contrasting seagrass meadows in Indonesia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 30(43):97754–97764.doi:10.1007/s11356-023-29257-3.

Rahman FA. 2018. Simpanan karbon padang lamun berdasarkan habitat dan jenis berbeda di Kabupaten Lombok Timur. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Rahmawati S, Irawan A, Supriyadi IH, Azkab MH. 2014. *Panduan monitoring padang lamun.*

Rahmawati S, UE Hernawan, K McMahan, B Prayudha, HB Prayitno, AJ Wahyudi, M Vanderklift. 2019. Blue carbon in seagrass ecosystem. Guideline for the assessment of carbon stock and sequestration in Southeast Asia. Gadjah Mada University Press.

Ramadhan M. 2021. Sebaran Lamun Berdasarkan Perbedaan Karakteristik Sedimen Di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar.

Rangkuti F. 2005. Analisis SWOT Teknik membedah kasus bisnis. Reorientasi konsep perencanaan strategis untuk menghadapi abad 21. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. ISBN: 979-605-718-2.

Rangkuti F. 1997. Teknik membedah kasus bisnis analisis SWOT. Cara perhitungan bobot, rating, dan OCAI. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. ISBN: 978-602-03-0652-6-0.

Ratnasari V, Djunaedi A, Santoso A. 2020. Simpanan Karbon Enhalus acoroides LF. Royle 1839 (Angiosperms: Hydrocharitaceae) di Pantai Gelaman dan Pantai Alang-Alang, Karimunjawa Jepara. *J. Mar. Res.* 9(1):35–40.doi:10.14710/jmr.v9i1.25303.

Riniatsih I. 2016. Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) di Padang Lamun di Perairan Teluk Awur dan Pantai Prawean Jepara. *J. Kelaut. Trop.* 18(3):121.doi:10.14710/jkt.v18i3.523.

Risandi J, Rifai H, Lukman KM, Sondak CFA, Hernawan UE, Quevedo JMD, Hidayat R, Ambo-Rappe R, Lanuru M, McKenzie L, *et al.* 2023. Hydrodynamics across seagrass meadows and its impacts on Indonesian coastal ecosystems: A review. *Front. Earth Sci.* 11(February):1–16.doi:10.3389/feart.2023.1034827.

Roca G, Alcoverro T, Krause-Jensen D, Balsby TJS, Van Katwijk MM, Marbà N, Santos R, Arthur R, Mascaró O, Fernández-Torquemada Y, *et al.* 2016. Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: A global review and management synthesis. *Ecol. Indic.* 63:310–323.doi:10.1016/j.ecolind.2015.12.007.

Röhr ME, Holmer M, Baum JK, Björk M, Chin D, Chalifour L, Cimon S, Cusson M, Dahl M, Deyanova D, *et al.* 2018. Blue Carbon Storage Capacity of Temperate Eelgrass (*Zostera marina*) Meadows. *Global Biogeochem. Cycles.* 32(10):1457–1475.doi:10.1029/2018GB005941.

Rustam A. 2014. Kontribusi lamun dalam regulasi karbon dan stabilisasi ekosistem. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Rustam A, Kepel TL, Ati RNA, Salim HL, Kusumaningtyas MA, Daulat A, Mangindaan P, Sudirman N, Rahayu YP, Suryono DD, *et al.* 2014. Peran Ekosistem Lamun Sebagai Blue Carbon Dalam Mitigasi Perubahan. *J. Segara.* 10(Desember):107–117.

- Sakmiana AF, Papatungan MS, Kusumaningrum W, Rahmawati S. 2023. Estimasi Konsentrasi dan Stok Karbon Organik pada Sedimen Lamun di Desa Selangan, Kalimantan Timur. *J. Mar. Res.* 12(3):483–492.
- Sari DAA, Astirin OP, Mayastuti A, Adiastruti A. 2021. Blue Carbon in National Policy To Reduce Greenhouse Gas Emissions. *Yust. J. Huk.* 10(2):252. doi:10.20961/yustisia.v10i2.45217.
- Satrya C, Yusuf M, Shidqi M, Subhan B, Arafat D, Perikanan F, Brawijaya U, Veteran J, Malang N, Pulau SI, *et al.* 2012. Keragaman lamun di Teluk Banten, Provinsi Banten 3(1):29–34.
- Serrano O, Almahasheer H, Duarte CM, Irigoien X. 2018. Carbon stocks and accumulation rates in Red Sea seagrass meadows. *Sci. Rep.* 8(1):1–13. doi:10.1038/s41598-018-33182-8.
- Short F, Carruthers T, Dennison W, Waycott M. 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 350(1–2):3–20. doi:10.1016/j.jembe.2007.06.012.
- Short FT, Polidoro B, Livingstone SR, Carpenter KE, Bandeira S, Bujang JS, Calumpang HP, Carruthers TJB, Coles RG, Dennison WC, *et al.* 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biol. Conserv.* 144(7):1961–1971. doi:10.1016/j.biocon.2011.04.010.
- Short FT, Short CA, Novak AB. 2016. The Wetland Book. *Wetl. B.* (February). doi:10.1007/978-94-007-6173-5.
- Sifleet S, Pendleton L, Murray BC. 2011. State of the Science on Coastal Blue Carbon A Summary for Policy Makers. *Nicholas Inst. Environ. Policy Solut.* (May 2011):43.
- Sjafrie NDM, Hernawan UE, Prayuda B, Supriyadi IH, Iswari MY, Rahmat, Anggraini K, Rahmawati S, Suyarsi. 2018. Status padang lamun Indonesia. *Jakarta: Puslit Oseanografi*
- Sondak CFA, Kaligis EY. 2022. Assessing the seagrasses meadows status and condition: A case study of Wori Seagrass Meadows, North Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas.* 23(4):2156–2166. doi:10.13057/biodiv/d230451.
- Stankovic M, Ambo-Rappe R, Carly F, Dangan-Galon F, Fortes MD, Hossain MS, Kiswara W, Van Luong C, Minh-Thu P, Mishra AK, *et al.* 2021. Quantification of blue carbon in seagrass ecosystems of Southeast Asia and their potential for climate change mitigation. *Sci. Total Environ.* 783:146858. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.146858.
- Stankovic M, Panyawai J, Jansanit K, Upanoi T, Prathep A. 2017. Carbon content in different seagrass species in the Aandaman Coast of Thailand. *Sains Malaysiana.* 46(9):1441–1447. doi:10.17576/jsm-2017-4609-12.
- Stankovic M, Tantipisanuh N, Rattanachot E, Prathep A. 2018. Model-based approach for estimating biomass and organic carbon in tropical seagrass ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 596:61–70. doi:10.3354/meps12597.
- Supriadi S, Kaswadji RF, Bengen DG, Hutomo M. 2014. Carbon Stock of Seagrass Community in Barranglombo Island, Makassar (Stok Karbon pada Komunitas Lamun di Pulau Barranglombo, Makassar). *ILMU Kelaut. Indones. J. Mar. Sci.* 19(1):1. doi:10.14710/ik.ijms.19.1.1-10.
- Syafrizal, Nurrachmi I, Efriyeldi E. 2021. Relationship of Nitrate and Phosphate Concentration on Phytoplankton Primary Productivity in Dumai Rivers of Riau Province. *Asian J. Aquat. Sci.* 4(1):54–64. doi:10.31258/ajoas.4.1.54-64.



- Taqwa RN, Muskananfolo MR, Ruswahyuni -. 2014. Studi hubungan substrat dasar dan kandungan bahan organik dalam sedimen dengan kelimpahan hewan makrobenthos di Muara Sungai Sayung Kabupaten Demak. *Manag. Aquat. Resour. J.* 3(1):125–133.doi:10.14710/marj.v3i1.4429.
- Tomascik T, Mah AJ, Nontji A, Moosa MK. 1997. The ecology of the Indonesian Seas: Part 2. The Ecology of Indonesia Series, 752p
- Trevathan-Tackett SM, Kelleway J, Macreadie PI, Beardall J, Ralph P, Bellgrove A. 2015. Comparison of marine macrophytes for their contributions to blue carbon sequestration. *Ecology* 96(11):3043– 3057.doi.org/10.1890/15-0149.1
- Supan CI, Unepetty PA. 2018. Growth and Production of Leaves *Thalassia hemprichii* on The Suli Coastal Waters, Ambon Island. *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.* 2(2):0–4.doi:10.12962/j25481479.v2i2.3647.
- Unsworth RKF, Cullen-Unsworth LC, Jones BLH, Lilley RJ. 2022. The planetary role of seagrass conservation. *Science* (80). 377(6606):609–613. doi:10.1126/science.abq6923.
- Unsworth RKF, McKenzie LJ, Collier CJ, Cullen-Unsworth LC, Duarte CM, Eklöf JS, Jarvis JC, Jones BL, Nordlund LM. 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio.* 48(8):801–815.doi:10.1007/s13280-018-1115-y.
- Vitri Lestari KI, Hendrawan IG, Faiqoh E. 2020. Estimasi total simpanan karbon Pada Padang Lamun di Kawasan Pantai Karang Sewu, Gilimanuk, Bali. *J. Mar. Res. Technol.* 3(1):40.doi:10.24843/jmrt.2020.v03.i01.p07.
- Wahyudi J, Rahmawati S, Irawan A, Wayan I, Dharmawan E. 2018. Potensi cadangan dan serapan karbon ekosistem mangrove dan padang lamun indonesia (intisari bagi pengambil kebijakan) COREMAP-CTI. Project view project Identification of potentially harmful microalgal species and eutrophication status update in Benoa Bay, (July).
- Wawo M, Wardiatno Y, Adrianto L, Bengen DG. 2014. Carbon stored on seagrass community in marine nature tourism park of kotania bay, Western Seram, Indonesia. *J. Manaj. Hutan Trop.* 20(1):51–57.doi:10.7226/jtfm.20.1.51.
- Waycott M, Duarte CM, Carruthers TJB, Orth RJ, Dennison WC, Olyarnik S, Calladine A, Fourqurean JW, Heck KL, Hughes AR, *et al.* 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 106(30):12377–12381.doi:10.1073/pnas.0905620106.
- Wentworth CK. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *J. Geol.* 30(5):377–392.doi:10.1086/622910.
- Wright JP, Jones CG. 2006. The concept of organisms as ecosystem engineers ten years on: Progress, limitations, and challenges. *Bioscience.* 56(3):203–209.doi:10.1641/0006-3568(2006)056[0203:TCOOAE]2.0.CO;2.
- Wu S, Tao S, Ye X, Wang A, Liu Z, Ran C, Liang H, Li H, Yang Y, Zhang W, *et al.* 2023. Characteristics of Sedimentary Organic Matter in Tidal Estuaries: A Case Study from the Minjiang River Estuary. *Water (Switzerland).* 15(9):1–23.doi:10.3390/w15091682.
- Yunitha A, Wardiatno Y, Yulianda F. 2014. Diameter Substrat dan Jenis Lamun di Pesisir Banoi Minahasa Utara: Sebuah Analisis Korelasi (Substrates Diameter and Seagrasses Species in Banoi Coastal North Minahasa: a Correlation Analysis). *J. Ilmu Pertan. Indones. (JIPI), Desember.* 19(3):135.
- Zahedi S. 2008. Tourism impact on coastal environment. *WIT Trans. Built Environ.* 99:45–57.doi:10.2495/CENV080051.

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Zulfikar A, Hartoko A, Hendrarto B, Studi P, Sumberdaya M, Akuatik DS, Diponegoro U, Kemujan P, Nasional T. 2016. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>. 5(2012):165–172.
- Zurba N. 2018. Pengenalan Padang Lamun Suatu Ekosistem yang Terlupakan. *Unimal Press*:1–114.

@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.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

LAMPIRAN

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.



Lampiran 1 Kerapatan jenis lamun

	Jenis lamun	Total tegakan
Bahoi	<i>Cymodocea rotundata</i>	1.070
	<i>Enhalus acoroides</i>	1.602
	<i>Halodule pinifolia</i>	7.615
	<i>Halodule uninervis</i>	859
	<i>Halophila ovalis</i>	4.054
	<i>Oceana serrulata</i>	312
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	1.978
	<i>Thalassia hemprichii</i>	3.111
	Total	20.601
	Bulutui	<i>Cymodocea rotundata</i>
<i>Enhalus acoroides</i>		2.653
<i>Halodule pinifolia</i>		4.022
<i>Halodule uninervis</i>		207
<i>Halophila ovalis</i>		5.301
<i>Oceana serrulata</i>		50
<i>Syringodium isoetifolium</i>		3.220
<i>Thalassia hemprichii</i>		5.788
Total		21.857
Tarabitan	<i>Cymodocea rotundata</i>	1.136
	<i>Enhalus acoroides</i>	1.917
	<i>Halodule pinifolia</i>	1.022
	<i>Halodule uninervis</i>	821
	<i>Halophila ovalis</i>	789
	<i>Oceana serrulata</i>	117
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	349
	<i>Thalassia hemprichii</i>	4.380
	Total	10.531

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 2 Persentase tutupan jenis lamun pada luasan

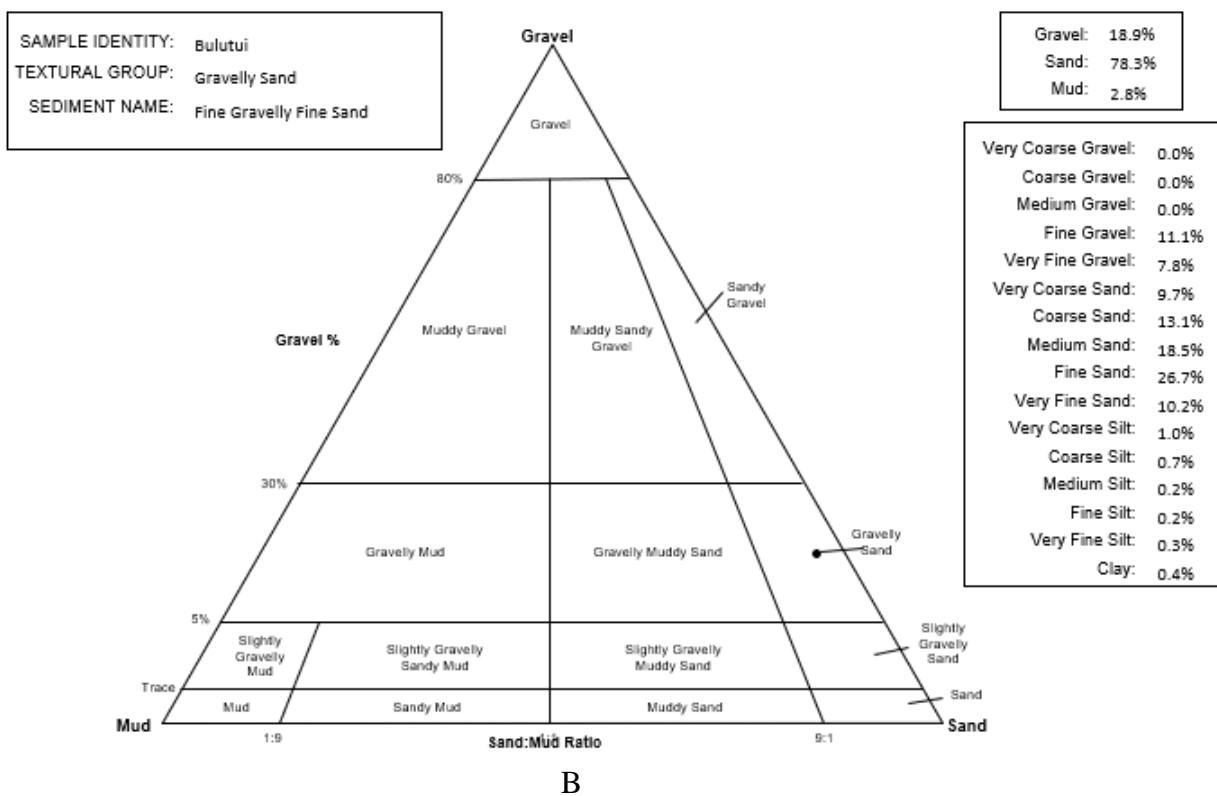
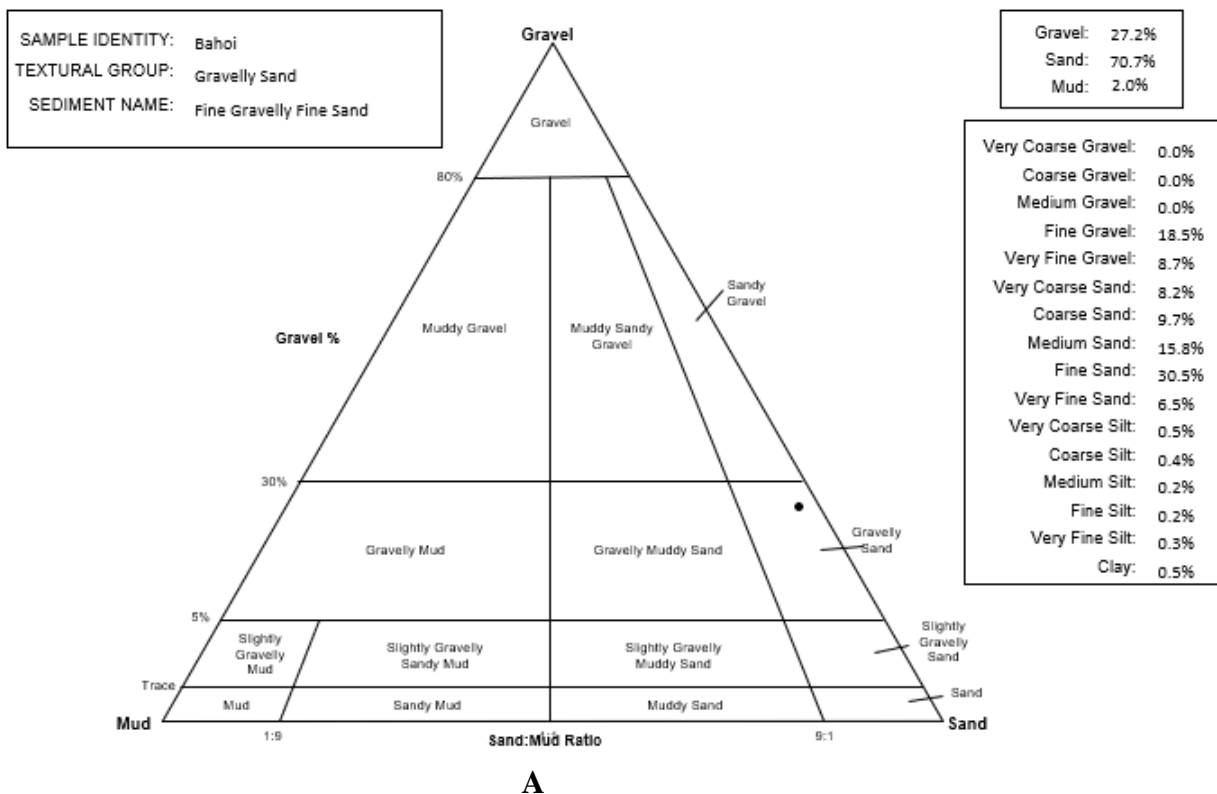
Lokasi	Jenis lamun	Tutupan lamun (%)
Bahoi	<i>Cymodocea rotundata</i>	4,04
	<i>Enhalus acoroides</i>	9,60
	<i>Halodule pinifolia</i>	15,64
	<i>Halodule uninervis</i>	2,53
	<i>Halophila ovalis</i>	10,48
	<i>Oceana serrulata</i>	2,21
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	6,82
	<i>Thalassia hemprichii</i>	11,68
	Total	63,14
Bulutui	<i>Cymodocea rotundata</i>	1,64
	<i>Enhalus acoroides</i>	15,28
	<i>Halodule pinifolia</i>	9,03
	<i>Halodule uninervis</i>	0,44
	<i>Halophila ovalis</i>	10,98
	<i>Oceana serrulata</i>	0,25
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	10,61
	<i>Thalassia hemprichii</i>	15,34
	Total	63,57
Tarabitan	<i>Cymodocea rotundata</i>	4,37
	<i>Enhalus acoroides</i>	26,52
	<i>Halodule pinifolia</i>	2,08
	<i>Halodule uninervis</i>	2,27
	<i>Halophila ovalis</i>	3,16
	<i>Oceana serrulata</i>	0,88
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	1,39
	<i>Thalassia hemprichii</i>	10,86
	Total	51,52

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

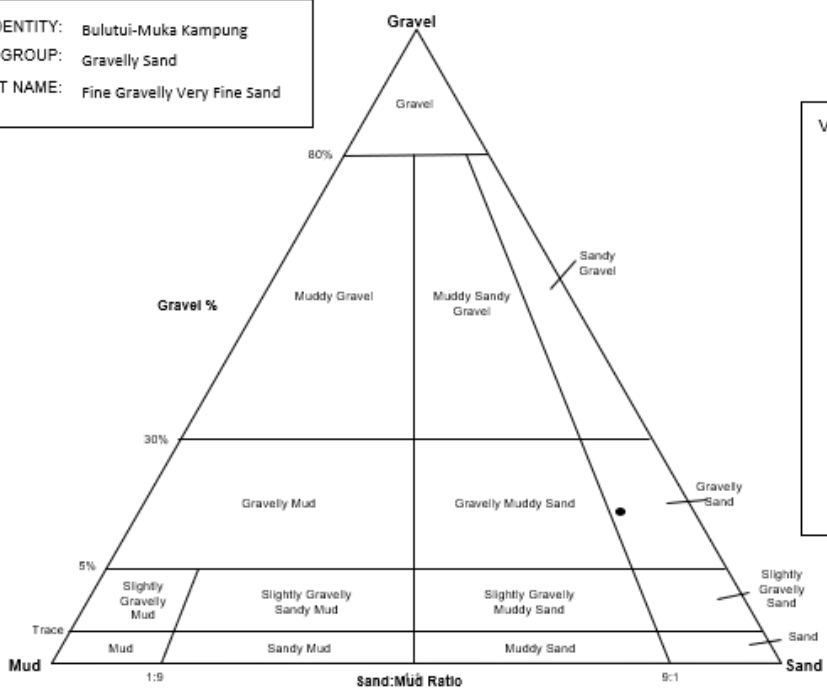
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Lampiran 3 Fraksi sedimen lamun



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.

SAMPLE IDENTITY: Bulutui-Muka Kampung
 TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand
 SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Very Fine Sand

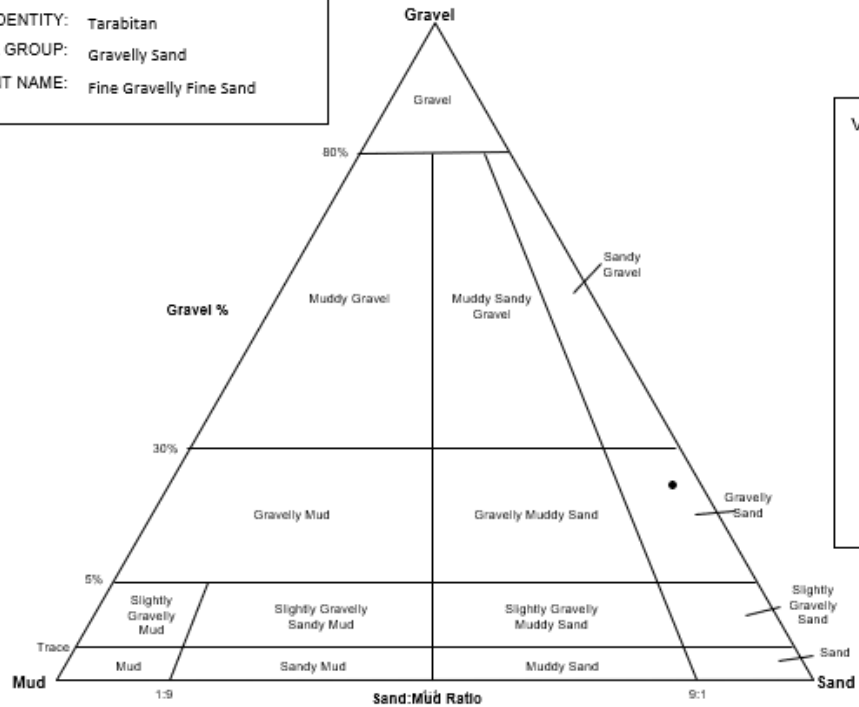


Gravel: 17.7%
 Sand: 74.7%
 Mud: 7.6%

Very Coarse Gravel:	0.0%
Coarse Gravel:	0.0%
Medium Gravel:	0.0%
Fine Gravel:	12.5%
Very Fine Gravel:	5.2%
Very Coarse Sand:	8.6%
Coarse Sand:	10.5%
Medium Sand:	13.4%
Fine Sand:	17.9%
Very Fine Sand:	24.3%
Very Coarse Silt:	3.2%
Coarse Silt:	2.2%
Medium Silt:	0.3%
Fine Silt:	0.4%
Very Fine Silt:	0.6%
Clay:	1.0%

C

SAMPLE IDENTITY: Tarabitan
 TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand
 SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Fine Sand



Gravel: 25.0%
 Sand: 72.3%
 Mud: 2.7%

Very Coarse Gravel:	0.0%
Coarse Gravel:	0.0%
Medium Gravel:	0.0%
Fine Gravel:	19.5%
Very Fine Gravel:	5.5%
Very Coarse Sand:	8.9%
Coarse Sand:	10.8%
Medium Sand:	15.9%
Fine Sand:	24.3%
Very Fine Sand:	12.3%
Very Coarse Silt:	0.8%
Coarse Silt:	0.6%
Medium Silt:	0.1%
Fine Silt:	0.2%
Very Fine Silt:	0.4%
Clay:	0.6%

D

Gambar 11 Fraksi sedimen lamun di Likupang Barat; Bahoi (A), Bulutui (B), Bulutui-Muka Kampung (C), dan Tarabitan (D)

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.

Lampiran 4 Panjang *core* sedimen pada lokasi penelitian

Sample ID	Lokasi	Ulangan	Kedalaman (cm)
B1	Bahoi	1	40
B2		2	42
B3		3	46
MK1	Muka Kampung-Bulutui	1	30
MK3		2	37
MK4		3	50
Ta1	Bulutui	1	40
Ta2		2	35
Ta4		3	40
T1	Tarabitan	1	45
T2		2	40
T4		3	45
Rata-rata			41

Lampiran 5 Kandungan karbon pada sedimen lamun berdasarkan kedalaman

Sample ID	Kedalaman (cm)	Stok karbon organik pada sedimen			
		(g OC/cm ²)	(Kg OC/m ²)	(g OC/m ²)	(Mg C ha ⁻¹)
B1	0-1	0,46	4,59	4590,51	45,91
B1	1-2	0,43	4,26	4259,26	42,59
B1	2-3	0,33	3,28	3276,79	32,77
B1	3-4	0,26	2,64	2638,30	26,38
B1	4-5	0,37	3,68	3676,00	36,76
B1	5-6	0,43	4,32	4318,15	43,18
B1	6-7	0,43	4,29	4287,10	42,87
B1	7-8	0,40	3,97	3967,52	39,68
B1	8-9	0,57	5,74	5743,03	57,43
B1	9-10	0,63	6,33	6325,69	63,26
B1	10-11	0,44	4,41	4405,18	44,05
B1	11-12	0,56	5,56	5555,36	55,55
B1	12-13	0,33	3,28	3278,52	32,79
B1	13-14	0,45	4,52	4517,88	45,18
B1	14-15	0,41	4,07	4074,76	40,75
B1	15-16	0,57	5,69	5692,49	56,92
B1	16-17	0,59	5,85	5852,16	58,52
B1	17-18	0,61	6,08	6081,20	60,81
B1	18-19	0,48	4,77	4765,34	47,65
B1	19-20	0,67	6,70	6697,07	66,97
B1	20-25	2,75	27,47	27473,30	274,73
B1	25-30	2,20	22,00	21997,86	219,98
B1	30-35	2,47	24,73	24726,11	247,26
B1	35-40	4,75	47,53	47533,37	475,33
B2	0-1	0,63	6,33	6332,73	63,33
B2	1-2	0,56	5,58	5576,00	55,76
B2	2-3	0,86	8,60	8599,74	86,00
B2	3-4	0,83	8,28	8278,87	82,79
B2	4-5	0,66	6,55	6552,91	65,53
B2	5-6	0,63	6,34	6338,62	63,39
B2	6-7	0,63	6,26	6256,46	62,56
B2	7-8	0,87	8,66	8663,05	86,63
B2	8-9	0,77	7,75	7746,46	77,46

Sample ID	Kedalaman (cm)	Stok karbon organik pada sedimen			
		(g OC/cm ²)	(Kg OC/m ²)	(g OC/m ²)	(Mg C ha ⁻¹)
B2	9-10	0,82	8,17	8174,56	81,75
B2	10-11	0,78	7,76	7755,47	77,55
B2	11-12	0,80	7,97	7967,14	79,67
B2	12-13	0,82	8,22	8221,19	82,21
B2	13-14	1,01	10,15	10145,72	101,46
B2	14-15	0,98	9,82	9824,37	98,24
B2	15-16	1,24	12,37	12374,69	123,75
B2	16-17	1,10	10,99	10994,31	109,94
B2	17-18	1,15	11,47	11467,69	114,68
B2	18-19	0,94	9,39	9392,54	93,93
B2	19-20	1,18	11,78	11781,31	117,81
B2	20-25	2,63	26,28	26283,59	262,84
B2	25-30	2,47	24,72	24720,34	247,20
B2	30-36	2,36	23,63	23626,14	236,26
B2	36-42	2,58	25,77	25774,04	257,74
B3	0-1	0,62	6,18	6178,66	61,79
B3	1-2	0,50	4,99	4991,10	49,91
B3	2-3	0,83	8,31	8310,59	83,11
B3	3-4	0,62	6,18	6179,45	61,79
B3	4-5	0,77	7,69	7690,56	76,91
B3	5-6	0,77	7,73	7728,45	77,28
B3	6-7	0,82	8,21	8206,35	82,06
B3	7-8	0,91	9,05	9053,06	90,53
B3	8-9	1,14	11,37	11370,98	113,71
B3	9-10	0,97	9,74	9742,47	97,42
B3	10-11	1,03	10,33	10334,28	103,34
B3	11-12	1,02	10,16	10155,09	101,55
B3	12-13	1,22	12,16	12161,73	121,62
B3	13-14	1,40	14,01	14006,80	140,07
B3	14-15	1,10	11,01	11007,15	110,07
B3	15-16	1,05	10,50	10496,18	104,96
B3	16-17	1,53	15,34	15337,48	153,37
B3	17-18	0,73	7,26	7256,20	72,56
B3	18-19	0,87	8,68	8680,78	86,81
B3	19-20	0,81	8,08	8083,70	80,84
B3	20-25	3,21	32,06	32055,71	320,56
B3	25-30	3,68	36,84	36839,45	368,39
B3	30-35	3,94	39,45	39448,20	394,48
B3	35-41	3,26	32,56	32559,24	325,59
B3	41-46	4,33	43,32	43319,41	433,19
MK1	0-1	1,88	18,81	18806,30	188,06
MK1	1-2	1,49	14,94	14935,27	149,35
MK1	2-3	1,48	14,82	14820,90	148,21
MK1	3-4	1,16	11,56	11555,77	115,56
MK1	4-5	1,16	11,60	11596,62	115,97
MK1	5-6	1,03	10,30	10304,29	103,04
MK1	6-7	3,37	33,69	33693,78	336,94
MK1	7-8	1,30	13,02	13019,91	130,20
MK1	8-9	1,26	12,63	12627,66	126,28
MK1	9-10	1,30	13,05	13045,00	130,45
MK1	10-11	1,23	12,28	12277,32	122,77
MK1	11-12	1,40	14,05	14047,92	140,48
MK1	12-13	1,32	13,25	13249,19	132,49

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Sample ID	Kedalaman (cm)	Stok karbon organik pada sedimen			
		(g OC/cm ²)	(Kg OC/m ²)	(g OC/m ²)	(Mg C ha ⁻¹)
MK1	13-14	1,83	18,29	18293,69	182,94
MK1	14-15	2,25	22,55	22546,17	225,46
MK1	15-16	1,69	16,94	16944,04	169,44
MK1	16-17	1,50	15,00	14995,77	149,96
MK1	17-18	1,65	16,48	16480,72	164,81
MK1	18-19	1,98	19,81	19813,07	198,13
MK1	19-20	1,53	15,30	15304,47	153,04
MK1	20-25	6,39	63,92	63922,96	639,23
MK1	25-30	5,85	58,54	58537,98	585,38
MK3	0-1	2,19	21,93	21934,49	219,34
MK3	1-2	1,22	12,21	12212,72	122,13
MK3	2-3	1,19	11,88	11875,94	118,76
MK3	3-4	1,59	15,87	15866,15	158,66
MK3	4-5	1,35	13,53	13525,00	135,25
MK3	5-6	1,35	13,53	13533,11	135,33
MK3	6-7	1,29	12,88	12883,15	128,83
MK3	7-8	1,29	12,90	12899,14	128,99
MK3	8-9	1,22	12,23	12229,57	122,30
MK3	9-10	1,60	15,96	15961,42	159,61
MK3	10-11	1,10	11,01	11014,44	110,14
MK3	11-12	1,31	13,08	13080,36	130,80
MK3	12-13	1,63	16,27	16267,31	162,67
MK3	13-14	1,33	13,25	13253,77	132,54
MK3	14-15	1,25	12,50	12500,07	125,00
MK3	15-16	0,97	9,74	9744,10	97,44
MK3	16-17	1,00	9,99	9985,25	99,85
MK3	17-18	1,22	12,23	12227,56	122,28
MK3	18-19	0,98	9,79	9789,58	97,90
MK3	19-20	1,34	13,41	13407,70	134,08
MK3	20-25	6,84	68,38	68379,71	683,80
MK3	25-31	7,62	76,23	76227,00	762,27
MK3	31-37	7,21	72,06	72058,65	720,59
MK4	0-1	2,48	24,82	24818,34	248,18
MK4	1-2	3,91	39,06	39064,35	390,64
MK4	2-3	3,05	30,49	30493,71	304,94
MK4	3-4	2,41	24,12	24121,67	241,22
MK4	4-5	2,40	23,98	23976,35	239,76
MK4	5-6	2,29	22,91	22913,52	229,14
MK4	6-7	2,35	23,50	23501,33	235,01
MK4	7-8	2,28	22,78	22777,14	227,77
MK4	8-9	2,40	24,04	24042,04	240,42
MK4	9-10	2,13	21,34	21340,12	213,40
MK4	10-11	2,29	22,88	22876,08	228,76
MK4	11-12	1,83	18,30	18300,19	183,00
MK4	12-13	2,19	21,92	21920,21	219,20
MK4	13-14	2,47	24,69	24691,56	246,92
MK4	14-15	2,67	26,70	26698,01	266,98
MK4	15-16	2,84	28,44	28437,85	284,38
MK4	16-17	3,51	35,11	35113,34	351,13
MK4	17-18	2,81	28,09	28090,31	280,90
MK4	18-19	2,74	27,38	27380,32	273,80
MK4	19-20	2,57	25,71	25711,12	257,11
MK4	20-25	13,32	133,22	133223,80	1332,24

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Sample ID	Kedalaman (cm)	Stok karbon organik pada sedimen			
		(g OC/cm ²)	(Kg OC/m ²)	(g OC/m ²)	(Mg C ha ⁻¹)
MK4	25-30	14,18	141,76	141763,80	1417,64
MK4	30-35	14,55	145,48	145475,65	1454,76
MK4	35-40	12,58	125,84	125841,16	1258,41
MK4	40-45	13,79	137,87	137869,79	1378,70
MK4	45-50	9,51	95,07	95070,56	950,71
Ta1	0-1	0,80	8,05	8048,03	80,48
Ta1	1-2	0,68	6,78	6776,66	67,77
Ta1	2-3	0,50	4,97	4967,64	49,68
Ta1	3-4	0,50	5,04	5039,69	50,40
Ta1	4-5	0,81	8,11	8110,77	81,11
Ta1	5-6	0,68	6,83	6828,44	68,28
Ta1	6-7	0,98	9,81	9807,90	98,08
Ta1	7-8	0,66	6,57	6569,19	65,69
Ta1	8-9	0,85	8,53	8533,81	85,34
Ta1	9-10	0,73	7,27	7273,73	72,74
Ta1	10-11	0,59	5,94	5937,85	59,38
Ta1	11-12	1,07	10,65	10650,06	106,50
Ta1	12-13	0,84	8,37	8367,68	83,68
Ta1	13-14	0,84	8,37	8367,65	83,68
Ta1	14-15	0,59	5,94	5941,81	59,42
Ta1	15-16	0,53	5,27	5266,92	52,67
Ta1	16-17	0,91	9,13	9126,23	91,26
Ta1	17-18	0,88	8,76	8758,99	87,59
Ta1	18-19	1,22	12,24	12235,40	122,35
Ta1	19-20	1,13	11,28	11282,76	112,83
Ta1	20-25	5,41	54,10	54104,09	541,04
Ta1	25-30	6,02	60,22	60221,41	602,21
Ta1	30-35	5,58	55,84	55835,81	558,36
Ta1	35-40	5,48	54,80	54799,45	547,99
Ta2	0-1	0,37	3,66	3664,77	36,65
Ta2	1-2	0,47	4,69	4690,61	46,91
Ta2	2-3	0,56	5,62	5621,91	56,22
Ta2	3-4	0,53	5,28	5278,72	52,79
Ta2	4-5	1,24	12,44	12439,93	124,40
Ta2	5-6	0,90	8,97	8970,01	89,70
Ta2	6-7	0,99	9,87	9867,99	98,68
Ta2	7-8	1,16	11,63	11627,14	116,27
Ta2	8-9	0,92	9,18	9176,84	91,77
Ta2	9-10	0,58	5,76	5755,60	57,56
Ta2	10-11	0,86	8,55	8554,23	85,54
Ta2	11-12	1,37	13,75	13746,01	137,46
Ta2	12-13	1,23	12,26	12259,84	122,60
Ta2	13-14	1,30	12,98	12980,58	129,81
Ta2	14-15	1,00	10,05	10047,38	100,47
Ta2	15-16	1,15	11,52	11520,39	115,20
Ta2	16-17	0,67	6,73	6729,34	67,29
Ta2	17-18	1,30	13,05	13049,89	130,50
Ta2	18-19	0,92	9,15	9150,55	91,51
Ta2	19-20	1,06	10,56	10559,05	105,59
Ta2	20-25	4,32	43,24	43238,38	432,38
Ta2	25-30	4,33	43,34	43340,99	433,41
Ta2	30-35	3,87	38,71	38705,85	387,06
Ta4	0-1	0,42	4,22	4222,29	42,22

- 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Sample ID	Kedalaman (cm)	Stok karbon organik pada sedimen			
		(g OC/cm ²)	(Kg OC/m ²)	(g OC/m ²)	(Mg C ha ⁻¹)
Ta4	1-2	0,47	4,70	4697,38	46,97
Ta4	2-3	0,77	7,66	7664,93	76,65
Ta4	3-4	0,51	5,12	5123,08	51,23
Ta4	4-5	0,57	5,68	5676,81	56,77
Ta4	5-6	0,55	5,48	5475,45	54,75
Ta4	6-7	0,69	6,85	6850,90	68,51
Ta4	7-8	0,54	5,38	5383,22	53,83
Ta4	8-9	0,93	9,26	9260,98	92,61
Ta4	9-10	0,88	8,82	8815,65	88,16
Ta4	10-11	0,51	5,14	5135,38	51,35
Ta4	11-12	0,54	5,43	5433,97	54,34
Ta4	12-13	0,44	4,38	4379,05	43,79
Ta4	13-14	0,60	5,97	5971,99	59,72
Ta4	14-15	0,17	1,71	1707,62	17,08
Ta4	15-16	0,60	5,96	5958,48	59,58
Ta4	16-17	0,60	5,96	5959,42	59,59
Ta4	17-18	0,39	3,89	3890,76	38,91
Ta4	18-19	0,52	5,19	5192,51	51,93
Ta4	19-20	0,76	7,59	7589,54	75,90
Ta4	20-25	1,96	19,59	19586,55	195,87
Ta4	25-30	3,79	37,94	37941,82	379,42
Ta4	30-35	4,54	45,38	45382,89	453,83
Ta4	35-40	6,84	68,40	68396,86	683,97
T1	0-1	0,84	8,42	8420,79	84,21
T1	1-2	0,83	8,27	8267,87	82,68
T1	2-3	0,79	7,88	7880,90	78,81
T1	3-4	0,73	7,34	7344,00	73,44
T1	4-5	0,95	9,50	9497,58	94,98
T1	5-6	0,82	8,21	8205,17	82,05
T1	6-7	0,72	7,21	7212,63	72,13
T1	7-8	0,75	7,47	7468,19	74,68
T1	8-9	0,97	9,74	9741,68	97,42
T1	9-10	0,58	5,83	5829,46	58,29
T1	10-11	0,97	9,72	9722,74	97,23
T1	11-12	1,34	13,36	13364,60	133,65
T1	12-13	1,55	15,55	15545,96	155,46
T1	13-14	0,88	8,76	8755,29	87,55
T1	14-15	1,09	10,93	10925,17	109,25
T1	15-16	1,51	15,12	15121,89	151,22
T1	16-17	1,23	12,28	12276,18	122,76
T1	17-18	1,61	16,11	16107,11	161,07
T1	18-19	1,88	18,78	18781,27	187,81
T1	19-20	1,93	19,26	19260,19	192,60
T1	20-25	7,83	78,27	78266,71	782,67
T1	25-30	8,32	83,23	83229,67	832,30
T1	30-35	6,00	60,05	60047,09	600,47
T1	35-40	5,80	58,01	58007,08	580,07
T1	40-45	21,32	213,24	213238,69	2132,39
T2	0-1	4,71	47,11	47111,55	471,12
T2	1-2	0,87	8,71	8707,57	87,08
T2	2-3	0,44	4,39	4386,09	43,86
T2	3-4	5,12	51,17	51169,44	511,69
T2	4-5	1,01	10,12	10124,78	101,25

@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, 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.



Sample ID	Kedalaman (cm)	Stok karbon organik pada sedimen			
		(g OC/cm ²)	(Kg OC/m ²)	(g OC/m ²)	(Mg C ha ⁻¹)
T2	5-6	0,78	7,77	7765,72	77,66
T2	6-7	1,83	18,32	18316,36	183,16
T2	7-8	0,91	9,13	9125,32	91,25
T2	8-9	1,07	10,72	10724,39	107,24
T2	9-10	1,34	13,40	13403,22	134,03
T2	10-11	1,05	10,47	10465,69	104,66
T2	11-12	1,14	11,40	11404,69	114,05
T2	12-13	0,99	9,94	9939,77	99,40
T2	13-14	2,94	29,44	29437,44	294,37
T2	14-15	1,11	11,13	11126,95	111,27
T2	15-16	2,59	25,93	25928,42	259,28
T2	16-17	0,98	9,81	9807,98	98,08
T2	17-18	4,05	40,52	40517,00	405,17
T2	18-19	1,72	17,19	17188,89	171,89
T2	19-20	2,14	21,42	21417,18	214,17
T2	20-25	4,07	40,73	40733,08	407,33
T2	25-30	5,36	53,64	53642,70	536,43
T2	30-35	5,68	56,84	56837,83	568,38
T2	35-40	4,82	48,19	48188,76	481,89
T4	0-1	0,55	5,45	5454,34	54,54
T4	1-2	0,57	5,72	5716,57	57,17
T4	2-3	0,49	4,91	4907,14	49,07
T4	3-4	0,55	5,54	5538,69	55,39
T4	4-5	0,60	6,02	6020,28	60,20
T4	5-6	0,66	6,56	6558,28	65,58
T4	6-7	0,81	8,06	8057,98	80,58
T4	7-8	0,66	6,60	6604,36	66,04
T4	8-9	0,74	7,44	7440,14	74,40
T4	9-10	0,80	8,05	8046,46	80,46
T4	10-11	0,80	7,96	7960,69	79,61
T4	11-12	0,63	6,30	6296,25	62,96
T4	12-13	0,77	7,72	7720,10	77,20
T4	13-14	0,82	8,16	8164,44	81,64
T4	14-15	0,71	7,11	7112,76	71,13
T4	15-16	0,86	8,63	8634,29	86,34
T4	16-17	0,71	7,08	7081,83	70,82
T4	17-18	0,74	7,43	7426,32	74,26
T4	18-19	0,88	8,76	8761,13	87,61
T4	19-20	1,01	10,12	10124,34	101,24
T4	20-25	5,34	53,44	53437,11	534,37
T4	25-30	3,70	36,98	36982,44	369,82
T4	30-35	3,60	35,96	35956,22	359,56
T4	35-40	2,90	29,00	28995,89	289,96
T4	40-45	3,41	34,14	34144,01	341,44

Keterangan: B= Bahoi; MK=Muka Kampung-Bulutui; Ta=Bulutui; T=Tarabitan

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 6 Hasil data %LOI (*loss of ignition*), C-org dan DBD (*dry bulk density*) pada sedimen berdasarkan kedalaman

Sample ID	Kedalaman (cm)	DBD	%LOI	%OC
B1	0-1	0,73	2,23	0,63
B1	1-2	0,64	2,31	0,66
B1	2-3	0,68	1,89	0,48
B1	3-4	0,59	1,81	0,45
B1	4-5	0,75	1,90	0,49
B1	5-6	0,84	1,96	0,51
B1	6-7	0,72	2,15	0,59
B1	7-8	0,71	2,06	0,56
B1	8-9	0,70	2,66	0,82
B1	9-10	0,77	2,69	0,82
B1	10-11	0,63	2,39	0,70
B1	11-12	0,71	2,58	0,78
B1	12-13	0,48	2,35	0,68
B1	13-14	0,59	2,55	0,77
B1	14-15	0,53	2,57	0,77
B1	15-16	0,62	2,89	0,91
B1	16-17	0,55	3,26	1,07
B1	17-18	0,60	3,13	1,01
B1	18-19	0,54	2,83	0,89
B1	19-20	0,61	3,34	1,11
B1	20-25	0,60	2,90	0,92
B1	25-30	0,68	2,27	0,65
B1	30-35	0,65	2,53	0,76
B1	35-40	0,88	3,28	1,08
B2	0-1	0,68	2,94	0,93
B2	1-2	0,58	3,00	0,96
B2	2-3	0,81	3,25	1,07
B2	3-4	0,74	3,36	1,11
B2	4-5	0,67	3,04	0,98
B2	5-6	0,61	3,17	1,03
B2	6-7	0,62	3,13	1,01
B2	7-8	0,75	3,45	1,15
B2	8-9	0,66	3,50	1,18
B2	9-10	0,74	3,35	1,11
B2	10-11	0,68	3,43	1,15
B2	11-12	0,67	3,53	1,19
B2	12-13	0,68	3,56	1,20
B2	13-14	0,74	3,96	1,37
B2	14-15	0,72	3,96	1,37
B2	15-16	0,89	4,00	1,39
B2	16-17	0,79	4,02	1,40
B2	17-18	0,77	4,25	1,50
B2	18-19	0,67	4,02	1,40
B2	19-20	0,79	4,23	1,49
B2	20-25	0,81	2,27	0,65
B2	25-30	0,88	2,07	0,56
B2	30-36	0,75	2,23	0,63
B2	36-42	0,69	2,49	0,74
B3	0-1	0,58	3,25	1,07
B3	1-2	0,62	2,64	0,81
B3	2-3	1,01	2,69	0,83

Sample ID	Kedalaman (cm)	DBD	%LOI	%OC
B3	3-4	0,71	2,78	0,87
B3	4-5	0,67	3,43	1,14
B3	5-6	0,66	3,47	1,16
B3	6-7	0,65	3,70	1,26
B3	7-8	0,73	3,65	1,24
B3	8-9	0,95	3,56	1,20
B3	9-10	0,66	4,19	1,47
B3	10-11	0,74	4,02	1,40
B3	11-12	0,72	4,07	1,42
B3	12-13	0,81	4,27	1,50
B3	13-14	0,98	4,11	1,44
B3	14-15	0,84	3,83	1,32
B3	15-16	0,78	3,88	1,34
B3	16-17	1,07	4,12	1,44
B3	17-18	0,69	3,20	1,04
B3	18-19	0,65	3,88	1,34
B3	19-20	0,76	3,23	1,06
B3	20-25	0,85	2,51	0,75
B3	25-30	0,84	2,81	0,88
B3	30-35	0,91	2,78	0,86
B3	35-41	0,80	2,66	0,81
B3	41-46	0,94	2,90	0,92
MK1	0-1	0,88	5,73	2,13
MK1	1-2	0,69	5,80	2,16
MK1	2-3	0,76	5,33	1,96
MK1	3-4	0,57	5,45	2,01
MK1	4-5	0,55	5,65	2,10
MK1	5-6	0,49	5,62	2,09
MK1	6-7	1,71	5,36	1,98
MK1	7-8	0,59	5,88	2,20
MK1	8-9	0,55	6,13	2,30
MK1	9-10	0,64	5,50	2,03
MK1	10-11	0,60	5,54	2,05
MK1	11-12	0,71	5,39	1,99
MK1	12-13	0,61	5,83	2,18
MK1	13-14	0,86	5,69	2,12
MK1	14-15	0,87	6,80	2,60
MK1	15-16	0,67	6,65	2,53
MK1	16-17	0,62	6,41	2,43
MK1	17-18	0,64	6,73	2,56
MK1	18-19	0,66	7,70	2,98
MK1	19-20	0,57	7,03	2,69
MK1	20-25	0,53	6,38	2,41
MK1	25-30	0,44	6,90	2,64
MK3	0-1	1,19	5,06	1,84
MK3	1-2	0,75	4,58	1,64
MK3	2-3	0,82	4,14	1,45
MK3	3-4	1,06	4,23	1,49
MK3	4-5	0,75	4,93	1,79
MK3	5-6	0,71	5,23	1,92
MK3	6-7	0,69	5,11	1,87
MK3	7-8	0,71	5,02	1,83
MK3	8-9	0,81	4,29	1,51
MK3	9-10	1,10	4,13	1,45

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.

Sample ID	Kedalaman (cm)	DBD	%LOI	%OC
MK3	10-11	0,82	3,89	1,34
MK3	11-12	0,84	4,40	1,56
MK3	12-13	0,97	4,67	1,68
MK3	13-14	0,76	4,82	1,74
MK3	14-15	0,66	5,17	1,89
MK3	15-16	0,65	4,28	1,51
MK3	16-17	0,72	3,99	1,38
MK3	17-18	0,77	4,44	1,58
MK3	18-19	0,60	4,59	1,64
MK3	19-20	0,64	5,63	2,09
MK3	20-25	0,84	4,57	1,64
MK3	25-31	0,77	4,62	1,65
MK3	31-37	0,61	5,34	1,97
MK4	0-1	0,96	6,75	2,57
MK4	1-2	1,47	6,94	2,66
MK4	2-3	1,12	7,12	2,73
MK4	3-4	0,86	7,30	2,81
MK4	4-5	0,97	6,50	2,47
MK4	5-6	0,95	6,40	2,42
MK4	6-7	1,03	6,10	2,29
MK4	7-8	1,03	5,93	2,22
MK4	8-9	1,08	5,96	2,23
MK4	9-10	0,94	6,02	2,26
MK4	10-11	1,05	5,82	2,17
MK4	11-12	0,98	5,13	1,87
MK4	12-13	1,02	5,76	2,15
MK4	13-14	1,15	5,77	2,15
MK4	14-15	1,05	6,71	2,55
MK4	15-16	1,11	6,73	2,56
MK4	16-17	1,41	6,57	2,50
MK4	17-18	1,09	6,73	2,57
MK4	18-19	1,05	6,81	2,60
MK4	19-20	0,98	6,89	2,63
MK4	20-25	1,00	6,97	2,67
MK4	25-30	1,01	7,31	2,81
MK4	30-35	0,95	7,88	3,06
MK4	35-40	0,89	7,32	2,82
MK4	40-45	1,00	7,16	2,75
MK4	45-50	0,68	7,32	2,82
Ta1	0-1	1,24	2,28	0,65
Ta1	1-2	1,20	2,08	0,56
Ta1	2-3	0,87	2,09	0,57
Ta1	3-4	0,97	1,98	0,52
Ta1	4-5	0,99	2,67	0,82
Ta1	5-6	0,96	2,43	0,71
Ta1	6-7	1,34	2,47	0,73
Ta1	7-8	1,23	2,01	0,54
Ta1	8-9	1,28	2,32	0,67
Ta1	9-10	1,03	2,42	0,71
Ta1	10-11	1,00	2,15	0,59
Ta1	11-12	1,41	2,53	0,76
Ta1	12-13	1,13	2,49	0,74
Ta1	13-14	1,22	2,36	0,69
Ta1	14-15	1,11	2,01	0,53

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Sample ID	Kedalaman (cm)	DBD	%LOI	%OC
Ta1	15-16	1,01	1,98	0,52
Ta1	16-17	1,32	2,37	0,69
Ta1	17-18	1,05	2,70	0,83
Ta1	18-19	1,29	2,97	0,95
Ta1	19-20	1,36	2,69	0,83
Ta1	20-25	0,96	3,39	1,13
Ta1	25-30	1,06	3,42	1,14
Ta1	30-35	1,10	3,13	1,02
Ta1	35-40	1,30	2,73	0,84
Ta2	0-1	0,98	1,64	0,37
Ta2	1-2	0,96	1,90	0,49
Ta2	2-3	0,81	2,39	0,70
Ta2	3-4	0,69	2,54	0,76
Ta2	4-5	1,71	2,46	0,73
Ta2	5-6	0,95	2,96	0,94
Ta2	6-7	0,93	3,24	1,06
Ta2	7-8	1,41	2,68	0,82
Ta2	8-9	1,15	2,63	0,80
Ta2	9-10	0,83	2,38	0,69
Ta2	10-11	0,89	3,00	0,96
Ta2	11-12	1,19	3,46	1,16
Ta2	12-13	1,16	3,23	1,06
Ta2	13-14	0,92	4,06	1,42
Ta2	14-15	0,89	3,41	1,14
Ta2	15-16	0,95	3,59	1,21
Ta2	16-17	0,71	2,98	0,95
Ta2	17-18	1,37	2,98	0,95
Ta2	18-19	1,08	2,74	0,85
Ta2	19-20	1,37	2,56	0,77
Ta2	20-25	1,01	2,76	0,86
Ta2	25-30	1,10	2,59	0,79
Ta2	30-35	1,04	2,50	0,75
Ta4	0-1	0,77	2,05	0,55
Ta4	1-2	0,93	1,94	0,51
Ta4	2-3	1,42	2,02	0,54
Ta4	3-4	1,02	1,94	0,50
Ta4	4-5	0,99	2,10	0,57
Ta4	5-6	1,31	1,74	0,42
Ta4	6-7	1,50	1,83	0,46
Ta4	7-8	1,35	1,69	0,40
Ta4	8-9	1,41	2,30	0,66
Ta4	9-10	1,52	2,12	0,58
Ta4	10-11	1,32	1,67	0,39
Ta4	11-12	1,34	1,71	0,40
Ta4	12-13	1,38	1,50	0,32
Ta4	13-14	1,46	1,72	0,41
Ta4	14-15	1,24	1,09	0,14
Ta4	15-16	1,27	1,86	0,47
Ta4	16-17	1,55	1,66	0,38
Ta4	17-18	0,93	1,74	0,42
Ta4	18-19	1,33	1,67	0,39
Ta4	19-20	1,67	1,83	0,46
Ta4	20-25	1,06	1,62	0,37
Ta4	25-30	1,29	2,14	0,59

- 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.

Sample ID	Kedalaman (cm)	DBD	%LOI	%OC
Ta4	30-35	1,32	2,37	0,69
Ta4	35-40	1,88	2,46	0,73
T1	0-1	0,72	3,50	1,17
T1	1-2	0,90	2,90	0,92
T1	2-3	0,80	3,06	0,98
T1	3-4	0,85	2,77	0,86
T1	4-5	0,88	3,28	1,08
T1	5-6	0,69	3,54	1,19
T1	6-7	0,79	2,89	0,91
T1	7-8	0,86	2,79	0,87
T1	8-9	0,94	3,17	1,03
T1	9-10	0,66	2,83	0,89
T1	10-11	0,59	4,63	1,66
T1	11-12	0,85	4,43	1,58
T1	12-13	1,01	4,35	1,54
T1	13-14	0,57	4,33	1,53
T1	14-15	0,73	4,24	1,49
T1	15-16	1,02	4,22	1,49
T1	16-17	0,77	4,47	1,59
T1	17-18	0,86	5,13	1,88
T1	18-19	0,98	5,22	1,91
T1	19-20	0,78	6,53	2,48
T1	20-25	0,87	4,96	1,80
T1	25-30	1,03	4,51	1,61
T1	30-35	0,73	4,60	1,65
T1	35-40	0,55	5,69	2,12
T1	40-45	0,96	11,07	4,43
T2	0-1	0,90	12,92	5,22
T2	1-2	0,78	3,35	1,11
T2	2-3	0,79	2,07	0,56
T2	3-4	0,71	17,42	7,16
T2	4-5	0,63	4,48	1,60
T2	5-6	0,43	4,94	1,79
T2	6-7	0,78	6,24	2,35
T2	7-8	0,34	6,99	2,68
T2	8-9	0,38	7,26	2,79
T2	9-10	0,54	6,58	2,50
T2	10-11	0,53	5,33	1,96
T2	11-12	0,51	5,97	2,24
T2	12-13	0,37	7,08	2,71
T2	13-14	0,95	7,94	3,09
T2	14-15	0,36	8,02	3,12
T2	15-16	0,87	7,67	2,97
T2	16-17	0,30	8,45	3,31
T2	17-18	1,42	7,39	2,85
T2	18-19	0,61	7,32	2,82
T2	19-20	0,79	7,05	2,70
T2	20-25	0,44	5,05	1,84
T2	25-30	0,65	4,61	1,65
T2	30-35	0,72	4,43	1,58
T2	35-40	0,58	4,64	1,67
T4	0-1	0,99	2,04	0,55
T4	1-2	1,12	1,96	0,51
T4	2-3	1,02	1,89	0,48

@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.

Sample ID	Kedalaman (cm)	DBD	%LOI	%OC
T4	3-4	1,07	1,97	0,52
T4	4-5	1,15	1,98	0,52
T4	5-6	1,09	2,17	0,60
T4	6-7	1,39	2,12	0,58
T4	7-8	1,04	2,24	0,63
T4	8-9	0,99	2,51	0,75
T4	9-10	1,04	2,56	0,77
T4	10-11	1,16	2,36	0,69
T4	11-12	0,93	2,34	0,68
T4	12-13	0,86	2,85	0,90
T4	13-14	1,16	2,40	0,70
T4	14-15	1,00	2,42	0,71
T4	15-16	1,05	2,69	0,82
T4	16-17	0,98	2,45	0,72
T4	17-18	1,00	2,49	0,74
T4	18-19	1,01	2,78	0,87
T4	19-20	1,12	2,87	0,90
T4	20-25	1,06	3,12	1,01
T4	25-30	1,05	2,40	0,70
T4	30-35	1,03	2,39	0,70
T4	35-40	0,83	2,39	0,70
T4	40-45	0,94	2,46	0,73

Keterangan: B= Bahoi; MK=Muka Kampung-Bulutui; Ta=Bulutui; T=Tarabitan

Lampiran 7 Statistik kerapatan jenis lamun antar lokasi

Keterangan	Kruskal-Wallis	Signifikan
Jenis lamun	0,4306	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 8 Statistik persentase tutupan lamun antar lokasi

Keterangan	Kruskal-Wallis	Signifikan
Tutupan lamun (%)	0,5901	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 9 Statistik keanekaragaman lamun antar lokasi

Keterangan	Kruskal-Wallis	Signifikan
Keanekaragaman (H')	0,3679	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 10 Korelasi status kesehatan padang lamun terhadap stok karbon

Keterangan	Korelasi Pearson	Signifikan
Kerapatan (ind/m ²)	P=0,0051419 dan rho=-0,99997	<0,05 (berbeda signifikan)
Tutupan lamun (%)	P=0,042474 dan rho=-0,99778	<0,05 (berbeda signifikan)
Keanekaragaman (H')	P=0,66313 dan rho=-0,5048	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 11 Statistik *dry bulk density* antar lokasi berdasarkan kedalaman

Keterangan	Kruskal-Wallis	Signifikan
Dry bulk density	3,982E-13	<0,05 (berbeda signifikan)

Keterangan	Mann-Whitney	Signifikan
Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung	0,0003618	<0,05 (berbeda signifikan)
Bahoi dan Bulutui	2,05E-09	<0,05 (berbeda signifikan)
Bahoi dan Tarabitan	0,0003639	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung dan Bulutui	1,26E-08	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui- Muka Kampung dan Tarabitan	0,692	>0,05 (tidak signifikan)
Bulutui dan Tarabitan	1,327E-08	<0,05 (berbeda signifikan)

Lampiran 12 Statistik keterkaitan *dry bulk density* terhadap karbon organik berdasarkan kedalaman

Keterangan	Korelasi Pearson	Signifikan
Bahoi	P=0,38669 dan rho=-0,18096	>0,05 (tidak signifikan)
Bulutui-Muka Kampung	P=0,0028549 dan rho=-0,56122	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui	P=0,062109 dan rho=0,38648	>0,05 (tidak signifikan)
Tarabitan	P=0,84446 dan rho=0,041338	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 13 Statistik keterkaitan *dry bulk density* terhadap stok karbon berdasarkan kedalaman

Keterangan	Korelasi Pearson	Signifikan
Bahoi	P=0,0020866 dan rho=0,58592	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung	P=0,0075963 dan rho=-0,51128	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui	P=0,37021 dan rho=0,19143	>0,05 (tidak signifikan)
Tarabitan	P=0,95169 dan rho=0,012771	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 14 Statistik karbon organik berdasarkan kedalaman di setiap lokasi

Keterangan	Kruskal-Wallis	Signifikan
Stok karbon	1,415E-17	<0,05 (berbeda signifikan)

Keterangan	Mann-Whitney	Signifikan
Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung	9,614E-10	<0,05 (berbeda signifikan)
Bahoi dan Bulutui	1,268E-07	<0,05 (berbeda signifikan)
Bahoi dan Tarabitan	9,114E-07	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung dan Bulutui	1,434E-09	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung dan Tarabitan	1,617E-06	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui dan Tarabitan	1,327E-08	<0,05 (berbeda signifikan)

Lampiran 15 Statistik stok karbon berdasarkan kedalaman di setiap lokasi

Keterangan	Kruskal-Wallis	Signifikan
Stok karbon	5,933E-07	<0,05 (berbeda signifikan)

Keterangan	Mann-Whitney	Signifikan
Bahoi dan Bulutui-Muka Kampung	2,336E-05	<0,05 (berbeda signifikan)
Bahoi dan Bulutui	0,8337	>0,05 (tidak signifikan)
Bahoi dan Tarabitan	0,004341	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung dan Bulutui	6,945E-06	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung dan Tarabitan	0,003824	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui dan Tarabitan	0,003177	<0,05 (berbeda signifikan)

Hak Cipta milik IPB University

Lampiran 16 Statistik keterkaitan karbon organik terhadap stok karbon berdasarkan kedalaman

Keterangan	Korelasi Pearson	Signifikan
Bahoi	P=0,020559 dan rho=-0,46041	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui-Muka Kampung	P=0,1083E-05 dan rho=0,70853	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui	P=0,0013177 dan rho=0,61708	<0,05 (berbeda signifikan)
Tarabitan	P=0,20514 dan rho=0,26237	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 17 Statistik keterkaitan ukuran fraksi terhadap karbon organik

Ukuran fraksi	Korelasi Pearson	Signifikan
Bahoi	P=0,090394 dan rho=-0,48838	>0,05 (tidak signifikan)
Bulutui-Muka Kampung	P=0,037377 dan rho=0,58084	<0,05 (berbeda signifikan)
Bulutui	P=0,84985 dan rho=0,058341	>0,05 (tidak signifikan)
Tarabitan	P=0,55121 dan rho=0,18225	>0,05 (tidak signifikan)

Lampiran 18 Ukuran fraksi *core* sedimen

Fraksi (mm)	Keterangan	Bahoi	Muka Kampung-Bulutui	Bulutui	Tarabitan
F1 (>8)	Batu besar	40,175	10,857	11,161	32,505
F2 (8-4)	Batu kerikil	9,377	7,180	7,549	7,486
F3 (4-2)	Kerikil	10,677	5,921	8,741	6,891
F4 (2-1)	Pasir kasar sekali	10,096	9,807	10,962	11,064
F5 (1-0,5)	Pasir kasar	11,898	12,013	14,783	13,478
F6 (0,5-0,25)	Pasir sedang	19,404	15,278	20,777	19,731
F7 (0,25-0,125)	Pasir halus	37,448	20,497	30,092	30,162
F8 (0,125-0,063)	Pasir halus sekali	7,965	27,777	11,505	15,303
F9 (0,063-0,02)	Lanau kasar	0,970	6,146	1,819	1,619
F10 (0,02-0,005)	Lanau sedang	0,430	0,579	0,434	0,347
F11 (0,005-0,002)	Lanau halus	0,446	0,861	0,410	0,640
F12 (0,002-0,0005)	Lempung kasar	0,666	0,766	0,466	0,669
F13 (<0,0005)	Lempung halus	0,000	0,355	0,012	0,096

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.

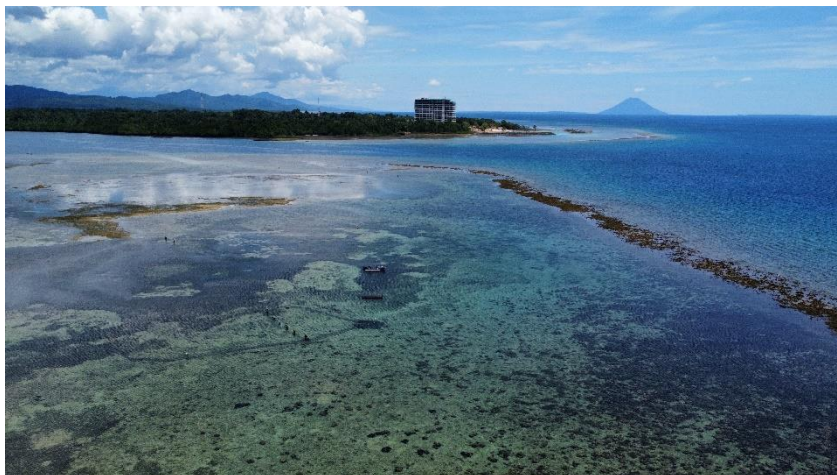
Lampiran 19 Kondisi perairan di sekitar lokasi penelitian



Kondisi perairan di sekitar Bahoi



Kondisi perairan di sekitar Bulutui



Kondisi perairan di sekitar Tarabitan

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



@Hak cipta milik IPB University



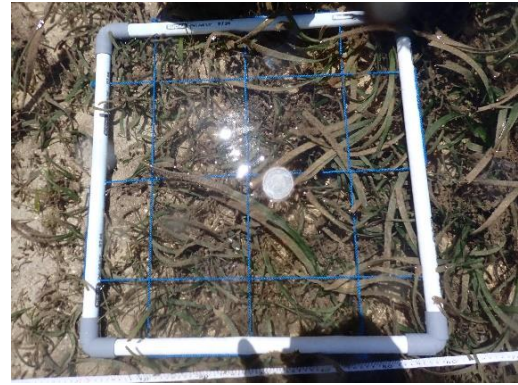
Aktivitas antropogenik di ekosistem lamun



Pos DPL (Daerah Perlindungan Laut) di Tarabitan

- 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

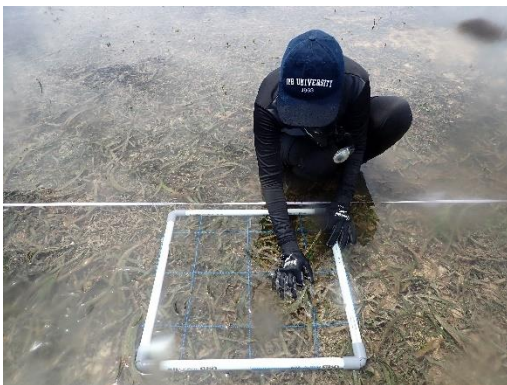
Lampiran 20 Kegiatan pengambilan data kondisi ekosistem lamun



Pengambilan data di Bahoi dengan menggunakan metode transek garis



Pengambilan data di Bulutui dengan menggunakan metode transek garis



Pengambilan data di Tarabitan dengan menggunakan metode transek garis

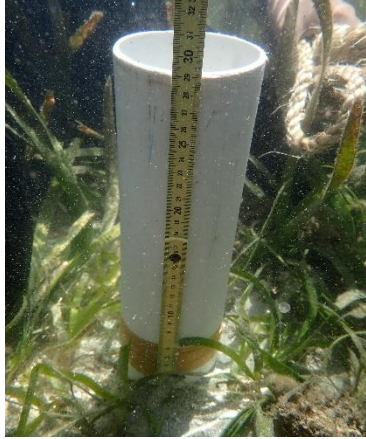
@Hak cipta milik IPB University

- 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 21 Kegiatan pengambilan data sedimen lamun

@Hak cipta milik IPB University



Pengambilan data sedimen menggunakan metode coring (1)



Pengambilan data sedimen menggunakan metode coring (2)



Proses penanganan sampel sedimen sebelum dikirim ke laboratorium

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.

Lampiran 22 Kegiatan analisis di laboratorium



Proses preparasi sampel di laboratorium (1)



Proses preparasi sampel di laboratorium (2)

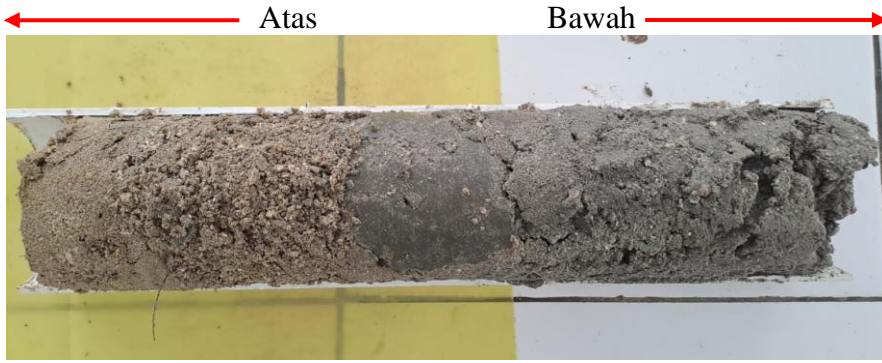


Proses analisis fraksi sedimen di laboratorium

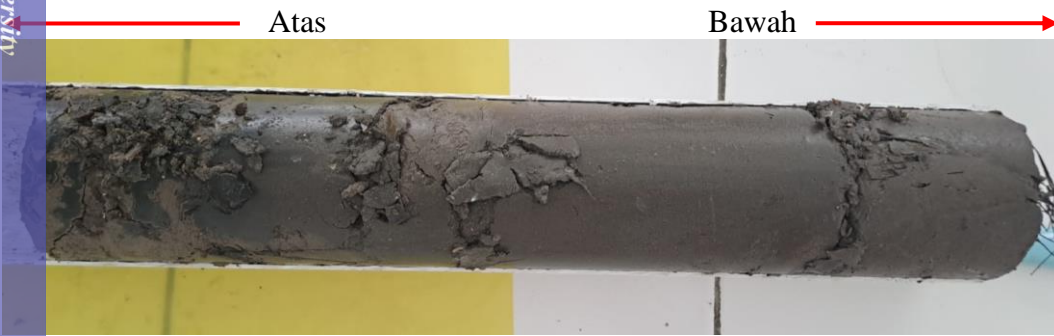
@Hak cipta milik IPB University

- 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 23 Profil *core* sedimen



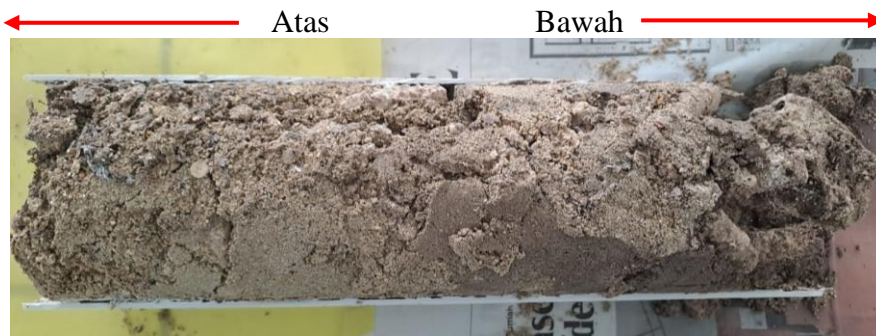
Stasiun Bahoi



Stasiun Bulutui-Muka Kampung



Stasiun Tarabitan



Stasiun Bulutui

@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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Satriani dan dilahirkan di Pengkasalu, pada 07 Januari 1995. Penulis merupakan anak ke lima dari pasangan suami istri dengan ayahanda H. Abbas danibunda Hj. Muna. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin Makassar, dan lulus pada tahun 2018. Selepas menempuh pendidikan sarjana, penulis memperoleh pengalaman bekerja sebagai *Fisheries Enumerator* di *Wildlife Conservation Society* (WCS) tahun 2018, kemudian melanjutkan pekerjaan yang samasebagai *Fisheries Enumerator* di *World Wide Fund for Nature* (WWF) sejak tahun 2019-2020. Penulis selanjutnya berkesempatan dalam melanjutkan pendidikan magister di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan pada program studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan Sekolah Pascasarjana IPB University tahun 2020.

Pada tahun 2021, penulis telah mempublikasikan sebuah jurnal dengan judul artikel “Komposisi Jenis dan Status konservasi *By-Catch* Hiu di Perairan Pulau Tujuh, Seram Utara, Maluku Tengah, Maluku” dan telah diterima untuk dipublikasikan pada Simposium Hiu dan Pari di Indonesia Ke-3 dengan nomor ISBN 978-979-789-057-5 (PDF). Penulis juga telah mempublikasikan sebagian dari hasil penelitiannya yang berjudul “*Health Status of Seagrass Meadows around the Special Economic Zone (SEZ), West Likupang, North Sulawesi*” di Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA) dan telah terbit secara online pada bulan Januari 2024, Volume 10, Issue 1, 201-209. Selama masa studi, penulis juga mengikuti program magang di Perkumpulan Pemberdayaan Masyarakat dan Pendidikan Konservasi Alam (Yapeka) dengan topik “*Blue Carbon on Seagrass*”. Selain itu, penulis juga mengikuti program magang di Seameo Biotrop dan terlibat aktif dalam melakukan beberapa analisis di Laboratorium Tanah dan Tanaman dan Laboratorium Herbarium.

@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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.