

**SIMPANAN KARBON PADA EKOSISTEM LAMUN
DI PERAIRAN WAY KUNJIR, KABUPATEN PESAWARAN,
PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

**NAZOLLA AUDIA LARESTY
NPM 1814221003**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**SIMPANAN KARBON PADA EKOSISTEM LAMUN
DI PERAIRAN WAY KUNJIR, KABUPATEN PESAWARAN,
PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

NAZOLLA AUDIA LARESTY

(Skripsi)

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

SIMPANAN KARBON PADA EKOSISTEM LAMUN DI PERAIRAN WAY KUNJIR, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG

Oleh

Nazolla Audia Laresty

Ekosistem padang lamun mempunyai kemampuan untuk mengurangi emisi karbon dan menyimpannya dalam jaringan biomassa dan sedimen. Luas padang lamun terus berkurang yang disebabkan oleh faktor ekologi dan antropogenik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi lamun serta mengetahui simpanan karbon dalam biomassa dan sedimen. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2022 dengan lokasi pengambilan sampel di perairan Way Kunjir. Metode penelitian ini menggunakan *purposive sampling*. Data kondisi lamun diperoleh dengan menggunakan metode transek garis yang dibagi menjadi beberapa plot dan kemudian dipilih secara acak. Dalam plot yang dipilih, jumlah tegakan lamun dihitung untuk menentukan kepadatan, persentaseutupan, dan indeks nilai penting. Kadar karbon dianalisis menggunakan metode gravimetri untuk memperoleh kadar air dan persentase karbon organik. Penyimpanan karbon dalam sedimen dianalisis menggunakan metode gravimetri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan lamun pada kategori jarang berkisar antara 11,34-20,44 %. Indeks nilai penting tertinggi diperoleh dari *E. acoroides*, sedangkan *T. hemprichii* dan *H. uninervis* termasuk dalam kategori rendah. Penyimpanan karbon masing-masing spesies pada *E. acoroides* sebesar 31,34 g C/m², *T. hemprichii* 0,36 g C/m², dan *H. uninervis* 0,26 g C/m². Simpanan karbon pada sedimen tertinggi diperoleh pada stasiun 2 sebesar 14,82 g C/m², disusul stasiun 3 sebesar 11,37 g C/m², dan stasiun 1 sebesar 9,86 g C/m². Secara keseluruhan, simpanan karbon terbesar diperoleh dari *E. acoroides*. Simpanan karbon dalam biomassa lebih besar dibandingkan dengan simpanan dalam sedimen.

Kata kunci: lamun, sedimen, gravimetri, simpanan karbon.

ABSTRACT

CARBON STORAGE IN SEAGRASSES ECOSYSTEM AT WAY KUNJIR WATERS, PESAWARAN DISTRICT, PROVINCE LAMPUNG

By

Nazolla Audia Laresty

Seagrass bed ecosystem have ability to reduce carbon emission and storage it in biomass tissue and sediment. The area of seagrass bed continued to decrease caused by ecological and anthropogenic factor. This research aimed to analyze seagrass condition also to determine carbon storage in biomass and sediment. This research was conducted on August 2022 with sampling location at Way Kunjir waters. Method of this research used purposive sampling. Seagrass condition data was obtained using the line transect method and then divided into several plot and then randomly selected. Within selected plot, the number of seagrass stand counted to determine density, percent cover and important value index. Carbon content analyzed using gravimetry method to obtain water content and organic carbon percentage. Carbon storage in sediment analyzed using gravimetry method. The result of this research shown that the density of seagrass in the sparse category from 11,34-20,44 % in range. The highest index of important value was obtained from *E. acoroides*, while *T. hemprichii* and *H. uninervis* belong to the low category. Carbon storage in each species respectively, in *E. acoroides* were 31,34 g C/m², *T. hemprichii* 0,36 g C/m² and *H. uninervis* 0,26 g C/m². Carbon storage in sediment showed the highest deposits were obtain from station 2 with 14,82 g C/m², followed by station 3 with 11,37 g C/m², and station 1 with 9,86 g C/m². Overall, the largest carbon storage was obtained from *E. acoroides*. Carbon storage in biomass was greater than storage in sediment.

Keywords: seagrass, sediment, gravimetry, carbon storage.

Judul Skripsi : **SIMPANAN KARBON PADA EKOSISTEM LAMUN DI PERAIRAN WAY KUNJIR, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Nazolla Audia Taresty**

NPM : **1814221003**

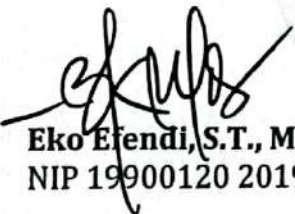
Program Studi : **Ilmu Kelautan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**

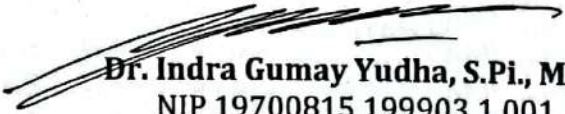
MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


Eko Efendi, S.T., M.Si.
NIP 19900120 201903 1 011


Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.
NIP 19900120 201903 1 011

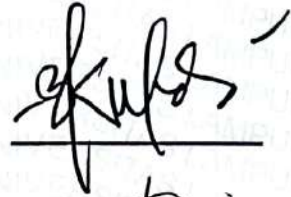
2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**


Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP 19700815 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

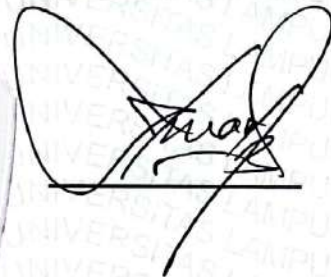
Ketua : Eko Efendi, S. T., M. Si



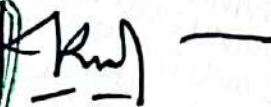
Sekretaris : Anma Hari Kusuma, S. I. K., M. Si.



Anggota : Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

0811020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Juni 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

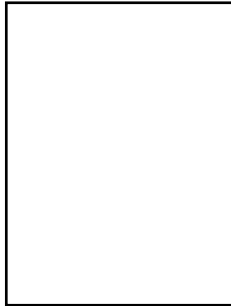
Bandar Lampung, 27 September 2023

membuat pernyataan,



Nazolla Audia Laresty
NPM. 1814221003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Muaro Palupuh, Kecamatan Palupuh, Kabupaten Agam, Padang, Sumatera Barat pada tanggal 11 Juli 1999 sebagai anak dari Bapak Sawali dan Ibu Yusniati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 13 Muaro Palupuh pada tahun 2006–2012, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di Pondok Pesantren MTI Kapau tahun

2012–2015, dan pendidikan menengah atas di MAN 2 Kota Bukittinggi pada tahun 2015–2018. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) pada tahun 2018 di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis pernah aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota pada periode 2019–2020 dan penulis pernah aktif pada organisasi luar kampus, yaitu Ikatan Mahasiswa Minang (Imami) Provinsi Lampung sebagai anggota pada periode 2019-2021. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Renang, Widya Selam, dan Ekologi Perairan. Penulis pernah mengikuti kuliah kerja nyata (KKN) di Desa Pagar Dewa, Kecamatan Sukau, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung selama 40 hari pada tahun 2021. Penulis juga pernah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di kawasan wisata Pantai Ketapang pada tahun 2021 dengan judul “Kajian Daya Dukung Ekosistem lamun di Perairan Ketapang, Desa Batu Menyan, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung”.

PERSEMBAHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT dengan karunia dan ridho-Nya, skripsi ini dapat penulis selesaikan.

Dengan ketulusan hati kupersembahkan skripsi ini kepada:

Cinta pertama dan panutan Ja, yaitu Abah tercinta Sawali. Beliau tidak sempat merasakan pendidikan sampai ke bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidikku, mendoakan, dan memberi nasehat sehingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai sarjana.

Pintu surga Ja, Amak tercinta Yusniati. Terima kasih yang sangat tulus aku berikan kepada beliau yang telah memberikanku ketenangan, kenyamanan, motivasi, doa terbaik, serta tanpa lelah telah mendukung semua keputusan dan pilihan dalam hidup Ja tanpa menuntut apapun.

Keempat Uda dan Uni Ja tersayang, Uni Del, Uda Izal, Uni Irma, dan Uda Yudi, dan ketiga Kakak Iparku Bang Saidi, Uni Susi, dan Bang Okto, serta ketiga keponakan Uncu Bang Minda, Bang Apis, dan Adek Reza yang selalu membantu dalam bentuk materi serta dukungan tanpa memberikan tekanan kepadaku.

Bapak dan ibu dosen yang telah memberikan ilmu dengan tulus dan ikhlas serta teman-teman seperjuanganku yang selalu berada disampingku dalam keadaan senang dan susah.

Serta almamaterku tercinta Universitas Lampung.

MOTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(QS. Al Ghafir: 44)

“Jika Allah menolong kamu, maka tidak ada yang bisa mengalahkan kamu”

(QS. Ali Imran: 160)

“Dalam keadaan apapun, jangan pernah tinggalkan shalat”

(Amak)

“Ketika segala sesuatunya sulit, lihat dan ingatlah orang-orang yang mencintaimu. Kamu akan mendapatkan energi dari mereka”

(Hosoek Jung)

“Terpaksa, Terbiasa, dan Terasa”

(Ust. Farid Fauzi M.S.)

“Cara terbaik untuk memprediksi masa depan ialah dengan membuatnya”

(Muhammad Shiddiq)

“Hidup seumpama sebuah film, kau adalah sutradaranya dan kau pula pemerannya”

(Ja)

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Simpanan Karbon pada Ekosistem Lamun di Perairan Way Kunjir, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat lulus sarjana. Selama penyusunan skripsi, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan.
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T., selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan.
4. Eko Efendi, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik serta Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberi arahan serta bimbingan dalam proses kuliah dan penyusunan skripsi.
5. Anma Hari Kusuma, S.IK., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi arahan serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
6. Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberi arahan dalam proses penyusunan skripsi.
7. Ayah, ibu, uda dan uni serta keluarga besar yang telah mendoakan dan memberi semangat dalam mengerjakan skripsi.
8. Ima, Vero, Ferdina, Suci, Dewi, Dwi, Agung, dan Fadhil atas segala, semangat dan bantuan yang telah diberikan dalam proses penyusunan skripsi.

9. Liza, Ayu dan Shiddiq yang selalu menyemangati dan memberi motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman Program Studi Ilmu Kelautan Angkatan 2018 yang telah mendoakan, memberi dukungan, dan telah berjuang bersama selama perkuliahan.

Penulis berharap dengan adanya skripsi ini dapat membantu dan memberi informasi kepada mahasiswa dan masyarakat umum. Penulis menyadari pula bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun demikian, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Bandar Lampung, 27 September 2023

Nazolla Audia Laresty

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Kerangka Pikir	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lamun.....	4
2.1.1 Anatomi dan Morfologi Lamun	4
2.1.2 Jenis, Sebaran dan Karakteristik Habitat	8
2.1.3 Fungsi Ekologi Lamun.....	10
2.1.4 Adaptasi lamun.....	10
2.2 Lamun sebagai Penyerap Karbon.....	12
III. METODOLOGI	14
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Prosedur Penelitian.....	15
3.3.1 Penentuan Lokasi Pengamatan dan Pengambilan Sampel.....	15
3.3.2 Penempatan Transek Kuadran.....	16
3.3.3 Parameter yang diamati.....	17
3.3.5 Pengambilan Sampel Lamun dan Sedimen.....	18
3.4 Analisis Sampel.....	19
3.4.1 Pengukuran Kandungan Karbon Lamun.....	19
3.4.2 Pengukuran untuk Fraksi Sedimen	19
3.4.3 Pengukuran Konsentrasi C-Organik Sedimen.....	20
3.5 Analisis Data.....	21
3.5.1 Struktur Vegetasi Lamun	21
3.5.2 Karbon Lamun.....	23
3.5.3 Fraksi Sedimen	25
3.5.4 Karbon Sedimen	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Struktur Vegetasi Lamun	27
4.2 Simpanan Karbon pada Lamun	31
4.3 Simpanan C-Organik Sedimen.....	34
V. SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian	3
2. Struktur lamun.....	5
3. Tipe akar lamun.....	6
4. Bagian rhizoma lamun.....	7
5. Bunga lamun.....	8
6. Bentuk buah lamun.....	8
7. Siklus karbon pesisir	13
8. Peta lokasi penelitian.....	14
9. Transek kuadran berukuran 1x1 m ² yang dibagi menjadi 25 sub plot berukuran 20x20 cm ²	17
10. Pembagian lokasi pengamatan garis lurus adalah transek garis sepanjang 500 m sejajar pantai.....	16
11. Peta sebaran lamun di perairan Way Kunjir.....	25
12. Bangunan buatan.....	31
13. Proporsi fraksi sedimen (%) di perairan Way Kunjir, sampel diambil sampai kedalaman 30 cm dari permukaan.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian	15
2. Kelas kerapatan jenis lamun	21
3. Kriteria penutupan lamun	22
4. Kriteria kondisi padang lamun berdasarkan persentase tutupan.....	23
5. Luasan lamun di perairan Way Kunjir	25
6. Nilai indeks struktur vegetasi lamun di perairan Way Kunjir.....	27
7. Kualitas perairan Way Kunjir.....	30
8. Estimasi simpanan karbon lamun di perairan Way Kunjir.....	33
9. Karbon total pada lamun di perairan Way Kunjir.....	33
10. Kandungan C-organik pada sedimen di perairan Way Kunjir.....	34
11. Simpanan karbon lamun dan sedimen.....	35

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim terjadi akibat pemanasan global, sebagai dampak akumulasi karbon dioksida di atmosfer (Wahyudi *et al.*, 2018). Gas rumah kaca terdiri dari metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Menurut Smith *et al.* (2004), karbon dioksida merupakan penyumbang terbesar, yaitu sekitar 55% dari seluruh gas rumah kaca. Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer cenderung meningkat dari tahun ke tahun, dan akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya budi daya pertanian dan industri global (Houghton *et al.*, 2001).

Peningkatan CO₂ di atmosfer yang terjadi sejak era revolusi industri dan merupakan salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim dan bencana di berbagai belahan dunia (Nellemann *et al.*, 2009). Ekosistem pesisir memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan karbon (*blue carbon*) dalam kurun waktu yang relatif lama, salah satunya ekosistem lamun (Pratiwi *et al.*, 2017). Ekosistem lamun mampu menyimpan karbon 3-5 kali lebih cepat dibandingkan dengan hutan hujan tropis, dan dapat mengikat karbon dalam waktu ribuan tahun. Selain itu, ekosistem lamun dapat menangkap sekitar 70% dari karbon organik total yang berada di laut (Nelleman *et al.*, 2009). Wagey (2013) menyatakan bahwa lamun menghasilkan biomassa yang besar sehingga dapat menyimpan karbon (*carbon sink*) di lautan. Hasil penelitian Pusat Penelitian Oseanografi LIPI diketahui bahwa padang lamun dapat menyerap rata-rata 6,59 ton C/ha/tahun (Sjafrie *et al.*, 2018). Wahyudi *et al.* (2018) menyatakan nilai cadangan karbon tersebut dapat bervariasi tergantung pada karakteristik, kondisi, dan luas ekosistem padang lamun.

Berdasarkan uraian tersebut, lamun dapat menyimpan CO₂. Akan tetapi, luasan lamun di dunia mengalami penurunan rata-rata sebesar 2-5% per tahun. Penurunan luasan tersebut disebabkan kurang perhatiannya berbagai pihak terhadap ekosistem lamun (Duarte *et al.*, 2008 dan Tangke, 2010). Lampung merupakan daerah yang memiliki ekosistem lamun yang terus mengalami penurunan luasan lamunnya. Salah satu wilayah yang memiliki ekosistem lamun adalah Way Kunjir. Oleh karena itu, penting untuk diteliti kondisi ekosistem dan potensi simpanan karbonnya.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. menganalisis kerapatan lamun di perairan Way Kunjir;
2. mengestimasi simpanan karbon pada lamun jenis *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii* dan *Halodule uninervis*; dan
3. mengestimasi C-organik total pada sedimen lamun di perairan Way Kunjir.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ialah sebagai informasi bagi pemerintah dan masyarakat sekitar untuk dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemanfaatan daerah lamun, serta dapat dijadikan informasi pendukung untuk penelitian di kawasan tersebut.

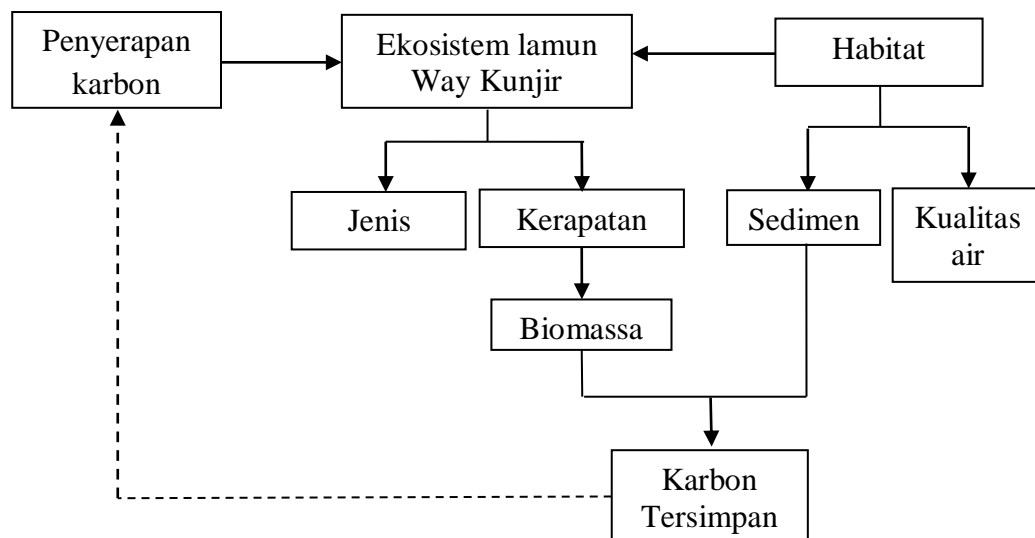
1.4 Kerangka Pikir

Karbon dioksida dapat diserap dan disimpan oleh ekosistem pesisir. Salah satu ekosistem pesisir tersebut yaitu ekosistem lamun. Penelitian ini dilakukan pada ekosistem lamun yang berada di perairan Way Kunjir. Bentuk perairan yang cenderung tertutup dengan substrat yang berpasir, berlumpur dan sedikit berkarang merupakan habitat yang sesuai bagi lamun. Kemampuan lamun menyerap karbon dapat mengurangi emisi CO₂ di atmosfer.

Kemampuan lamun dalam menyimpan karbon sangat dipengaruhi oleh kondisi ekosistem lamun tersebut. Kondisi ekosistem dipengaruhi oleh jenis dan kerapatan

lamun. Setiap jenis akan memiliki bentuk dan morfologi yang berbeda. Tingkat kerapatan akan menentukan seberapa banyak lamun dapat menempati suatu habitat. Kedua faktor tersebut akan memengaruhi biomassa lamun.

Kondisi ekosistem lamun juga dipengaruhi oleh habitat tempat lamun tumbuh. Parameter kualitas air menjadi penentu tingkat pertumbuhan pada jenis yang berbeda. Pertumbuhan yang tinggi akan menyebabkan kerapatan yang berbeda. Pertumbuhan mencerminkan seberapa besar tingkat produktivitas lamun melalui proses fotosintesis. Hasil fotosintesis sebagian besar disimpan dalam bentuk biomassa. Oleh karena itu, dengan mengetahui biomassa lamun dapat di estimasi besaran karbon tersimpan dalam ekosistem lamun. Secara ringkas kerangka pikir penelitian ini disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lamun

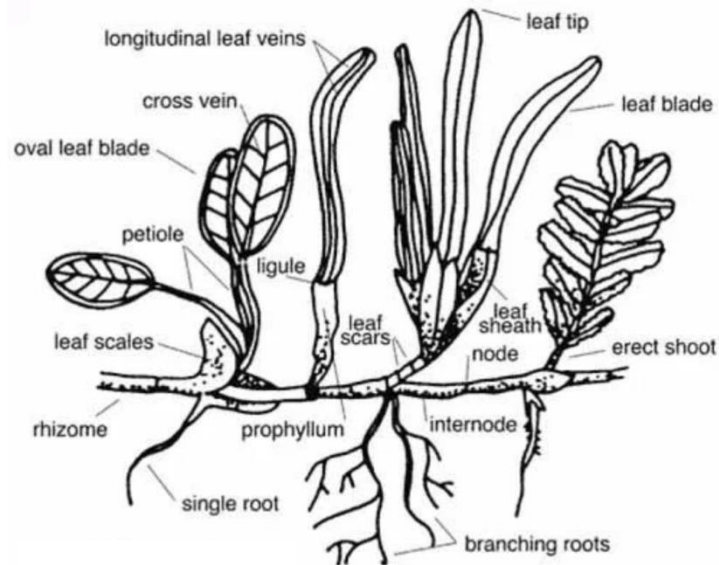
Lamun merupakan tumbuhan tingkat tinggi (berbunga dan berbuah) yang melakukan adaptasi tertentu untuk dapat hidup di lingkungan air asin (Zulfikar *et al.*, 2016). Lamun merupakan tumbuhan berbunga yang tumbuh di perairan dangkal (Tristante *et al.*, 2014). Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan berbunga (angiospermae) yang berbiji satu (monokotil) dan memiliki akar rimpang, daun, bunga, dan buah (Hemminga and Duarte, 2000).

Padang lamun (*seagrass bed*) adalah hamparan tumbuhan lamun yang menutupi suatu area pesisir/laut dangkal yang dapat terbentuk oleh satu jenis lamun (*monospecific*) atau lebih (*mixed vegetation*) dengan kerapatan tanaman yang padat (*dense*), sedang (*medium*), atau jarang (*sparse*). Menurut Zulfikar *et al.* (2016) lamun merupakan salah satu ekosistem yang sangat penting di wilayah pesisir. Ekosistem lamun (*seagrass ecosystem*) adalah satu sistem (organisasi) ekologi padang lamun, di dalamnya terjadi hubungan timbal balik antara komponen abiotik dan komponen biotik (Sjafrie *et al.*, 2018).

2.1.1 Anatomi dan Morfologi Lamun

Tumbuhan lamun secara anatomi memiliki bagian-bagian yang hampir sama, terdiri atas akar, batang, dan daun. Lamun adalah tumbuhan berbiji satu (monokotil) yang mempunyai akar, rimpang (rhizoma), daun, bunga, buah dan berkembangbiak secara generatif (biji) dan vegetatif (tunas) (Thomlinson, 1974). Daun pada lamun umumnya memanjang, kecuali jenis *Halophila* memiliki bentuk daun lonjong (Supriharyono, 2007).

Rimpang lamun tersebut sangat panjang dan setiap interval tertentu akan membentuk rimpang vertikal yang nantinya tumbuh daun dari basal area. Lamun tumbuh pada sedimen lantai zona intertidal laut dengan tubuh tegak, daun memanjang, dan memiliki struktur mirip akar (rimpang) yang terkubur dalam sedimen (McKenzie *et al.*, 2003). Anatomi atau bagian tumbuhan lamun disajikan pada gambar 2.

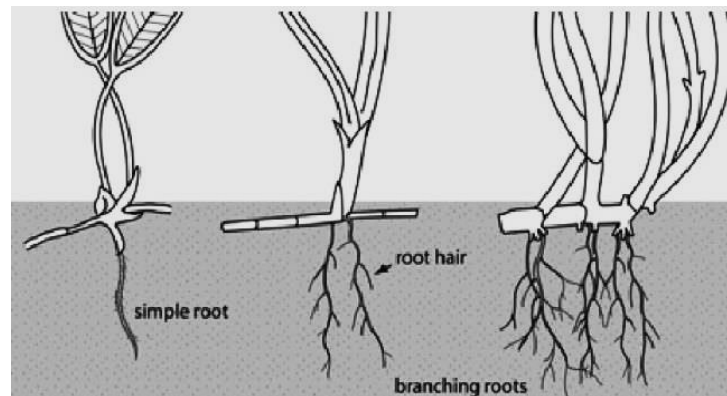


Gambar 2. Struktur lamun.

Sumber: McKenzie *et al.* (2003).

a) Akar lamun

Lamun secara morfologi memiliki akar pusat *stela* yang dikelilingi oleh endodermis. *Stela* (bagian antara dari akar atau batang) mengandung *phloem* atau jaringan transport nutrisi dan *xilem* atau jaringan yang fungsinya untuk menyalurkan air (Supriharyono, 2007). Akar lamun umumnya pendek dengan beberapa percabangan (*branching root*) atau bahkan tidak memiliki percabangan (*simple root*). Lamun memiliki sistem perakaran serabut yang berfungsi untuk menancapkan tumbuhan ke substrat serta menyerap zat-zat hara (McKenzie dan Yohida, 2009). Tipe akar lamun disajikan pada gambar 3.



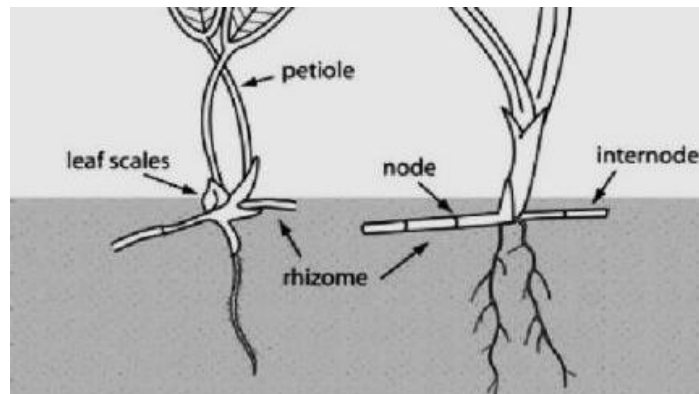
Gambar 3. Tipe Akar lamun.

Sumber: Mckenzie dan Yohida (2009).

b) Batang lamun

Batang lamun berbentuk silinder dan tumbuh menjalar di bawah permukaan substrat yang disebut dengan rhizoma. Rhizoma seringkali terbenam di dalam substrat yang dapat meluas secara ekstensif dan memiliki peran yang utama pada reproduksi secara vegetatif yang merupakan hal penting untuk penyebaran dan pembibitan lamun. Volume rhizoma pada lamun sekitar 60-80% dari biomassa lamun (Supriharyono, 2007).

Secara umum meskipun rhizoma tumbuh secara horizontal, tetapi beberapa spesies memiliki rhizoma yang tumbuh secara vertikal. Rhizoma memiliki buku-buku (*node*) tersusun atas jaringan meristem yang berfungsi untuk membentuk daun dan akar. Setiap buku-buku dipisahkan oleh ruas-ruas (*internode*). Selain berfungsi sebagai tempat tumbuhnya daun dan akar, rhizoma juga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan secara aseksual. *Petiole* merupakan tangkai atau batang lamun tempat awal daun lamun tumbuh, sedangkan *leaf scales* atau sisik daun yang tumbuh pada rhizome lamun (Mckenzie dan Yohida, 2009). Bagian rhizoma lamun disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagian rhizoma lamun.

Sumber: Mckenzie dan Yohida (2009).

c) Daun lamun

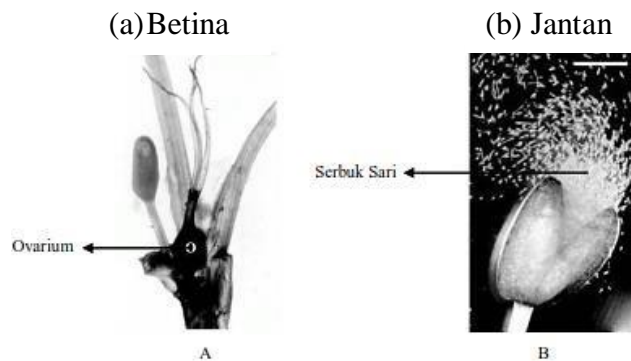
Lamun secara umum memiliki bentuk daun yang memanjang, tipis, dan menyerupai pita, serta bentuk pertumbuhannya monopodial. Daun lamun dapat tumbuh langsung dari rhizoma, tangkai daun (*petiole*) atau dari rhizoma yang tumbuh tegak ke permukaan. Daun lamun pada umumnya memiliki kutikula tipis dan jumlah stomata sedikit. Hal ini disebabkan lamun hidup terendam dalam air laut sehingga proses penguapan relatif kecil. Bentuk dan ukuran daun tiap spesies dapat berbeda sehingga dapat digunakan untuk membedakan spesies lamun (Mckenzie dan Yohida, 2009).

Secara morfologi jenis lamun dapat dikenali dari bentuk daun, ujung daun dan lidah daun. Daun lamun memiliki dua bagian yang berbeda yaitu pelepah dan daun. Adapun secara anatomi, daun lamun memiliki ciri khas dengan tidak memiliki stomata dan memiliki kutikel yang tipis (Supriharyono, 2007).

d) Bunga

Bunga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan generatif. Struktur bunga pada lamun lebih sederhana dibandingkan dengan bunga tumbuhan darat. Bagian bunga lamun terdiri dari *perianth* (bagian bunga antara mahkota dan kelopak tidak dapat dibedakan) benang sari, putik dan tangkai bunga. Lamun memiliki bunga jantan dan betina yang berbeda bentuk (Gambar 5). Bunga jantan memiliki benang sari sebagai alat kelamin jantan, sedangkan bunga betina memiliki putik sebagai alat kelamin betina. Benang sari dapat dibedakan bagian atas tangkai sari dan kepala

sari. Putik terdiri atas ovarium (bakal buah) dan kepala putik (Kuo dan Den Hartog, 2006).



Gambar 5. Bunga lamun
Sumber: Kuo dan Den Hartog (2006).

e) Buah

Setelah proses pembuahan, ovarium berkembang menjadi buah. Struktur dan perkembangan buah tergantung dari struktur pembungaan. Kelompok *Posidoniaceae* memiliki daging buah lunak dan berair sedangkan kelompok *Cymodoceae* (*Cymodocea* dan *Halodule*) memiliki lapisan buah yang keras (Kuo dan Den Hartog, 2006). Setiap buah dapat berisi satu atau beberapa biji bergantung pada spesies lamun. Beberapa bentuk buah lamun disajikan pada Gambar 6.

(a) *Posidonia hartogii* (b) *H. uninervis* (c) *Cymodocea*



Gambar 6. Bentuk buah lamun
Sumber: Kuo dan Den Hartog (2006).

2.1.2 Jenis, Sebaran dan Karakteristik Habitat

Jenis lamun di dunia berjumlah 60 jenis yang terdiri atas 2 suku dan 12 marga. Di Indonesia terdapat 15 jenis yang terdiri atas 2 suku dan 7 marga (Kuo dan McComb, 1989). Jenis lamun yang dapat dijumpai adalah 12 jenis, yaitu *E. acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*, *Halophila decipiens*, *H. ovalis*, *H.*

Minor, *H. spinulosa*, *Haludole pinifolia*, *H. uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *T. hemprichii*, dan *Thalassodendron ciliatum* (Romimohtarto, 2005). Selain itu terdapat tiga jenis baru, yaitu *H. sulawesii* merupakan jenis lamun baru yang ditemukan oleh Kuo (2007), *H. becarii* merupakan lamun yang ditemukan herbariumnya tanpa keterangan yang jelas, dan *Ruppia maritima* yang dijumpai sebagai koleksi herbariumnya dari Ancol di Jakarta dan Pasir Putih di Jawa Timur.

Lamun *E. acoroides* merupakan jenis lamun yang hidup dan alah satu persebarannya ditemukan di perairan Taman Nasional Karimunjawa, khususnya di pantai sebelah barat Pulau Kemujan. Wicaksono dan Widianingsih (2012), menemukan 8 jenis lamun di Taman Nasional Karimunjawa antara lain *C. rotundata*, *C. serulata*, *T. hemprichii*, *E. acoroides*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. ovalis* dan *S. isoetifolium*. Penghitungan keberadaan luasan lamun dilakukan oleh LIPI melalui analisis citra satelit Landsat ETM+, Landsat 8 OLI, SPOT-5 yang diverifikasi di 22 lokasi monitoring lamun di Indonesia, juga mengumpulkan data yang dihasilkan dari instansi, seperti Badan Informasi Geospasial (BIG), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dan juga The Nature Conservancy. Luasan lamun Indonesia adalah 150.693,16 ha yang tersebar di Tapanuli Tengah, Nias Utara, Bintan, Lingga, Batam, Bangka, Belitung, Teluk Hurun, Lampung, Teluk Banten, Kepulauan Seribu, Jepara, Lombok, Lombok Timur, Pengerungan, Sikka, Laut Sawu, Anambas, Natuna, Kuala Bontang, Derawan, Kapoposang, Makassar, Minahasa, Kendari, Wakatobi, Selayar, Pangkep, Ternate, Batavia, Raja Ampat, Sulawesi, Kotania, Ambon, Laut Banda, Manokwari, Padaido, Teluk, Youtefa, dan Aru (Sjafrie *et al.*, 2018).

Lamun dapat tumbuh hampir pada semua tipe substrat, mulai dari substrat berlumpur, pasir berlumpur, pasir, dan pecahan karang (Sjafrie *et al.*, 2018). Lamun dapat tumbuh di daerah pesisir dan lingkungan laut wilayah tropis dan ughari, kecuali pantai perairan kutub karena banyak tertutup es. Lamun tumbuh mulai dari wilayah intertidal sampai kedalaman lebih kurang 90 m (Duarte, 1990). Di perairan Indonesia lamun umumnya tumbuh di daerah pasang surut dan sekitar pulau-pulau karang (Nienhuis *et al.*, 1989). Lamun umumnya membentuk padang luas di dasar laut, hidup di perairan dangkal dan jernih pada kedalaman 2-12 m dengan

sirkulasi air yang baik. Lamun juga dapat tumbuh di daerah muara/estuaria bersalinitas cukup tinggi dan selalu tergenang air pada saat surut atau daerah pasut terendah sampai subtidal di kedalaman sampai 40 m selama masih ada sinar matahari (Sjafrie *et al.*, 2018).

2.1.3 Fungsi Ekologi Lamun

Lamun memiliki produksi tinggi dan peran kunci penting dalam ekosistem pesisir. Ekosistem lamun berfungsi sebagai penghasil bahan organik, habitat berbagai hewan laut, substrat bagi banyak biota menempel, kawasan perlindungan bagi larva ikan dan biota laut, lamun juga menjadi substrat bagi mikroalgae epifit dan benthos epifauna (Ngongiraa *et al.*, 2014). Berbagai jenis ikan menjadikan daerah padang lamun sebagai daerah mencari makan (*feeding ground*), pengasuhan larva (*nursery ground*), tempat memijah (*spawning ground*) (Graha, 2015). Ekosistem lamun sebagai penyokong produksi perikanan, sebagai habitat dari berbagai jenis biota laut dengan keanekaragaman jenis yang tinggi termasuk biota yang dilindungi, seperti penyu (Chelonioidea) dan dugong (Kopalit, 2011).

Ekosistem lamun mempunyai fungsi sebagai perangkap sedimen (*sediment trap*), karena memperlambat arus sepanjang pantai. Vegetasi lamun yang lebat dapat meredam gerakan air yang disebabkan oleh arus dan gelombang, sehingga menyebabkan perairan di sekitarnya menjadi lebih tenang (Hutomo dan Azkab, 1987). Sedimen yang terkikis di pantai atau yang terbawa oleh arus dapat terangkut dan disebarkan oleh arus dan gelombang di laut, kemudian dihambat oleh ekosistem lamun terutama oleh daun yang lebar dan panjang sehingga sedimen terkumpul di ekosistem lamun.

2.1.4 Adaptasi Lamun

Eksistensi lamun di laut merupakan hasil dari berbagai macam adaptasi yang dilakukan. Adaptasi yang dilakukan termasuk toleransi terhadap kadar garam yang tinggi. Perubahan yang signifikan dari salinitas di perairan dapat berdampak buruk bagi ekosistem padang lamun. Touchette (2007) menyatakan bahwa kondisi

hiperosmotik atau hipoosmotik mengakibatkan pengurangan kegiatan fotosintesis pada lamun. Meskipun begitu, tiap spesies lamun memiliki kemampuan toleransi yang berbeda satu sama lain terhadap salinitas. Selama tahap adaptasi di lingkungan laut, lamun kemungkinan telah mengalami kehilangan atau kekurangan beberapa gen dan modifikasi di bagian tubuhnya, seperti dinding sel. Dinding sel lamun merupakan hasil kombinasi dari struktur polisakarida yang dimiliki makroalga dan tanaman berbunga darat. Dinding sel lamun yang kaku dapat membatasi jumlah air yang masuk selama tekanan hipoosmotik terjadi. Selain itu, kandungan karbohidrat pada lamun dapat membantu lamun beradaptasi di lingkungan bersalinitas dengan cara mengkonversi karbohidrat menjadi senyawa organik lain yang lebih memudahkan dalam penyesuaian osmotik lamun (Azkab, 2000)

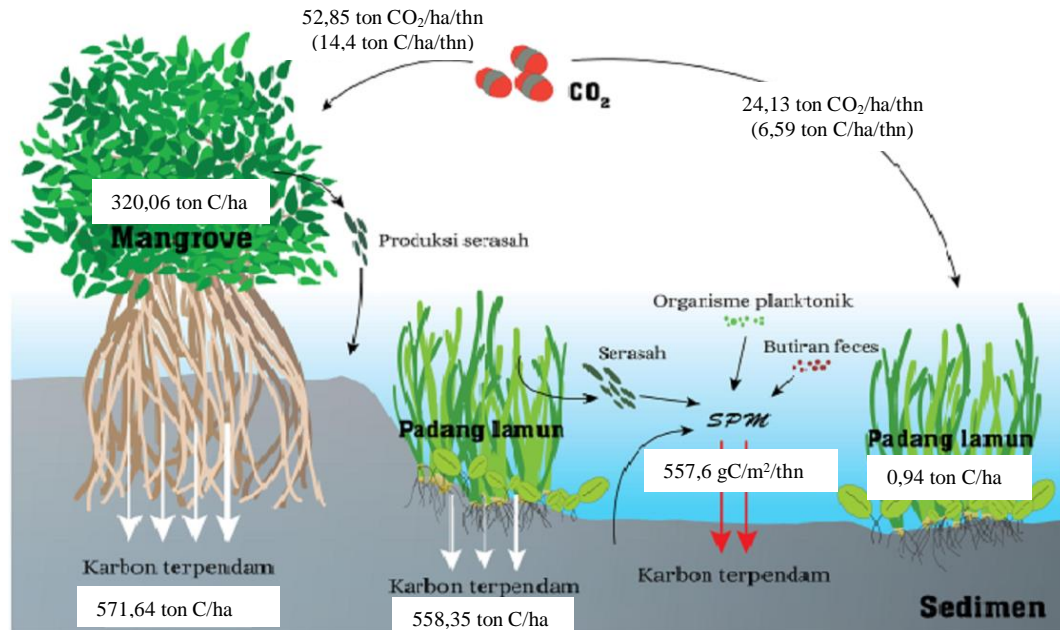
Salah satu hal yang paling penting dalam adaptasi reproduksi lamun adalah *hydrophilus*, yaitu kemampuannya untuk melakukan polinasi di bawah air. Komunitas intertidal, termasuk lamun, mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan yang ekstrim. Kemampuan menancapkan akar pada berbagai jenis substrat dan kemampuan untuk tumbuh dan melakukan reproduksi pada saat terbenam. Salah satu contoh adaptasi lamun untuk tetap bertahan di lingkungannya yaitu memiliki akar rimpang (rhizoma) yang bertujuan untuk lamun agar tetap bertahan meskipun dalam keadaan arus yang kencang dan adanya pasang surut air laut (Tangke, 2010).

Pada kondisi surut, maka organisme di zona intertidal mempunyai adaptasi khusus terhadap kondisi kekeringan, baik melalui adaptasi morfologi maupun fisiologinya. Bjork *et al.* (1999), mengemukakan bahwa kemampuan menoleransi kondisi kekeringan sangat terkait dengan karakter morfologis yang bisa meminimumkan tekanan kekeringan, serta daun lamun yang tebal dan memiliki dinding sel dapat membuat lamun menyimpan air dan tahan akan kekeringan. Keberadaan beberapa jenis lamun berukuran besar lainnya di daerah intertidal berkaitan dengan kemampuannya menoleransi kondisi kekeringan. Hal ini juga didukung oleh Tanaka dan Nakaoka (2004) yang menemukan bahwa laju kehilangan air pada bagian daun *C. rotundata* dan *C. serrulata* jauh lebih cepat dari pada *T. hemprichii*, dan menunjukkan bahwa kedua jenis ini rentan terhadap tekanan kekeringan.

2.2 Lamun sebagai Penyerap Karbon

Siklus karbon yang terjadi di laut diketahui mampu menyerap sekitar 55% karbon di atmosfer (Kawaroe, 2009). Kemampuan ekosistem pesisir yang sangat besar diyakini mampu menjadi penyeimbang bersama dengan hutan tropis (*green karbon*) untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer (Larkum *et al.*, 2006). Karbon yang diserap melalui proses fotosintesis berasal dari atmosfer yang kemudian terlarut di laut dan disimpan dalam bentuk DIC (*dissolved inorganic carbon*) (UNEP, 2009). Ekosistem lamun dapat menyimpan sebanyak 83.000 metrik ton karbon dalam setiap kilometer persegi dan mengendapkannya dalam jaringan bagian lamun atau sedimen dalam waktu yang cukup lama. Lamun berkontribusi terhadap penyerapan karbon melalui proses fotosintesis yang kemudian disimpan dalam bentuk biomassa pada bagian daun, rhizoma, dan akar (Ganefiani *et al.*, 2019).

Jenis dan luasan lamun juga berpengaruh pada jumlah karbon dioksida yang mampu diserap oleh suatu ekosistem dalam kurun waktu tertentu. Penyerapan karbon sesuai dengan siklus karbon terdiri dari peningkatan jumlah karbon terserap pada materi organik (vegetasi) dan penimbunan karbon (*carbon burial*) pada sedimen dan tanah. Proses penyerapan ini terkait dengan proses alamiah, seperti fotosintesis, jaring makanan, *carbon sink* oleh perairan, dan penyimpanan karbon dalam sedimen. Usaha meningkatkan penyerapan karbon dalam konteks proses alamiah siklus karbon dilakukan dengan mempertahankan dan meningkatkan layanan ekosistem vegetasi pesisir (Wahyudi *et al.*, 2018). Siklus karbon pesisir tersaji pada Gambar 8.



Gambar 8. Siklus karbon pesisir.

Sumber: Wahyudi *et al.* (2018).

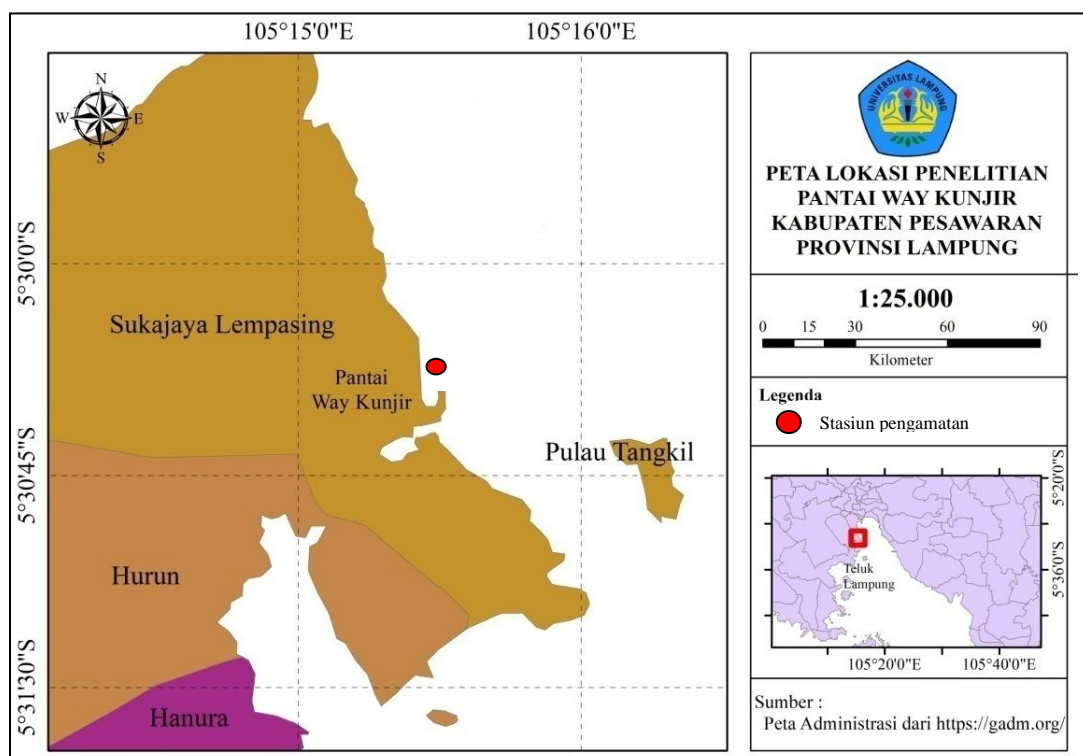
Wilayah pesisir Indonesia memiliki luas area padang lamun sekitar 150.693,16 ha. Lamun menyerap karbon dioksida di atmosfer sebesar 24,13 ton CO₂/ha/thn (6,59 ton C/ha/thn), kemudian lamun menyimpan karbon dalam bentuk biomassa sebesar 0,94 ton C/ha, karbon terpendam dalam sedimen lamun sebesar 558,35 ton C/ha, lalu karbon yang berasal dari serasah lamun, butiran feces hewan yang berhabitat di lamun, dan organisme planktonik menyimpan karbon sebesar 557,6 gC/m²/thn (Wahyudi *et al.*, 2018).

Menurut Beer *et al.* (2002) dalam melakukan fotosintesis lamun memanfaatkan karbon inorganik di kolom air sehingga lamun dapat mereduksi CO₂. Hal ini menunjukkan ekosistem lamun berperan dalam menenggelamkan (*sink*) CO₂ dari atmosfer ke laut, kemudian hasil fotosintesis oleh lamun digunakan untuk pertumbuhan dan disimpan dalam bentuk biomassa. Setelah lamun mati, lamun akan mengalami pelapukan. Hasil pelapukan tersebut membentuk humus dan akan digunakan kembali sebagai sumber energi bagi lamun (Foth, 1998).

III. METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - Oktober 2022. Lokasi penelitian di perairan pantai Way Kunjir, Desa Sukajaya Lempasing, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pengamatan data dilakukan pada 3 stasiun pengamatan yang terdiri dari, stasiun 1 terletak pada koordinat $5^{\circ}5'07''$ LS dan $105^{\circ}25'76''$ BT, stasiun 2 $5^{\circ}50'75''$ LS dan $105^{\circ}25'79''$ BT, stasiun 3 $5^{\circ}50'53''$ LS dan $105^{\circ}25'73''$ BT. Peta lokasi penelitian disajikan pada gambar 9.



Gambar 9. Peta lokasi penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari peralatan untuk kegiatan pengambilan data dan sampel, serta alat untuk analisis laboratorium. Bahan-bahan dalam penelitian ini akan digunakan untuk analisis karbon pada lamun dan sedimen. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	<i>Sieve shaker</i>	<i>RETSCH</i>	Alat pengayak sedimen.
2	Transek kuadran	Ukuran 1 x 1 m ²	Untuk pengamatan lamun.
3	GPS	<i>Garmin map 76</i>	Koordinat.
4	<i>Core sampler</i>	<i>PVC Rucika</i>	Mengambil sedimen.
5	Plastik zip	Plastik zipper	Tempat sampel.
6	Tali rafia	<i>SWAN</i>	Transek kuadran.
7	Oven	<i>EYELA NDO-400</i>	Mengurangi kadar air sampel.
8	<i>Roll meter</i>	<i>ATS</i>	Garis transek.
9	Patok	Besi 10 cm	Penyangga garis transek.
10	Alat tulis	<i>SIDU (A4), 2B, dan Joyko</i>	Menulis data penelitian.
11	Kamera digital	Samsung A10s	Dokumentasi.
12	ADS	<i>AMSCUD</i>	Alat bantu pengamatan.
13	<i>Secchi disk</i>	<i>PVC Rucika</i> dan triplek	Kedalaman dan kecerahan.
14	Laptop	<i>LENOVO X230</i>	Menganalisis data.
15	Timbangan gantung	<i>WH-A08</i>	Mengukur berat basah.
16	Timbangan digital	<i>ARD_TBG 1</i>	Mengukur berat kering.
17	Perangkat lunak	<i>Ms. Excel 2007</i>	Mengolah data.
18	Perangkat lunak	<i>Arc Map 10.3</i>	Membuat peta lokasi.
19	Cawan porselen	Porselen krusibel 50 ml	Menghaluskan sampel.
20	Neraca analitik	Joanlab	Menimbang sampel.
21	Oven listrik	<i>Memmert uf 55</i>	Mengeringkan sampel.
22	Desikator	<i>Desiccator 150 mm w/ stopcock</i>	Menghilangkan kadar air sampel.
23	Tanur	<i>Ceramic muffle furnace 7 L</i>	Membakar sampel.
24	Spektrofotometer	<i>Spektrofotometer Da-X 100</i>	Mengukur nilai absorbansi.
25	Labu ukur	<i>Labu ukur 100 ml</i>	Mengencerkan zat pereaksi.
26	GPS	<i>Garmin map 78 s</i>	Menunjukkan titik koordinat.
No	Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
1	Asam sulfat pekat	asam sulfat pekat	Larutan katalis mempercepat reaksi.
2	Kalium dikromat	kalium dikromat 1 N	Larutan oksidator C-organik sedimen.
3	Larutan standar	larutan standar 5.000 ppm	Sebagai larutan pereaksi sedimen.
4	Aquades	Aquades 100 ml	Mengencerkan larutan pereaksi.

3.3 Prosedur Penelitian

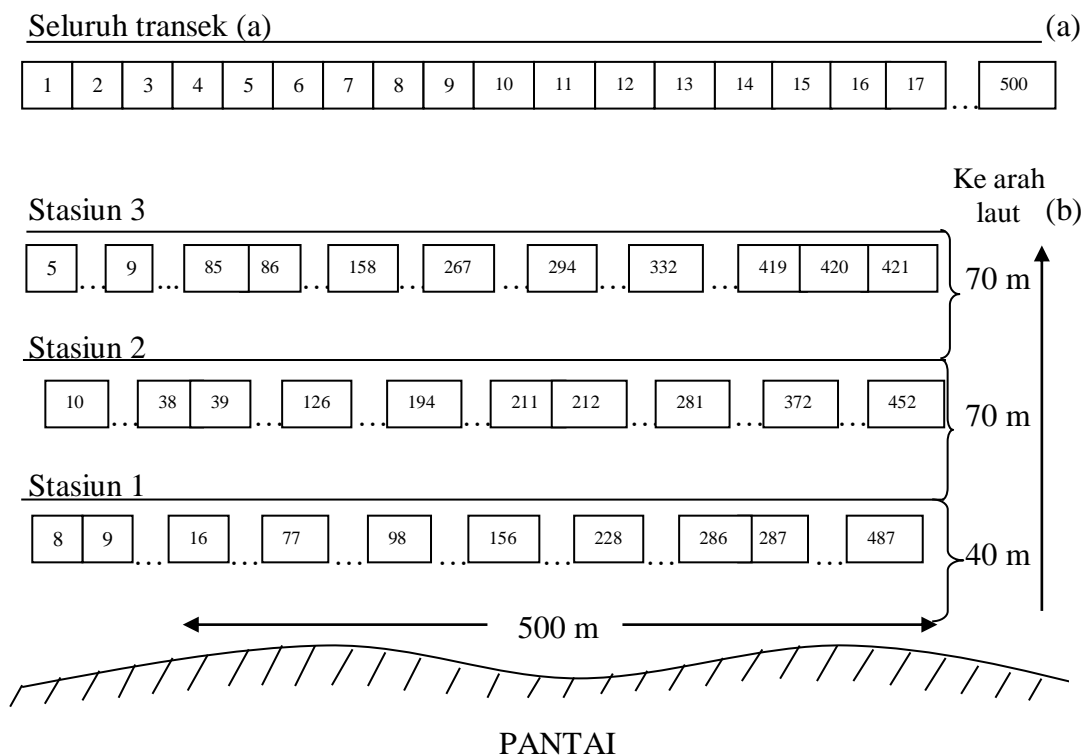
3.3.1 Penentuan Lokasi Pengamatan dan Pengambilan Sampel

Lokasi pengamatan dan pengambilan data ditentukan berdasarkan luasan daerah pantai yang ditumbuhi lamun, yaitu pada daerah dengan panjang ± 500 m sejajar pantai dan lebar ke arah laut sejauh ± 250 m. Titik pengamatan dan pengambilan

sampel ditempatkan mulai dari yang berada di dekat pantai dan menjauh ke arah laut sesuai jarak yang ditentukan. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan adanya perbedaan kedalaman.

3.3.2 Penempatan Transek Kuadran

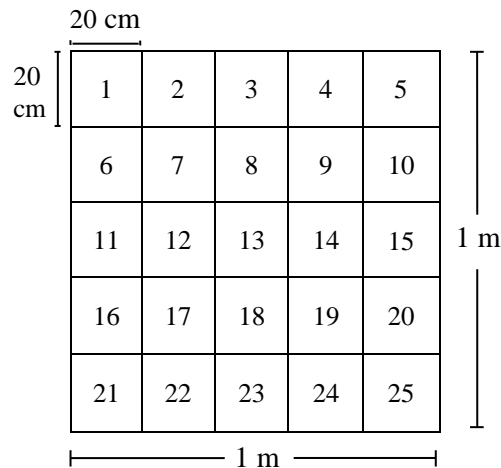
Titik pengamatan dibagi menjadi 3 substasiun (transek garis) yang ditempatkan sejajar garis pantai ke arah laut. Substasiun 1 ditempatkan pada jarak 40 m dari garis pantai, sedangkan substasiun 2 berjarak 70 m dari transek garis pertama dan substasiun 3 juga berjarak 70 m dari transek garis kedua. Masing-masing transek garis pada ketiga substasiun dibagi ke dalam 500 plot pengamatan, dari 500 plot pengamatan di setiap stasiun dipilih 50 plot secara acak. Pengamatan dilakukan pada setiap plot terpilih dengan metode transek kuadran $1 \times 1 \text{ m}^2$, skema peletakan kuadran mengacu pada Rahmawati *et al.* (2014). Skema pembagian plot disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pembagian lokasi pengamatan garis lurus adalah transek garis sepanjang 500 m sejajar pantai.

Keterangan: (a) penomoran plot keseluruhan untuk pengamatan, (b) nomor plot terpilih setelah pengacakan pada setiap stasiun.

Plot pengamatan berupa transek kuadran berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$, dibagi menjadi 25 subplot berukuran $20 \times 20 \text{ cm}^2$ menggunakan tali sebagai penandanya. Pembagian ini dilakukan untuk mempermudah pengamatan dalam menghitung jumlah tegakan dan persen tutupan lamun. Skema transek kuadran yang dibagi menjadi 25 subkuadran disajikan pada gambar 11.



Gambar 11. Transek kuadran berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dibagi menjadi 25 kuadran berukuran $20 \times 20 \text{ cm}^2$.

3.3.3 Parameter yang diamati

Parameter yang diamati pada setiap plot pengamatan antara lain:

- a) jenis lamun diamati berdasarkan morfologi lamun yang ditemui, kemudian didokumentasi dan dicocokkan dengan buku indentifikasi lamun;
- b) jumlah tegakan dihitung pada setiap plot berdasarkan jenisnya;
- c) tutupan lamun dihitung pada setiap subplot dengan mencatat subplot yang terisi dan subplot yang tidak terisi lamun; dan
- d) parameter kualitas air diukur secara *insitu* pada setiap titik stasiun. Parameter kualitas air yang diukur meliputi kedalaman, salinitas, pH, kecepatan arus, kecerahan, DO (*dissolved oxygen*) dan kemiringan pantai. Pengambilan data parameter kualitas air terlampir pada Lampiran 3, menggunakan alat sebagai berikut:
 - Kedalaman diukur dengan menggunakan tali berskala yang diberi pemberat.
 - Salinitas diukur menggunakan refraktometer.
 - Derajat keasaman (pH) diukur dengan menggunakan pH meter.

- Kecepatan arus diukur dengan menggunakan alat *current meter*.
- Kecerahan perairan diukur dengan menggunakan *secchi disc*.
- DO dan suhu air laut diukur dengan menggunakan alat DO meter.
- Kemiringan pantai diukur dengan menggunakan tongkat kayu berskala dan *roll meter*.

3.3.5 Pengambilan Sampel Lamun dan Sedimen

Sampel lamun dan sedimen diambil untuk dianalisis di laboratorium. Analisis sampel lamun dilakukan untuk menentukan kandungan karbon. Sedimen dianalisis kandungan karbon dan fraksi sedimen. Pengambilan sampel dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1) Pengambilan sampel lamun

Pengambilan sampel lamun pada penelitian mengacu pada Ghani (2021), dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) sampel lamun diambil dari akar hingga daun dengan mengambil 1 individu lamun per jenis pada setiap stasiun;
- b) sampel lamun dibersihkan, kemudian dimasukkan ke dalam plastik *zip* yang berisi air laut; dan
- c) sampel lamun dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis karbon.

2) Pengambilan sampel sedimen

- a) sampel sedimen diambil secara acak sebanyak 1 kali pada setiap stasiun;
- b) sampel sedimen diambil dengan *core sampler* berukuran tinggi 30 cm dan diameter 7,5 cm;
- c) sampel sedimen kemudian dipotong menjadi 3 bagian masing-masing 10 cm, untuk analisis karbon diambil bagian 10 cm paling atas, sedangkan untuk fraksi sedimen diambil 30 cm; dan
- d) sampel dimasukkan ke dalam plastik *zip* kemudian dibawa ke laboratorium.

3.4 Analisis Sampel

3.4.1 Pengukuran Kandungan Karbon Lamun

Pengukuran nilai kandungan karbon lamun mengacu pada SNI 7763: 2018, menggunakan metode pengabuan, dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Penentuan kadar air
 - a) sampel lamun ditimbang sebanyak 10–12 g, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin bertutup yang sudah diketahui bobotnya;
 - b) sampel dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan selama 16 jam pada suhu 105°C;
 - c) sampel yang sudah kering didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang untuk menentukan kadar air dan berat kering sampel untuk perhitungan biomassa; dan
- 2) Penentuan karbon organik
 - a) sampel dari proses nomor (1) dimasukkan ke dalam tanur listrik;
 - b) sampel diabukan, mula-mula pada suhu 300°C selama 1,5 jam dan setelah itu diabukan kembali pada suhu 550 – 600°C selama 2,5 jam atau lebih hingga benar-benar menjadi abu;
 - c) setelah pengabuan (\pm 4 jam) di dalam tanur dimatikan, kemudian tanur dimatikan dan sampel dibiarkan berada di dalamnya hingga dingin; dan
 - d) setelah dingin, sampel didesikasi menggunakan desikator untuk kemudian ditimbang.

3.4.2 Pengukuran untuk Fraksi Sedimen

Fraksi sedimen ditentukan dengan metode ayakan bertingkat (Triapriyasen *et al.*, 2016) dengan tahapan yaitu:

- 1) sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 24 jam;
- 2) sampel yang sudah kering dihaluskan; dan
- 3) sampel diayak pada pan *sieve shaker* untuk diklasifikasikan ukuran butir sedimennya.

3.4.3 Pengukuran Konsentrasi C-Organik Sedimen

Pengukuran C-organik pada lamun dan tanah/sedimen dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometer (Eviati dan Sulaeman, 2009). Tahapan pengukuran C-organik adalah sebagai berikut:

- 1) Pembuatan larutan pereaksi:
 - a) $K_2Cr_2O_7$ (kalium dikromat) sebanyak 98,1 g dilarutkan dengan 600 mL akuades dalam gelas piala, sebanyak 100 mL H_2SO_4 (asam sulfat pekat) ditambahkan kelarutan tersebut, kemudian dipanaskan hingga larut sempurna; dan
 - b) larutan didinginkan, kemudian larutan diencerkan dengan menambahkan 100 mL akuades. Pengenceran dilakukan pada wadah labu ukur dengan volume 1 L.

- 2) Pembuatan larutan standar:
 - a) glukosa p.a. sebanyak 12,510 g dimasukkan ke dalam labu ukur dengan volume 1 L; dan
 - b) akuades ditambahkan sebanyak 100 mL untuk melarutkan glukosa dan mendapatkan konsentrasi larutan standar sebesar 5.000 ppm.

- 3) Setelah diperoleh larutan pereaksi:
 - 1) sampel sedimen ditimbang 0,500 g, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dan ditambahkan 5 mL $K_2Cr_2O_7$ 1 N, kemudian dihomogenkan dengan cara dikocok;
 - 2) H_2SO_4 pekat sebanyak 7,5 mL ditambahkan ke dalam labu ukur kemudian dikocok dan setelah homogen didiamkan selama 30 menit, diencerkan dengan akuades, lalu dibiarkan hingga dingin;
 - 3) setelah 24 jam diambil larutan paling atas (larutan jernih), dimasukkan ke dalam kuvet untuk dihitung nilai absorbansi larutan jernih dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm; dan
 - 4) nilai absorbansi dihitung dengan cara diatur panjang gelombang cahaya menjadi 561 nm untuk menganalisis sampel, kalibrasi spektrofotometer dengan larutan blank, lalu keluarkan blank dan uji hasil kalibrasi spektrofotometer, kemudian ukur absorbansi sampel.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Struktur Vegetasi Lamun

1. Kerapatan jenis lamun dihitung dari data jumlah tegakan yang diperoleh dari pengamatan, perhitungan menggunakan persamaan (1) menurut Fachrul (2007) pada penentuan kelas kerapatan mengacu pada Braun-Blanquet, (1965) pada Tabel 2. Nilai kerapatan jenis dari persamaan (1) digunakan untuk menghitung nilai kerapatan relatif pada persamaan (2).

$$Di = \frac{ni}{A} \dots\dots\dots(1)$$

$$RD_i = \frac{ni}{\sum n} \times 100 \% \dots\dots\dots(2)$$

keterangan:

- Di = kerapatan jenis (tegakan/m²)
 ni = jumlah individu (tegakan) ke -i dalam transek kuadran
 A = luas area sampling (m²)
 RD_i = kerapatan relatif
 Σn = jumlah total individu seluruh jenis

Tabel 2. Kelas kerapatan jenis lamun

Skala	Kerapatan jenis (ind/m ²)	Kondisi
5	>175	Sangat rapat
4	>125-175	Rapat
3	>75-125	Agak rapat
2	>25-75	Jarang
1	<25	Sangat jarang

2. Frekuensi jenis dihitung dengan menggunakan data lamun yang ditemukan di setiap transek kuadran dibagi dengan jumlah transek kuadran pengamatan. Menurut Fachrul (2007), frekuensi jenis dihitung dengan menggunakan persamaan (3), dan frekuensi relatif dihitung dengan persamaan (4).

$$Fi = \frac{Pi}{\sum P} \dots\dots\dots(3)$$

$$RFi = \frac{Fi}{\sum F} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

keterangan:

F_i = frekuensi jenis

P_i = jumlah transek kuadran dimana ditemukan spesies i

Σp = jumlah total transek kuadran yang diamati

RF_i = frekuensi relatif

ΣF = jumlah frekuensi semua jenis

3. Penutupan jenis dihitung dengan mengalikan titik tengah kehadiran lamun dengan jumlah subplot terisi lamun kemudian dibagi dengan jumlah seluruh kehadiran lamun. Penutupan jenis lamun menurut KLH (2004) dapat dihitung menggunakan persamaan (5), dan penutupan relatif dihitung dengan persamaan (6).

$$C_i = \frac{\Sigma (M_i \times f_i)}{\Sigma F} \dots\dots\dots(5)$$

$$RC_i = \frac{C_i}{\Sigma C} \times 100 \% \dots\dots\dots(6)$$

keterangan:

C_i = penutupan jenis lamun i (%)

M_i = persentase titik tengah kehadiran jenis lamun i

f_i = banyaknya subplot dimana kelas kehadiran jenis lamun ke- i

ΣF = jumlah seluruh kehadiran dari lamun ke- i

RC_i = tutupan relatif jenis

ΣC = luas total area tutupan untuk seluruh jenis

Penutupan lamun (M_1) ditentukan berdasarkan kriteria KLH (2004) (Tabel 3) dan kondisi lamun ditentukan berdasarkan kriteria KLH (2004) yang tersaji pada tabel (4).

Tabel 3. Kriteria penutupan lamun

Kelas	Luas area penutupan	Penutupan area (%)	Titik tengah (M) (%)
5	1/2 - penuh	50 – 100	75
4	1/4 – 1/2	25 – 50	37,5
3	1/8 – 1/4	12,5 - 25	18,75
2	< 1/16-1/8	6,25 – 12,5	9,38
1	< 1/16	< 6,25	3,13
0	Tidak Ada	0	0

Tabel 4. Kriteria kondisi padang lamun berdasarkan persentase tutupan

Skala	Persentase tutupan (%)	Kondisi
1	≥ 60	Kaya/sehat
2	30-59,9	Kurang kaya/kurang sehat
3	$\leq 29,9$	Miskin

4. Indeks nilai penting (INP) dihitung dengan menjumlahkan kerapatan relatif, frekuensi relatif dan penutupan relatif. Menurut Fachrul (2007) INP dihitung dengan persamaan (7).

$$INP = RDi + RFi + RCi \dots\dots\dots(7)$$

keterangan:

RDi = kerapatan relatif

RFi = frekuensi relatif

RCi = penutupan relatif

Indeks nilai penting suatu jenis berkisar antara 0-300. Nilai penting tersebut memberikan gambaran tentang peranan suatu jenis lamun dalam ekosistem dan dapat juga digunakan untuk mengetahui dominansi suatu spesies dalam komunitas (Bengen, 2000).

3.5.2 Karbon Lamun

Hubungan antara kerapatan dan biomassa lamun digunakan untuk memprediksi biomassa lamun pada semua titik sampling kerapatan. Biomassa (g/m^2) dapat dihitung dengan persamaan (8) (Azkab, 1999):

$$B = W \times D \dots\dots\dots(8)$$

keterangan:

B = biomassa lamun (g/m^2)

W = berat kering (g)

D = kerapatan lamun (ind/m^2)

Selain biomassa, juga dihitung kadar air (persamaan 9) dan kadar abu (persamaan 10) yang mengacu pada SNI 7763:2018 sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_1}{w_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{w_{1i}}{w_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(10)$$

keterangan:

- W_1 = berat sampel setelah dikeringkan (g);
 W_0 = berat awal sampel (g).
 W_{1i} = berat abu (g);

Dari persamaan (9) dan (10) kemudian ditentukan kadar bahan organik (persamaan 11) dan persentase kadar organik (persamaan 12).

$$\text{Kadar bahan organik (\%)} = 100 \% - (\% \text{ kadar air} + \% \text{ kadar abu}) \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{Persentase kadar organik (\%C)} = \% \text{ kadar bahan organik} \times 0,58 \times \text{fk} \dots\dots(12)$$

keterangan:

- 0,58 = faktor konversi bahan organik ke C-organik;
 fk = faktor koreksi kadar air.

Nilai % karbon yang diperoleh dari persamaan (12) dan biomassa dari persamaan (8), kemudian dihitung simpanan karbon setiap kuadran (C_i) (persamaan 13).

$$\text{Simpanan Karbon } (C_i) \text{ (g C/m}^2\text{)} = (\% \text{ C} \times B) / 100 \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

- $\% \text{ C}$ = persentase kadar karbon
 B = biomassa spesies (g/m²)

Total stok karbon lamun dihitung berdasarkan hasil dari persamaan (13) yang dijumlahkan pada persamaan (14) (Sulaeman *et al.*, 2005).

$$C_t = \sum (L_i \times C_i) \dots\dots\dots(14)$$

keterangan:

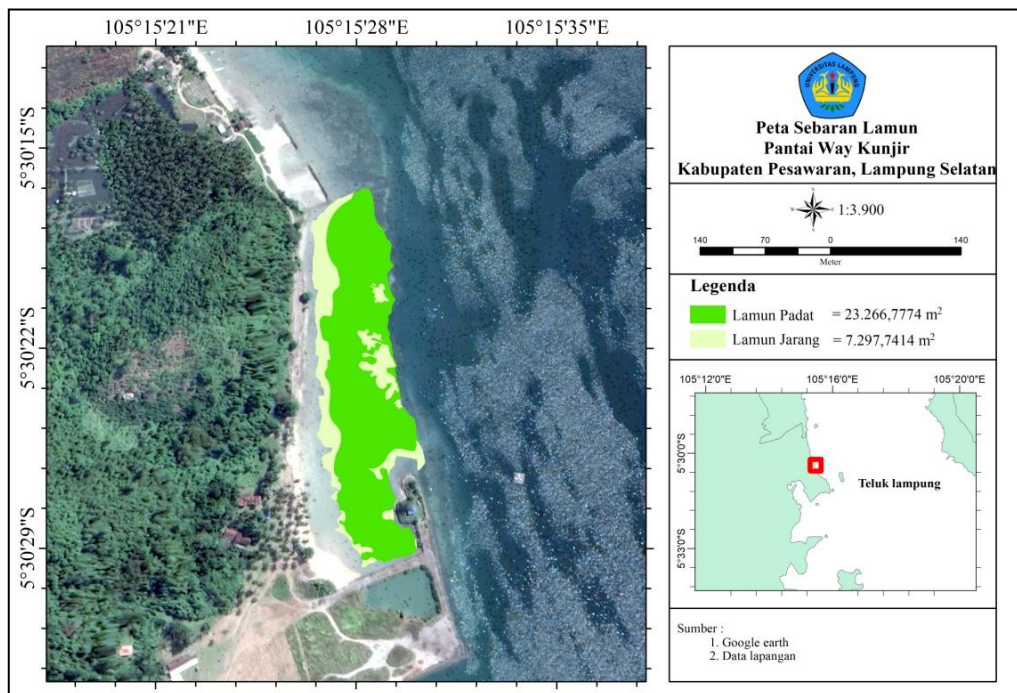
Ct = karbon total (ton)

Li = luas padang lamun kategori kelas i (m²)

Ci = rata-rata stok karbon lamun kategori kelas i (g/m²)

Luas padang lamun (Li)

Luas padang lamun (Li) dihitung dari luas poligon peta kerapatan lamun (Gambar 12) dengan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.



Gambar 12. Peta sebaran lamun di perairan Way Kunjir

Tabel 5. Luasan lamun di perairan Way Kunjir

Kelas Kerapatan	Luas (m ²)
Luas Kerapatan Tinggi	23.266,78
Luas Kerapatan Rendah	7.297,74
Total	30.564,52 ≈ 3,01 ha

3.5.3 Fraksi Sedimen

Pengukuran fraksi sedimen dihitung berdasarkan berat sedimen yang tertinggal di setiap ukuran ayakan dengan persamaan (15) menurut Triapriyasen *et al.* (2016).

$$BA = (B_i/B_0) \times 100 \% \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

- B_A = fraksi sedimen ke i (%)
 B_i = berat sedimen yang tertinggal pada ukuran ayakan ke i (g)
 B_0 = berat total sedimen (g)
 i = ukuran ayakan: 510 mm (pasir kasar); 315 mm (pasir halus); 305 mm (debu kasar); 203 mm (debu halus); 200 mm (liat kasar); 100 mm (liat halus).

3.5.4 Karbon Sedimen

Perhitungan % C-organik dilakukan menggunakan persamaan (16) menurut Eviati dan Sulaeman (2009).

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar C-organik (\%)} &= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} / 1.000 \text{ ml} \times 100 / \text{mg contoh} \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times 100 / 1.000 \times 100 / 500 \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times 10 / 500 \times \text{fk} \dots\dots\dots(16)
 \end{aligned}$$

keterangan:

- ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko
 100 = konversi ke %
 1.000 ml = jumlah ekstrak keseluruhan
 Fk = faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

Hasil dari persamaan (16) didapatkan nilai % C-organik, selanjutnya digunakan untuk menghitung total karbon tersimpan di sedimen pada persamaan (17).

Perhitungan ini mengacu pada SNI 7724: 2011.

$$C_t = \% \text{ C-organik} \times \rho \times k_d \dots\dots\dots(17)$$

keterangan:

- C_t = karbon tersimpan di sedimen (g/cm^2)
 K_d = kedalaman sampel sedimen (cm)
 ρ = perbandingan dari berat kering (g) dan volume sampel (cm^3)

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kondisi tutupan lamun menunjukkan bahwa lamun berada pada kondisi miskin untuk stasiun 1 dan 3, sedangkan sehat untuk stasiun 2 dengan tingkat kerapatan setiap stasiun sangat jarang.
2. Simpanan karbon pada jenis yang berbeda memiliki simpanan karbon yang berbeda pula, paling tinggi yaitu lamun *E. acoroides* sebesar 31,34 g C/m² sedangkan lamun *T. hemprichii* sebesar 0,36 g C/m² dan *H. uninervis* sebesar 0,26 g C/m².
3. Simpanan karbon sedimen berbeda setiap stasiunnya, paling tinggi yaitu stasiun 2 sebesar 14,82 g C/m², kemudian stasiun 3 sebesar 11,37 g C/m², dan stasiun 1 sebesar 9,86 g C/m².

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh selama penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Mengingat pentingnya peran lamun dalam menyerap karbon maka perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kondisi ekosistem lamun agar menjadi lebih sehat.
2. Untuk mengetahui secara detail proses perubahan karbon di ekosistem lamun perlu dilakukan penelitian yang menghitung karbon terlarut di air, karbon pada batang, akar dan serasah, serta karbon di sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Amundson, R. 2001. The carbon budget in soil. *Journal Science*. 29: 535-562. Doi:10.1146/annurev.earth.29.1.535.
- Ariani, Sudhartono, Arief, Wahid dan Abdul. 2014. Biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Taming pada kawasan Taman Nasional Lore Lindu. *Jurnal Warta Rimba*. 2(1): 164-170.
- Azkab, M. H. 1999. Kecepatan Tumbuh dan Produksi Lamun dari Teluk Kuta Lombok. COREMAP CTI LIPI. Jakarta. 33 hlm.
- Azkab, M. H. 2000. Struktur dan fungsi pada ekosistem lamun. *Jurnal Oseana*. 25(3): 9-17.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI No: 7724: 2011 Tentang *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Jakarta. 16 hlm.
- Badan Standarisasi Nasional [BSN]. 2018. SNI No: 763: 2018 Tentang *Pupuk Organik Padat*. Jakarta. 29 hlm.
- Bagu, I. A., Hamidun, M. S., dan Baderan, D. W. K. 2019. Estimasi simpanan karbon lamun *E. acoroides* di kawasan Pantai Langala Dulupi Kabupaten Boalemo. *Jambura Edu Biosfer Journal*. 2(1): 13-21.
- Beer, S., Bjork, M., Hellblom, F., and Axelsson, L. 2002. Inorganic carbon utilization in marine angiosperms (*seagrass*). *Function Plant Biological*. 29(1): 349-354. Doi:10.1071/PP01185.
- Bengen, D. G. 2000. *Pedoman Teknis Pengenalan Dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB Press. Bogor. 58 hlm.
- Bengen, D. G. 2001. *Sinopi Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB Press. Bogor. 186 hlm.

- Bjork, M., Uku, J., Weil, A., and Beer, S. 1999. Photosynthetic tolerances to desiccation of tropical intertidal seagrasses. *Marine Ecology Progress Series*. 191(1): 121-126. Doi:10.3354/meps191121.
- Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*. Hafner. London. 7 hlm.
- Collier, C. J., and Waycott, M. 2014. Temperature extremes reduce seagrass growth and induce mortality. *Marine pollution bulletin*. 83(2): 483-490. Doi:10.1016/j.marpolbul.2014.03.050.
- Duarte, C. M. 1990. Seagrass nutrient content. *Marine Ecology Progress Series*. 67: 201-207. Doi:10.3354/meps067201.
- Duarte, C. M., Dennison, W. C., Orth, R. J. W., and Carruthers, T. J. B. 2008. The charisma of coastal ecosystems: addressing the imbalance estuaries and coasts. *Journal Coastal Education and Research Foundation*. 3(1): 233-238. Doi:10.1007/s12237-008-9038-7.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 24 hlm.
- Fachrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta. 199 hlm.
- Foth, H. D. 1998. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Timur. Jakarta. 236 hlm.
- Ganefiani, A., Suryanti, S., dan Latifah, N. 2019. Potensi padang lamun sebagai penyerap karbon di perairan Pulau Karimunjawa, Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Fisheries Science and Technology*. 14(2): 115. Doi:10.1471-0/ijfst.14.2.115-122.
- Graha, Y. I. 2015. Simpanan karbon padang lamun di kawasan Pantai Sanur, Kota Denpasar. *Journal Ecotrophic*. 10(1): 46-53. Doi:10.24843/EJES.2016.v10.-i01.p08.
- Hartati, R., Pratikto, I. dan Pratiwi, T. N. 2017. Biomassa dan estimasi simpanan karbon pada ekosistem padang lamun di Pulau Menjangan Kecil dan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 17(4): 217-225. Doi:10.14710/buloma.v6i1.15746.
- Hemminga, M. A. and Duarte, C. M. 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge, Cambridge University Press. 200 hlm.
- Hidayah, A. N. K. R., Ario, R., dan Riniatsih, I. 2019. Studi struktur komunitas padang lamun di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa. *Journal of Marine Research*. 8(1): 107-116. Doi:10.14710/jmr.v8i1.24335.

- Hutomo, M., dan Azkab, M. H. 1987. Perairan lamun di lingkungan laut dangkal. *Jurnal Oseana*. 12(1): 1-10.
- Hutomo, M. 2009. Pengelolaan Ekosistem Lamun. [*Prosiding*] *Seminar Nasional*. IPB Press. Bogor. 224 hlm.
- Indriani, A. J., Wahyudi dan Yona, D. 2017. Cadangan karbon di area padang lamun pesisir Pulau Bintan, Kepulauan Riau. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 2(3): 1-11. Doi:10.14203/oldi.2017.v2i3.99.
- Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van Der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.). 2001. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report*. Cambridge University Press. New York. Pp 1031.
- Kawaroe, M. 2009. Perspektif Lamun Sebagai *Blue Carbon Sink* di Laut. IPB Press. Bogor. 12 hlm.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku: Air Laut Untuk Biota*. Jakarta. 10 hlm.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku: Kerusakan dan pedo-man status padang lamun*. Jakarta. 16 hlm.
- Kennedy, H., and Bjork, M. 2009. *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). Gland, Switzerland. Pp 23-30.
- Kopalit, H. 2011. Struktur komunitas padang lamun di Perairan Manokwari Papua Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 7(1): 9.
- Kuo, J. 2007. New Monoecious seagrass of *Halophilla* sp. Sulawesi (Hydrocharitaceae) from Indonesia. *Journal Aquatic Botany*. 87(1): 171-175. Doi:10.1016/j.aquabot.2007.04.006.
- Kuo J. J., and Den Hartog, C. 2006. *Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure in Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer Verlag. Netherlands. 209 hlm.
- Larkum, A. W. D., Orth, R. J., and Duarte, C. M. 2006. *Seagrass Biology, Ecology and Conservation*. Springer. Netherland. 692 hlm.
- Latuconsina, H., Sangadji, M. B. dan Sarfan, L. 2014. Struktur komunitas ikan padang lamun di Perairan Wael Teluk Kontania. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*. 6(0): 24-32. Doi:10.29239/j.agrikan.6.0.24-32.

- Mardiyanti, D. E., Wicaksono, K. P., dan Baskara, M. 2013. Dinamika keanekaragaman spesies tumbuhan pasca pertanaman padi. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 24-35.
- Marliana, I., Ahyadi, H., Candri, D. A., Rohyani, I. S., Tarigan, S. A. R., Trilestari, P. S., Aviandhika, A., dan Astuti, S. P. 2021. Estimasi simpanan karbon dan status kesehatan padang lamun di Pulau Kelapa Kabupaten Bima. *Bio-scientist : Jurnal Ilmiah Biologi*. 9(1): 72-85. Doi:10.33394/bjib.v9i1.3542.
- Mashoreng, S., Rani, C., Haris, A., Faizal, A., dan Yasir, I. 2018. Stok Karbon Pada Bagian Atas Sedimen Area Padang Lamun Di Halmahera Timur, Maluku Utara. [*Prosiding*] *Seminar Nasional UGM 15*. Maluku. Pp 6.
- Mashoreng, S., Selamat, M. B., Amri, K., dan Nafie, Y. A. L. 2018. Hubungan antara persen penutupan dan simpanan karbon lamun. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 3 (1): 74-83. Doi:10.24198/jaki.v3i1.23437.
- McKenzie, L. J., Campbell, S. J. and Roder, C. A. 2003. *Seagrass Watch: Manual for Mapping & Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen) volunteers*. 2nd Edition. QFS, NFC. Cairns. 100 hlm.
- McKenzie, L. J., and Yoshida, R. L. 2009. *SeagrassWatch: Proceeding of a Workshop for Monitoring Seagrass Habitats in Indonesia*. The Nature Conservancy. Coral Triangle Center. Cairns. 56 hlm.
- Nienhuis, P., Coosen, J., and Kiswara, W. 1989. Community structure and biomass distribution of seagrass and macrofauna in the Flores Sea, Indonesia. *Journal Neth of Sea Res*. 23(3): 197-214. Doi:10.1016/0077-7579(89)90014-8.
- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, M. C., Valdes, L., DeYoung, C., Fronseca, L., and Grimsditch, G. 2009. *Blue Carbon; A Rapid Response Assessment Edisi kedua*. United Nations Environment Programme. Arendal Norway. 80 hlm.
- Newmaster, A. F., Berg, K. J., Ragupathy, S., Palanisamy, M., Sambandan, K., and Newmaster, S. G., 2011. Local knowledge and conservation seagrass in the tamil nadu state of India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 7(1): 3. Doi:10.1186/1746-4269-7-37.
- Ngongiraa, K., Langoya, M. I. D., Katilia, D. Y., dan Maabuata, P. V. 2014. Keanekaragaman lamun di Pantai Tongkaina Kecamatan Bunaken Kota Manado. *Jurnal FMIPA Unsrat*. 3(1): 1-5. Doi:10.35799/jm.3.1.2014.3895.
- Pratiwi, T. N., Hartati, R., dan Praktiko, I. 2017. Biomassa dan estimasi simpanan karbon pada ekosistem padang lamun di Pulau Menjangan Kecil dan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*. 6(1): 74-81. Doi:10.14710/buloma.v6i1.15746.

- Rahayu, Y. P., Solihuddin, T., Kusumaningtyas, M. A., Ati, R. N. A., Salim, H., Rixen, T., and Hutahaean, A. A. 2019. The sources of organic matter in sea-grass sediments and their contribution to carbon stock in Spermonde Islands, Indonesia. *Journal Aquatic Geochemistry*. 25: 161-178. Doi:10.1007/s10498-019-09358-7.
- Rahmawati, S., Irawan, A., Supriyadi, I. H., dan Azkab, M. H. 2014. *Panduan Monitoring Padang Lamun*. COREMAP CTI LIPI. Jakarta. 35 hlm.
- Romadoni, N. V. 2021. Biomassa Dan Estimasi Simpanan Karbon Ekosistem Lamun Di Perairan Pantai Tunggul Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya. 67 hlm.
- Romimohtarto, K. 2005. *Biologi Laut, Ilmu Pengetahuan Tentang Biologi Laut Edisi Cetakan Kedua*. Djembatan. Jakarta. 540 hlm.
- Septian, A. E., Azizah, D., dan Apriadi, T. 2016. *Tingkat Kerapatan Dan Penutupan Lamun Di Perairan Desa Sebong Perih Kabupaten Bintan*. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjung Pinang. 15 hlm.
- Sjafrie, N. D. M., Hernawan, U. E., Prayudha, B., Supriyadi, I. H., Iswari, M. Y., Rahmat, A. K., Rahmawati, S., dan Suyarso. 2018. *Status Padang Lamun Indonesia*. COREMAP CTI LIPI. Jakarta. 50 hlm.
- Smith, P., Field, C. B., and Raupach, M. R. 2004. Engineered biological sinks on land. The global carbon cycle: integrating humans. *Climate and the natural world*. Island Press. Washington. 479-491 hlm.
- Soegianto A. 1994. *Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi Dan Komunitas*. Usaha Nasional. Surabaya. 130 hlm.
- Sulaeman, Suparto dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor. 143 hlm.
- Supriharyono. 2007. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Jogjakarta. 428 hlm.
- Syawal, A. M., Ira, dan Afu, L. O. A. 2019. Laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup lamun hasil transplantasi Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Sapa Laut*. 4(2): 69-77. Doi:10.33772/jsl.v4i2.8325.
- Tanaka, Y., and Nakaoka, M. 2004. Emergencstress and morphological constraints affect the species distribution and growth of subtropical intertidal seagrasses. *Marine Ecology Progress Series*. 284(1): 117-131. Doi:10.3354/meps284117.

- Tangke, U. 2010. Ekosistem padang lamun (manfaat, fungsi dan rehabilitasi). *Jurnal Agribisnis Perikanan*. 3(1): 9-29. Doi:10.29239/j.agrikan.3.1.9-29.
- Thomlinson, P. B. 1974. Vegetative morphology and meristem dependence - the Foundation of Productivity in seagrass. *Journal Aquaculture*. 4(1): 107-130. Doi:10.1016/0044-8486(74)90027-1.
- Tomasick, T., Mah, A. J., Nontji, A., and Moosa, M. K. 1997. *The Ecology Of The Indonesia Seas, Part One*. Periplus. Singapore. 656 hlm.
- Touchette, B. W. 2007. Seagrass-salinity interactions: physiological mechanisms used by submersed marine angiosperms for a life at sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 350: 194-215.
- Triapriyasen, A., Muslim, M., dan Suseno, H. 2016. Analisis jenis ukuran butir sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Journal of Oseanografi*. 5(3): 309-316.
- Tristanto, R, Putri, M. A., Situmorang, A. P., dan Suryanti. 2014. Optimalisasi pemanfaatan daun lamun *Thalassia hemprichii* sebagai sumber antioksidan alami. *Jurnal Saintek*. 10(1): 26-29.
- United Nation Environment Programme [UNEP]. 2009. *Resource Efficient and Cleaner Production*. <http://www.unep.fr/scp/cp/>. Diakses pada: 16 Desember 2014.
- Wagey, T. B. 2013. *Hilamun (Seagrass)*. UNSRAT Press. Manado. 12 hlm.
- Wahyudi, A. J., Rahmawati, S., Prayudha, B., Iskandar, M. R., and Arfianti, T. 2016. Vertical carbon flux of marine snow in *Enhalus acoroides* dominated seagrass meadows. *Regional Studies in Marine Science*. 5(1): 27-34. Doi:10.1016/j.rsma.2016.01.003.
- Wahyudi, A. J., Hardiyanto, A., Rahmawati, S., Wayan, I. E., Prayudha, D. B., Hanif, M. H., Prayitno, B., Kiswara, W., dan Indarto, H. 2018. *Potensi Cadangan dan Serapan Karbon Ekosistem Mangrove dan Padang Lamun Indonesia*. COREMAP CTI LIPI. Jakarta. 12 hlm.
- Wawo, M., Wardiatno, Y., Adrianto, L., dan Bengen, D. G. 2014. Carbon stored on seagrass community in marine nature tourism park of Kotania Bay, Western Seram, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 20(1): 51-57. Doi:10.7226/jtfm.20.1.51.
- Wicaksono, S. G., dan Widianingsih, S. T. H. 2012. Struktur vegetasi dan kerapatan jenis lamun di Perairan Kepulauan Karimunjawa Kabupaten Jepara. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 2(1):1-7.

- Wyatt and Smith, J. 1963. *Manual of Malayan Silvicultur Part I-II. Malayan Florest Record No 23*. Forest Research Institute of Malaysia. Kepong. 23 hlm.
- Yuniawati dan Suhartana, S. 2014. Potensi karbon pada limbah pemanenan kayu *Acacia crassicarpa* (carbon potential of Waste Timber Harvesting *Acacia crassicarpa*). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 12 (1): 21-31. Doi:10.14710/jil.12.1.2-1-31.
- Zulfikar, A., Hartoko, A. dan Hendrarto, B. 2016. Distribusi dan kandungan karbon pada lamun (*Enhalus acoroides*) di Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa berdasarkan citra satelit. *Management of Aquatic Resources*. 5(1):165–172. Doi:10.14710/marj.v5i4.14404.
- Zurba, N. 2018. *Pengenalan Padang Lamun Suatu Ekosistem Yang Terlupakan*. Unimal Press. Universitas Malikussaleh. 114 hlm.