

NABIL ZURBA

Pengenalan

PADANG LAMUN

Suatu Ekosistem yang Terlupakan

UNIMAL PRESS



PENGENALAN PADANG LAMUN

Suatu Ekosistem yang Terlupakan



universitas
MALIKUSSALEH

Nabil Zurba

**PENGENALAN
PADANG LAMUN**
Suatu Ekosistem yang Terlupakan

UNIMAL PRESS

Judul: **Pengenalan Padang Lamun, Suatu Ekosistem yang Terlupakan**
viii + 114 hal., 15 cm x 23 cm

Cetakan Pertama: September, 2018
Hak Cipta © dilindungi Undang-undang. *All Rights Reserved*

Penulis:
Nabil Zurba

Perancang Sampul dan Penata Letak:
Eriyanto

Pracetak dan Produksi:
Unimal Press

ISBN 978-602-464-041-5

Penerbit:

UNIMAL PRESS



Unimal Press
Jl. Sulawesi No.1-2
Kampus Bukit Indah Lhokseumawe 24351
PO.Box. 141. Telp. 0645-41373. Fax. 0645-44450
Laman: www.unimal.ac.id/unimalpress.
Email: unimalpress@gmail.com

ISBN: **978-602-464-041-5**

Dilarang keras memfotocopy atau memperbanyak sebahagian atau seluruh buku ini tanpa seizin tertulis dari Penerbit

Kata Pengantar

*Dengan Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
Apabila Buku ini Bermanfaat, Ya Allah Semoga Amal Kebaikan
Mengalir Kepada Kedua Orang Tua Hamba. Amin.*

Dengan rahmat Tuhan yang Maha Esa, penyusunan buku teks Pengenalan Padang Lamun, Suatu Ekosistem yang Terlupakan telah dapat diselesaikan. Penyusunan buku teks ini mempunyai tujuan utama, agar terciptanya pola pikir dan kesadaran kepada masyarakat pada umumnya tentang suatu ekosistem yang belum diketahui bentuk dan fungsinya, serta memberi gambaran manfaat apabila ekosistem lamun ini dapat dikelola dengan baik.

Peranan ekosistem lamun dalam menunjang kehidupan masyarakat khususnya masyarakat pesisir sangatlah penting, seperti mencegah abrasi, stabilisator sedimen, sebagai tempat berlindung dan berkembang biak beberapa jenis ikan, tempat hidup dan mencari makan dugong, yaitu hewan mamalia yang hampir punah juga sebagai sarana ekowisata yang dapat menarik wisatawan karena keberadaan lamun belum ada di semua daerah pesisir.

Oleh karena itu, isi buku teks ini terdiri dari delapan bab yang mencakup Bab 1 Latar belakang, Bab 2 Jenis-jenis lamun dan penyebarannya, Bab 3 Ekologi lingkungan hidup, Bab 4 Manfaat bagi pesisir, Bab 5 Lamun sebagai penyimpan karbon, Bab 6 Kerusakan dan pengendaliannya, Bab 7 Transplantasi lamun dan Bab 8 Konsep pengambilan data dan analisis.

Buku teks ini diharapkan dapat digunakan sebagai :

- a) Pegangan dalam upaya pengenalan dan pengelolaan ekosistem lamun.
- b) Kriteria penilaian dalam mengambil kebijakan dalam pengelolaan ekosistem lamun untuk jangka panjang dan berkelanjutan.
- c) Pustaka bagi peningkatan pengetahuan khususnya bagi mahasiswa Universitas Malikussaleh.

Mudah-mudahan buku teks ini dapat mengenai sasarannya. Buku teks ini dirasakan masih jauh dari sempurna dan diharapkan masukan dari para pengguna, dan pakar untuk revisi di masa mendatang sesuai dengan kemajuan ilmu dan teknologi pengelolaan sumberdaya pesisir khususnya ekosistem lamun.

Lhokseumawe, 15 September 2018
Penulis

Nabil Zurba

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	viii
BAB 1. LATAR BELAKANG	1
BAB 2. JENIS JENIS LAMUN DAN PENYEBARANNYA	5
2.1 Keragaman Jenis Lamun	5
2.2 Perkembangbiakan dan Asosiasi Terhadap Ikan	7
BAB 3. EKOLOGI LINGKUNGAN HIDUP	11
3.1 Indeks Nilai Penting	25
3.2 Biomassa Lamun	25
BAB 4. MANFAAT BAGI PESISIR	27
4.1 Jasa Ekosistem	27
4.2 Manfaat Dalam Perikanan	29
4.3 Lamun Sebagai Produsen Primer	32
4.4 Pemanfaatan Lamun Untuk Teknologi	33
4.5 Ekowisata lamun	37
BAB 5. LAMUN SEBAGAI PENYIMPAN KARBON	41
5.1 Peran Lamun Sebagai Blue Carbon Sink	43
BAB 6. KERUSAKAN DAN PENGENDALIANNYA	49
6.2 Pengamatan Anatomi Lamun	53
6.3 Kerusakan Ekosistem Lamun	57
6.4 Perubahan Produktifitas	59
6.5 Peran <i>Stakeholder</i> dalam Penanggulangan Kerusakan	62
BAB 7. TRANSPLANTASI LAMUN	65
7.1 Teknik Transplantasi tanpa Jangkar	65
7.2 Teknik Transplantasi dengan menggunakan Jangkar	67
7.3 Metode <i>Peat Pot</i>	68
7.4 Tingkat Keberhasilan Unit Transplantasi	68
7.5 Restorasi lamun	69
BAB 8. KONSEP PENGAMBILAN DATA DAN ANALISIS	73
8.1 Identifikasi Habitat	73
8.2 Analisis Sosial Ecological Sistem	82
8.3 Analisis Human Appropriation of Net Primary Production	86
8.4 Analisis Emergy	87
8.5 Analisis resiliensi	97
8.6 Analisis sidik ragam untuk data aspek ekologi dan sosial	101
DAFTAR PUSTAKA	109
RIWAYAT HIDUP	114

Daftar Tabel

Tabel 1. Jenis lamun yang terdapat di Indonesia	5
Tabel 2. Jumlah jenis kelompok lamun berdasarkan suku dan marga	6
Tabel 3. Jenis lamun berdasarkan habitat	6

Daftar Gambar

Gambar 1. Perbedaan lamun dengan rumput laut.....	2
Gambar 2. Jenis lamun yang terdapat di Indonesia.....	4
Gambar 3. Sebaran lamun di Indonesia	7
Gambar 4. Penyusut sebagai penghuni berkala di padang lamun	9
Gambar 5. Ikan yang berasosiasi dengan padang lamun.....	9
Gambar 6. Rantai makanan di padang lamun	10
Gambar 7. Lamun bersedimen pasir	11
Gambar 10. Substrat sangat menentukan pertumbuhan lamun	19
Gambar 11. Kerapatan lamun di perairan	22
Gambar 12. Manfaat padang lamun bagi manusia dan alam.....	28
Gambar 13. Interaksi biota di padang lamun.....	30
Gambar 14. Dugong sangat bergantung pada ekosistem lamun	31
Gambar 15. Dugong yang memakan lamun	32
Gambar 16. Lamun dapat dijadikan sebagai objek wisata	40
Gambar 17. Lamun sebagai penyerap karbon di perairan	43
Gambar 18. Ancaman kelestarian ekosistem lamun	50
Gambar 19. Dugong sebagai biota pemakan lamun.....	52
Gambar 20. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh lamun (vertikal)	55
Gambar 21. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh lamun (Horizontal).....	55
Gambar 22. Corer dengan diameter 10 cm (a) dan unit transplantasi plug (b).....	66
Gambar 23. Bibit Unit transplantasi metode Plugs	67
Gambar 24. Frame besi 50×50 CM ² pada metode TERFs.....	68
Gambar 25. Kegiatan restorasi lamun agar populasi lamun tidak punah....	70
Gambar 26. Contoh tataletak transek pengambilan data lamun	74

BAB 1.

LATAR BELAKANG

Lamun adalah satu-satunya tumbuhan berbunga (Spermatophyta) yang secara penuh beradaptasi pada lingkungan perairan. Tumbuhan ini mampu hidup di media air asin, berfungsi normal dalam keadaan terbenam, mempunyai sistem perakaran yang berkembang baik serta mampu melaksanakan daur generatif dalam keadaan terbenam. Lamun dapat berkembang membentuk hamparan luas di mintakat pasang surut (intertidal) maupun subtidal sehingga membentuk padang luas yang disebut padang lamun. Padang lamun dihuni oleh berbagai biota, mulai yang hidup di dasar perairan (bentos), hidup di perairan antara daun lamun (nekton dan plankton) serta yang menempel di daun baik yang menetap (peribiota) maupun yang tidak.

Lamun juga merupakan tumbuhan akuatik yang telah beradaptasi untuk bisa bertahan hidup dalam lingkungan perairan. Tumbuhan ini memiliki kedekatan lebih besar dengan tumbuhan darat dibanding tumbuhan laut lainnya seperti alga. Hal ini karena lamun memiliki akar, rhizoma, batang, dan daun seperti halnya tumbuhan (rerumputan) darat pada umumnya. Lamun tumbuh subur di laut dan muara perairan dangkal di seluruh dunia, seperti daerah pasang surut, estuari, di depan formasi hutan bakau dan sering juga ditemui di terumbu karang. Umumnya tumbuh pada habitat berpasir, berlumpur dan berkorai. Adakalanya lamun membentuk komunitas yang hingga merupakan padang lamun (*seagrass bed*) yang cukup luas. Kurang lebih ada 58 jenis lamun di seluruh dunia dimana dari keseluruhan jenis tersebut, 12 jenis terdapat di Indonesia.

Banyak orang yang memandang lamun (Gambar 1) sebagai tumbuhan yang tidak memiliki arti. Padahal kenyataannya lamun memiliki peran yang begitu besar. Secara ekonomi misalnya dimanfaatkan sebagai atap rumbia, pupuk, makanan ternak dan sebagai bahan obat-obatan. Secara fisik mampu melindungi pantai dari hampasan ombak sehingga mengurangi terjadinya erosi pantai. Padang lamun juga berperan dalam penyerapan karbon sehingga mampu mengurangi pemanasan global. Hasil penyerapan karbon tersebut disimpan dalam bentuk biomassa terutama pada bagian bawah substrat karena dapat dalam waktu yang lebih lama dibanding pada bagian atas substrat. Beberapa jenis lamun seperti *Thalassia*

hemprichii mengandung senyawa bioaktif diantaranya sebagai anti bakteri, anti fungi, anti protozoa, dan bahan obat-obatan. Secara ekologi berperan sebagai tempat memijah, tempat berlindung, dan mencari makan berbagai organisme perairan.



Gambar 1. Perbedaan lamun dengan rumput laut

Faktanya Lamun merupakan salah satu ekosistem yang sangat penting, baik secara fisik maupun biologis. Selain sebagai stabilisator sedimen dan penahan endapan, ekosistem lamun berperan sebagai produsen utama dalam jaring-jaring makanan. Ekosistem lamun merupakan produsen primer dalam rantai makanan di perairan laut dengan produktivitas primer berkisar antara 900-4650 gC/m²/tahun. Pertumbuhan, morfologi, kelimpahan dan produktivitas primer lamun pada suatu perairan umumnya ditentukan oleh ketersediaan zat hara fosfat, nitrat dan ammonium. Sejak tahun 1980 sampai sekarang, diperkirakan lamun di dunia telah mengalami degradasi 54 %. Fungsi ekosistem lamun sebenarnya melengkapi ekosistem mangrove dan terumbu karang. Lamun juga merupakan pondasi bagi sebuah ekosistem dan sebagai produsen primer, dimana habitatnya seringkali sebagai wadah yang mendukung kehidupan ikan-ikan dan krustasea muda Lamun melindungi organisme-organisme tersebut dari para predator.

Produktivitas lamun dibatasi terutama oleh ketersediaan hara dan cahaya ditambahkan dalam bahwa lamun membutuhkan 4,4-20% cahaya permukaan serta suhu < 40°C. Lamun menyukai substrat berlumpur, berpasir, tanah liat, ataupun substrat dengan patahan karang serta pada celah-celah batu. Tumbuh subur di bawah kondisi cahaya yang baik dan substrat yang stabil, namun tidak dapat hidup

pada daerah dengan paparan gelombang yang tinggi dan arus yang kuat karena akan terjadi transportasi sedimen yang berlebihan sehingga dapat mengubur lamun. Penyebarannya sendiri dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik seperti yang diungkapkan dalam, dan pola distribusinya dapat berubah dengan cepat, hal ini terkait dengan respon lamun terhadap perubahan lingkungan terutama oleh variasi rendaman dan cahaya yang melalui kolom air.

Suatu yang sangat ironis jika diperhatikan fungsi lamun yang begitu penting tetapi di sisi lain perhatian terhadap ekosistem ini sangat kurang. Jika melihat dua hal mendasar, 1) sebaran dan luasan ekosistem lamun di Indonesia; serta 2) tingkat kerusakan ekosistem lamun di Indonesia. Jawaban yang didapatkan adalah sebaran secara kualitatif, tetapi luasan tidak pernah didapatkan. Adapun jawaban yang kedua jangan harap akan ada penjelasan untuk skop nasional. Pertumbuhan dan kepadatan lamun sangat dipengaruhi oleh pola pasang surut, turbiditas, salinitas dan temperatur perairan. Kegiatan manusia di wilayah pesisir seperti perikanan, pembangunan perumahan, pelabuhan dan rekreasi, baik langsung maupun tidak langsung juga dapat mempengaruhi eksistensi lamun. Oleh karena itu segala bentuk perubahan di wilayah pesisir akibat aktivitas manusia yang tidak terkontrol dapat menimbulkan gangguan fungsi sistem ekologi ekosistem lamun. Fenomena ini akan berpengaruh terhadap hilangnya unsur lingkungan seperti daerah pemijahan, *nursery ground* bagi ikan maupun udang.

Klasifikasi tumbuhan lamun yang terdapat di Indonesia adalah sebagai berikut :

Divisi : Anthophita

Kelas : Angiospermae

Subkelas : Monocotyledoneae

Ordo : Helobiae

Famili : Potamogetonaceae

Genus : *Halodule*

Spesies : *Halodule pinVolia*

Spesies : *Halodule uninervis*

Genus : *Cymodocea*

Spesies : *Cymodocea rotundata*

Spesies : *Cymodocea serulato*

Genus : *Syringodium*

Spesies : *Syringodium isoetifolium*

Genus: *Thalassodendron*

Spesies : *Thalassodendron ciltatum*

Famili : Hydrocharitaceae

Genus : *Enhalus*

Spesies *Enhalus acoroides*

Genus : *Thalassia*

Spesies: *Thalassia hemprichii*

Genus : *Halophila*

Spesies : *Halophila spinulosa*

Spesies : *Halophila decipiens*

Spesies : *Halophila decipiens*

Spesies : *Halophila minor*

Spesies : *Halophila avails*

Jenis dan spesies lamun yang hidup di Indonesia dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Jenis lamun yang terdapat di Indonesia

BAB 2.

JENIS JENIS LAMUN DAN PENYEBARANNYA

2.1 Keragaman Jenis Lamun

Di seluruh dunia diperkirakan terdapat 58 jenis yang dikelompokkan ke dalam 12 marga, 4 suku, dan 2 ordo. Di Asia Tenggara ada 20 jenis yang tersebar di Indonesia, Thailand, Malaysia, Singapura, dan Filipina. Di Indonesia ditemukan 12 jenis dominan yang termasuk ke dalam 7 marga dan 2 suku (*Hydrocharitaceae* dan *Potamogetonaceae*). Apabila termasuk jenis *Halophila beccarii* dan *Ruppia maritima* maka jumlahnya 14 jenis. Di Indonesia jenis lamun dapat dijumpai dalam skala besar dan menutupi dasar perairan yang luas membentuk suatu padang lamun atau yang biasa disebut *seagrass bed* (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis lamun yang terdapat di Indonesia

No.	Spesies	Nama Lokal
1	<i>Syringodium isoetifolium</i>	Lamun alat suntik
2	<i>Thalassodendron ciliatum</i>	Lamun kayu
3	<i>Halophila ovalis</i>	Lamun senduk
4	<i>Halophila decipiens</i>	Lamun senduk tak berurat
5	<i>Enhalus acoroides</i>	Lamun tropika
6	<i>Cymodocea rotundata</i>	Lamun berujung bulat
7	<i>Halodule uninervis</i>	Lamun serabut, var. daun lebar
8	<i>Halodule pinifolia</i>	Lamun serabut, var. daun sempit
9	<i>Halophila minor</i>	Lamun senduk kecil
10	<i>Halophila spinulosa</i>	Lamun senduk dasar keriting
11	<i>Cymodocea serrulata</i>	Lamun bergigi
12	<i>Thalassia hemprichii</i>	Lamun dugong

Sementara itu pembagian jumlah jenis kelompok lamun suku dan margannya berdasarkan kedalaman dan substrat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah jenis kelompok lamun berdasarkan suku dan marga

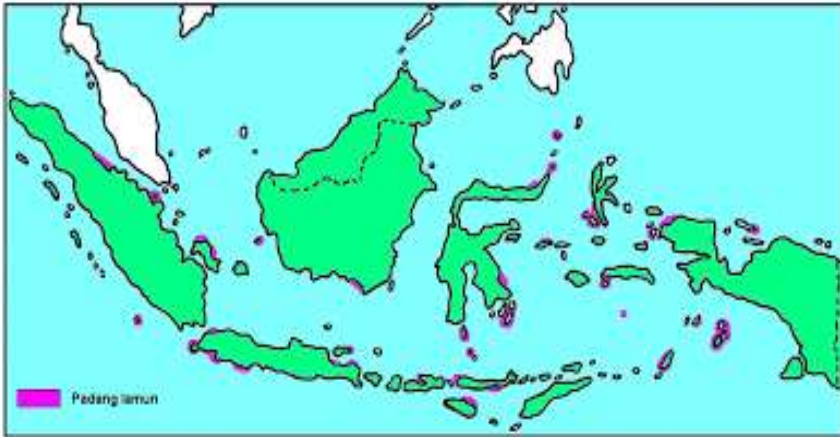
SUKU	MARGA	JUMLAH JENIS	SUBSTRAT
Zosteroideae	Zostera	11	
	Phyllospadix	5	30 m
	Heterozostera	1	
Posidomioidae	Posidonia	3	60 m
Cymodoceoideae	Halodule	8	
	Cymodocea	4	
	Syringodium	2	Sublitoral atas
	Amphibolis	2	
	Thalassodendron	2	30-40 m
Hydrocharitoideae	Enhalus	1	Sublitoral atas
Thalassioideae	Thalassia	2	
Halophiloideae	Halophila	8	Intertidal-90 m

Sedangkan formasi spesies padang lamun berdasarkan habitat dapat dikelompokkan menjadi enam bagian (Tabel 3).

Tabel 3. Jenis lamun berdasarkan habitat

No.	Spesies	Habitat
1	<i>Cymodocea rotundata</i> ; <i>Cymodocea serrulata</i>	Terdapat di daerah intertidal. Umumnya dijumpai di daerah intertidal di dekat mangrove.
2	<i>Enhalus acoroides</i>	Tumbuh pada substrat berlumpur & perairan keruh. Dapat membentuk jenis tunggal, atau mendominasi komunitas padang lamun
3	<i>Halodule pinifolia</i> ; <i>Halophila decipiens</i> ; <i>Halophila minor</i> ; <i>Halophila ovalis</i>	Pertumbuhannya cepat, dan merupakan jenis pionir. Umum dijumpai di substrat berlumpur. Dapat merupakan jenis yang dominan di daerah intertidal, mampu tumbuh sampai kedalaman 25 m.
4	<i>Halodule uninervis</i> <i>Halophila spinulosa</i>	Membentuk padang lamun jenis tunggal pada rataan terumbu karang yang rusak.
5	<i>Syringodium isoetifolium</i>	Umum dijumpai di daerah subtidal dangkal dan berlumpur.
6	<i>Thalassia hemprichii</i>	Paling banyak dijumpai, biasa tumbuh dengan jenis lain, dapat tumbuh hingga kedalaman 25 m. Sering dijumpai pada substrat berpasir.
7	<i>Thalassodendron ciliatum</i>	Sering mendominasi daerah subtidal, dan berasosiasi dengan terumbu karang

Di Indonesia lamun menyebar hampir di seluruh perairan pesisir, tersebar hampir diseluruh rataan terumbu sampai kedalaman 40 meter. Tumbuh di dasar perairan dengan substrat dasar pasir, pasir berlumpur, lumpur dan kerikil karang bahkan ada jenis lamun yang mampu hidup di dasar batu karang. Lamun dijumpai dapat tumbuh diantara karang hidup, dan dibawah naungan mangrove. Karakteristik setiap spesies yang berbeda berpengaruh pada zonasi yang terbentuk pada hamparan padang lamun, terutama pada padang lamun dengan tipe vegetasi campuran. Zonasi lamun yang terbentuk juga dipengaruhi oleh bentuk topografi lokasi padang lamun berada. Padang lamun membentuk tiga zonasi berdasarkan kedalamannya yaitu zona I merupakan daerah dangkal yang selalu terbuka saat air surut (0–1 m); zona II berupa daerah pasang surut namun tetap terendam air pada saat air surut (1– 5 m); dan zona III berupa daerah laut selalu terendam air, tidak terpengaruh dengan pasang surut (5– 35 m). Selain data sebaran jenis lamun, dilakukan juga pengambilan data zonasi yang dapat dipergunakan sebagai data tambahan, sebaran lamun di Indonesia dapat dilihat seperti gambar 3.



Gambar 3. Sebaran lamun di Indonesia

2.2 Perkembangbiakan dan Asosiasi Terhadap Ikan

Lamun seperti pada tanaman darat umumnya, mempersiapkan bibit atau benih untuk reproduksi. Hampir semua jenis lamun menyebarkan benih di dalam air dan kebanyakan jenis lamun memiliki bunga jantan dan bunga betina secara terpisah. Setiap jenis lamun telah beradaptasi dengan kondisi perairan laut, yaitu ada yang

membenamkan bibitnya di dalam substrat, melepaskan serbuk sari ke dalam air, beberapa terapung dan pada *Enhalus* juga *Ruppia* penyerbukan terjadi secara singkat diatas permukaan air. Selain itu lamun dapat tumbuh atau menyebar secara vegetatif menggunakan tunas (*vegetative fragment*). Lamun tumbuh dengan mengeluarkan daun baru (tunas) dari rimpang dengan cara yang sama seperti rumput darat, bambu atau jahe. Ketika segmen rhizome ini terpisah dan terus berkembang membentuk vegetasi yang baru. Sejauh ini, penelitian baru dilakukan pada beberapa jenis lamun.

Perkembang biakan lamun melalui dua pola, yaitu pola vegetatif dan pola generatif. Pola vegetatif dengan rimpang merupakan cara utama dan terpenting dalam penyebaran lamun dibanding pola generatif dengan biji. Lamun umumnya bersifat *diosious* di mana bunga jantan dan bunga betina terpisah. Penyerbukan lamun dilakukan dalam tiga bentuk, yaitu (1) penyerbukan di dalam air (*hydrophilous pollination*), (2) penyerbukan di permukaan air (*ephyhydrophilous pollination*), dan (3) penyerbukan di udara (*subaerial pollination*). Berbagai penelitian yang telah dilakukan, ada empat kategori utama asosiasi ikan dengan padang lamun di perairan Indonesia yaitu :

- Penghuni tetap yang memijah dan menghabiskan kebanyakan hidupnya di padang lamun (*full-time residents*), misalnya *Apogon rnargaritophorus*.
- Penghuni yang menghabiskan hidupnya, tetapi memijah di luar padang lamun, misalnya *Halichoeres leparensis*, *Pranaesus duodecimatis*, *Paramia quiquelineata*, *Gerres macrosoma*, *Monacanthus tomentosus*, *Monacanthus hajam*, *Hemiglyphidodon plagiumetopon*, dan *Sygnathoides biacukeatus*.
- Penghuni yang ada di padang lamun hanya selama tahapan juvenilnya, misalnya *Siganus canaliculatus*, *Siganus virgatus*, *Siganus chrysopilos*, *Lethrinus spp.* , *Scants spp.* , *Abudehdud spp.* *Monachantus mylii*, *Mulloides samoensis*, *Pelates quadrilineatus*, dan *Upeneus tragula*.
- Penghuni berkala (Gambar 4) atau transit yang mengunjungi padang lamun untuk berlindung atau mencari makan (*occasional residents*).



Gambar 4. Penyu sebagai penghuni berkala di padang lamun

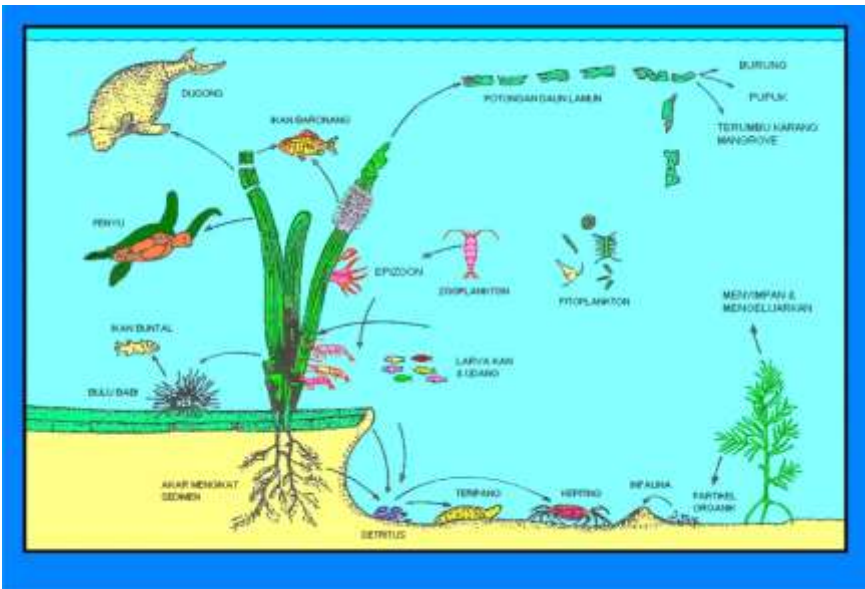
Ikan di ekosistem lamun (Gambar 5) menempati dalam suatu tempat yang berbeda, sehingga dapat digolongkan dalam dua golongan yang berbeda berdasarkan tempat hunian, yaitu :

1. Golongan pertama, dibagi menjadi tiga kelompok :
 - yang beristirahat di daun
 - yang hidup di bawah tajuk daun, dan
 - yang ada di atas atau di dalam sedimen.
2. Golongan kedua, dibagi atas dasar kolom air yang dihuni :
 - yang makan di atas tajuk daun, dan
 - yang bemaung di bawah tajuk daun.



Gambar 5. Ikan yang berasosiasi dengan padang lamun

Pilihan tempat ini diduga mempunyai kaitan dengan cara makan dan morfologi ikan. Keanekaragaman dan kelimpahan kumpulan ikan berubah sesuai dengan perubahan kekompleksan fisik lamun, sebab perubahan dalam indeks luas daun akan inerubah laju pemangsaan yang mempengaruhi kelimpahan juvenil ikan dan distribusi ikan predator besar. Ditambahkan bahwa ekosistem baik kecil maupun besar merupakan habitat penting bagi suatu jenis ikan. Kekayaan dan kelimpahan jenis ikan di lamun didukung oleh heterogenitas habitat, ketersediaan makanan, peningkatan ruang hidup dan proteksi dari predator. Adanya korelasi positif yang signifikan antara kelimpahan ikan dan kerapatan daun, tetapi tidak dengan biomassa daun lamun. Sistem keterkaitan antar perairan, lamun dan ikan dapat digambarkan sebagai rantai makanan di padang lamun (Gambar 6).



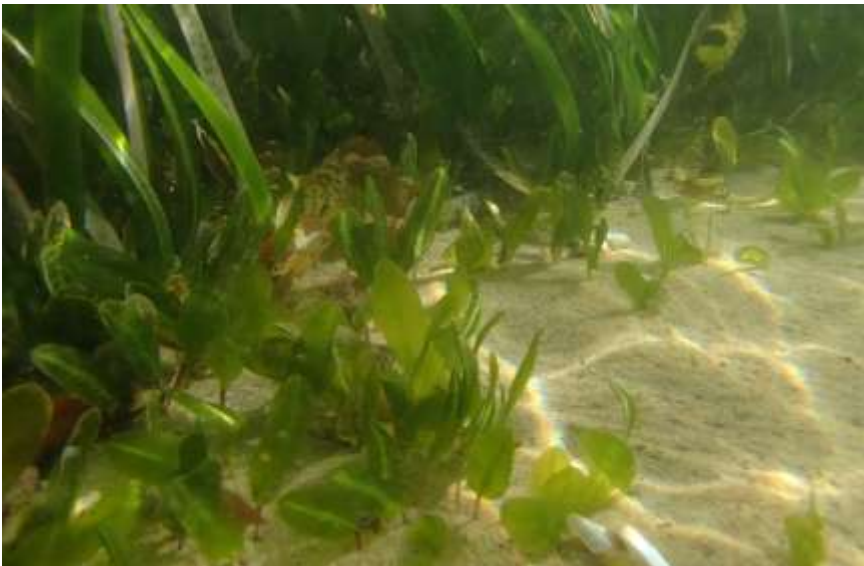
Gambar 6. Rantai makanan di padang lamun

∞

BAB 3.

EKOLOGI LINGKUNGAN HIDUP

Secara umum kondisi lamun pada saat pasang, lamun tenggelam dan ketika surut terendah hampir semua lamun terpapar sinar matahari. Sebagian besar jenis lamun tidak mampu mentoleransi kondisi kekeringan sehingga tidak mampu untuk tumbuh pada zona intertidal, hanya jenis lamun yang berukuran kecil dan mampu menahan air di antara daun-daunnya, sehingga ketika terpapar pada surut terendah mampu bertahan pada daerah tersebut seperti jenis lamun *Halodule uninervis*. Namun beberapa jenis lamun tidak mampu bertahan terhadap kekeringan misalnya *S. isoetifolium*, yang ditemukan pada kolam-kolam dangkal pada daerah terumbu. Distribusi ukuran partikel sedimen sangat mempengaruhi pertukaran air pori dengan kolom air di bagian atasnya. Pada distribusi ukuran partikel yang cenderung ke arah debu dan liat akan menyebabkan pertukaran air pori dengan kolom air menjadi rendah sehingga konsentrasi nutrien dan fitotoksin seperti sulfida dalam sedimen akan meningkat. Kondisi sebaliknya akan dialami oleh lamun jika menempati tipe sedimen pasir kasar (Gambar 7).



Gambar 7. Lamun bersedimen pasir

Paparan udara juga dapat mempengaruhi pertumbuhan lamun, semakin terpapar maka pertumbuhan semakin lambat dan dapat menyebabkan kematian pada lamun. Selain nutrisi lamun membutuhkan kondisi pasang yang cukup agar tubuhnya terendam sehingga memiliki pertumbuhan lamun yang optimum. Rhizome lamun merupakan bagian tubuh lamun yang berada dibagian bawah tubuh lamun, rhizome ini hidup dengan tertutup oleh substrat. Pertumbuhan rhizome ditandai dengan bertambah panjangnya rhizome lamun, bertambah panjangnya rhizome lamun ditandai dengan munculnya tunas baru. Pertumbuhan rhizome lamun berperan dalam perkembangbiakan vegetatif pada lamun. Reproduksi secara vegetatif sangat penting dalam proses penyebaran lamun.

Lamun yang memiliki ukuran yang besar akan memiliki umur yang panjang, sedangkan lamun yang memiliki ukuran yang kecil akan memiliki umur yang cepat. Proses pertumbuhan rhizome yang lambat pada lamun jenis *Thalassia hemprichii* menandakan bahwa proses suksesi lamun tersebut berjalan sangat lambat dibandingkan dengan pertumbuhan rhizome lamun *Cymodocea rotundata* yang memiliki pertumbuhan rhizome yang lebih cepat yang menandakan bahwa proses suksesi berjalan lebih cepat. Selain itu lambatnya pertumbuhan rhizome pada lamun yang memiliki tubuh besar dikarenakan lamun yang bertubuh besar lebih mengutamakan menyusun karbohidrat dalam tubuhnya sebagai cadangan makanan, sehingga lamun bertubuh besar lebih siap ketika menghadapi ancaman yang berasal dari lingkungan.

Kualitas Air

Kondisi perairan merupakan faktor penting dalam kelangsungan kehidupan biota atau organisme di suatu perairan laut (Gambar 8). Kondisi perairan sangat menentukan kelimpahan dan penyebaran organisme di dalamnya, akan tetapi setiap organisme memiliki kebutuhan dan preferensi lingkungan yang berbeda untuk hidup yang terkait dengan karakteristik lingkungannya. Kondisi perairan di suatu ekosistem meliputi suhu, kedalaman, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), kekeruhan, nitrat, dan fosfat serta fraksi substrat.



Gambar 8. Lamun dengan kualitas perairan yang baik

Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter fisik perairan yang mempengaruhi kehidupan organisme perairan. Organisme perairan mempunyai toleransi yang berbeda-beda terhadap suhu. Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis karena proses pengambilan unsur hara sangat tergantung pada suhu air. Hewan yang hidup di zona pasang-surut dan sering mengalami kekeringan mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap perubahan suhu. Pada daerah tropis dan sub tropis lamun mampu tumbuh optimal pada kisaran suhu 23 °C dan 32 °C. Menurut, kisaran temperatur optimal bagi spesies lamun adalah 28-30 °C, dimana suhu dapat mempengaruhi proses-proses fisiologi yaitu proses fotosintesis, pertumbuhan dan reproduksi. Proses-proses fotosintesis ini akan menurun dengan tajam apabila suhu berada di luar kisaran optimal. Pada suhu 38 °C dapat menyebabkan lamun menjadi stres dan pada suhu 48 °C dapat menyebabkan kematian. Sedangkan suhu 43 °C akan menyebabkan kematian masal lamun setelah dua hingga tiga hari, sehingga dengan kenaikan suhu yang ekstrim akan mempengaruhi fungsi ekologis lamun pada daerah tropis. Kedalaman perairan dapat membatasi distribusi lamun secara vertikal.

Kedalaman

Lamun tumbuh di zona intertidal bawah dan subtidal atas hingga mencapai kedalaman 30 m. Zona intertidal dicirikan oleh tumbuhan pionir yang didominasi oleh *Halophila ovalis*, *Cymodocea rotundata* dan *Holodule pinifolia*, Sedangkan *Thalassodendron ciliatum* mendominasi zona intertidal bawah. Selain itu, kedalaman perairan juga berpengaruh terhadap kerapatan dan pertumbuhan lamun. Pertumbuhan tertinggi *Enhalus acoroides* pada lokasi yang dangkal dengan suhu tinggi. Selain itu di Teluk Tampa Florida ditemukan kerapatan *T. testudinun* tertinggi pada kedalaman sekitar 100 cm dan menurun sampai pada kedalaman 150 cm. Pantai yang landai memiliki hubungan yang erat dengan adanya sebaran sedimen. Pantai yang landai dapat menyebabkan proses pengendapan semakin tinggi dengan proses sedimentasi yang cepat, sedangkan tingkat pengendapan yang besar dapat mengakibatkan pantai menjadi landai. Kedalaman di perairan juga sangat mempengaruhi keberadaan lamun, semakin dalam suatu perairan maka kemampuan lamun untuk melakukan proses fotosintesis juga akan terhambat. Menambahkan distribusi lamun terbatas pada kedalaman yang tidak lebih dari 10 m dikarenakan lamun membutuhkan intensitas cahaya yang cukup bagi proses fotosintesis di perairan (Gambar 9).



Gambar 9. Lamun membutuhkan cahaya untuk berfotosintesis

Salinitas

Salinitas juga merupakan parameter fisik perairan yang penting bagi kehidupan organisme perairan. Secara langsung, perubahan salinitas dapat mempengaruhi penyebaran organisme perairan dan secara tidak langsung, dapat merubah komposisi organisme dalam suatu perairan. Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam pada air tawar secara definisi, kurang dari 0.5 ppt. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau. Lebih dari 30 ppt, merupakan air laut.

Nilai salinitas akan berbeda-beda pada setiap jenis perairan, untuk perairan pesisir nilai salinitas sangat dipengaruhi masukan air tawar. Salinitas perairan berpengaruh terhadap lamun secara langsung salinitas berpengaruh terhadap kerapatan dan biomassa lamun. Kerapatan dan biomassa lamun berhubungan dengan produktivitas primer yang berlangsung, hal ini terkait dengan penyerapan nutrisi yang sangat dipengaruhi salinitas. Lamun memiliki toleransi yang tinggi terhadap fluktuasi salinitas, lamun masih dapat ditemukan pada perairan dengan salinitas 10- 40 ppm. Kisaran salinitas yang optimal untuk kehidupan lamun antara 24 hingga 35 ppm. Salinitas yang optimal secara umum untuk pertumbuhan lamun adalah berkisar antara 25-35 ppm.

Derajat keasaman (pH)

pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Perairan dengan pH yang terlalu tinggi atau rendah akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme yang hidup di dalamnya. pH menggambarkan keberadaan ion hidrogen yang terdapat pada suatu perairan. pH perairan biasanya akan mengalami penurunan ketika suhu rendah akibat kurangnya intensitas matahari, sehingga proses fotosintesis oleh tumbuhan air akan berkurang. Derajat keasaman (pH) adalah suatu ukuran tentang besarnya konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan apakah suatu perairan itu bersifat asam atau basa. Derajat keasaman merupakan suatu parameter yang dapat menentukan produktivitas suatu perairan. Pada umumnya pH air laut tidak banyak bervariasi karena adanya sistem karbondioksida dalam laut yang berfungsi sebagai penyangga yang cukup kuat. Kondisi perairan dengan nilai pH tertentu akan

mempengaruhi proses-proses yang terjadi pada perairan tersebut, yaitu proses biokimia dan toksisitas suatu senyawa kimia dipengaruhi oleh nilai pH.

Kecepatan Arus

Arus merupakan faktor pembatas yang penting bagi organisme perairan. Pergerakan arus dibutuhkan oleh organisme akuatik sebagai pembawa makanan berupa bahan organik dan sebagai pembersih terhadap endapan lumpur atau pasir yang dapat mengendap pada tubuh organisme akuatik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan.

Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor pembatas yang amat penting bagi kehidupan organisme perairan. Organisme perairan memiliki kisaran tertentu yang sesuai bagi kehidupannya. Menurut oksigen terlarut berkurang dengan semakin meningkatnya suhu, salinitas dan ketinggian perairan. Oksigen terlarut (DO) merupakan kandungan oksigen dalam bentuk terlarut didalam air. Keberadaan DO sangat penting di perairan karena semua biota air (kecuali mamalia) tidak mampu mengambil oksigen udara. Diffusi oksigen dari udara ke dalam air melalui permukaannya, yang terjadi karena adanya gerakan molekul-molekul udara yang tidak berurutan karena terjadi benturan dengan molekul air sehingga O₂ terikat di dalam air. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, masih memenuhi kriteria konsentrasi DO yang dapat menunjang kehidupan biota laut yaitu lebih dari 5 mg/l.

Kebutuhan organisme terhadap oksigen terlarut relative bervariasi tergantung pada jenis, stadium dan aktifitasnya. Kadar oksigen terlarut di permukaan memang umumnya lebih tinggi karena adanya proses difusi antara air dan udara bebas serta adanya proses fotosintesis. Kadar DO dalam perairan alami sangat bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air serta tekanan atmosfer. Perubahan kadar DO dalam suatu perairan dapat berdampak negatif bagi beberapa biota yang tidak memiliki kemampuan dalam merespon perubahan dengan cepat. Penurunan kadar DO dapat menghambat proses fotosintesis yang kemudian akan menurunkan produktivitas primer lamun. Keekeruhan secara tidak langsung dapat mempengaruhi kehidupan lamun karena dapat menghalangi penetrasi cahaya yang dibutuhkan oleh lamun untuk berfotosintesis masuk ke dalam air. Keekeruhan dapat disebabkan

oleh adanya partikel-partikel tersuspensi, baik oleh partikel-partikel hidup seperti plankton maupun partikel-partikel mati seperti bahan-bahan organik, sedimen dan sebagainya.

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di perairan. Padatan yang tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi padatan yang tersuspensi, maka nilai kekeruhan akan semakin tinggi. Di perairan, kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan bahan anorganik baik tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir halus, plankton, dan mikroorganisme lainnya. Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut, nilai kekeruhan untuk wisata dan biota laut adalah < 5 NTU. Ukuran partikel yang kecil dan halus akan susah mengendap oleh karena itu semakin tinggi kekeruhan akan menyebabkan rendahnya laju sedimentasi yang terjadi di suatu perairan.

Nitrat dan Fosfat

Nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrogen mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Adapun fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan juga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Nitrat di perairan diduga berasal dari limbah domestik. Semakin tinggi kandungan nitrat di perairan maka semakin tinggi pula kandungan bahan organiknya. Adapun fosfat yang tinggi diduga berasal dari limpasan air atau dari daratan yang mengandung bahan organik.

Nitrat merupakan suatu unsur penting dalam sintesa protein tumbuhan, namun pada badan perairan yang memiliki nitrat yang berlebih akan menyebabkan kurangnya oksigen terlarut di perairan dan menyebabkan banyak organisme yang mati. Kadar nitrat yang melebihi dari $0,05$ mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif. Kadar nitrat yang melebihi $0,02$ mg/l dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi (pengkayaan) perairan, yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara cepat (*blooming*). Senyawa-senyawa nitrogen sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air, pada saat kandungan

oksigen rendah nitrogen berubah menjadi amonia dan saat kandungan oksigen tinggi nitrogen berubah menjadi nitrat.

Kadar fosfat di perairan laut yang normal berkisar antara 0,00031-0,124 mg/l. Kadar fosfat di perairan ini masih berada di batasan konsentrasi yang dipersyaratkan. Disebutkan bahwa baku mutu konsentrasi fosfat yang layak untuk kehidupan biota laut dalam keputusan Menteri Lingkungan Hidup, KLH (2004) adalah 0,015 mg/l. Sumber fosfor di perairan dan sedimen adalah deposit fosfor, industri, limbah domestik, aktivitas pertanian, pertambangan batuan fosfat, dan penggundulan hutan. Fosfat di perairan secara alami berasal dari pelapukan batuan mineral dan dekomposisi bahan organik. Sedimen merupakan tempat penyimpanan utama fosfor dalam siklus yang terjadi di lautan. Umumnya dalam bentuk partikulat yang berikatan dengan oksida besi dan senyawa hidroksida. Senyawa fosfor yang terikat di sedimen dapat mengalami dekomposisi dengan bantuan bakteri maupun melalui proses abiotik menghasilkan senyawa fosfat terlarut yang dapat mengalami difusi kembali ke dalam kolom air.

Fraksi Substrat

Kehidupan lamun sangat erat kaitannya dengan substrat. Beberapa jenis lamun menyukai habitat substrat tertentu. Korelasi antara substrat dan hewan makrozobenthos, dimana makrozobentos seperti teripang sangat bergantung terhadap kondisi substrat untuk keberlangsungan hidupnya sehingga kondisi substrat suatu perairan juga akan mempengaruhi penyebaran hewan tersebut. Hampir semua jenis lamun yang ditemui di Indonesia mampu hidup pada substrat berpasir (Gambar 10). *Cymodocea rotundata* tumbuh pada dasar pasir di dekat pantai yang terbuka saat surut dan jauh dari pantai yang selalu tergenang air, yang tumbuh bersama-sama *Thalassia hemprichii*. *Enhalus acoroides* tumbuh pada dasar lumpur, pasir dan pasir berkoral yang selalu tergenang air, yang tumbuh bersama-sama *Thalassia hemprichii*, *Syringodium isoetifolium*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, dan *Halophila ovalis*.



Gambar 10. Substrat sangat menentukan pertumbuhan lamun

Halophila ovalis tumbuh pada dasar substrat keras, pasir dan lumpur di daerah terbuka di sepanjang batas pasang surut yang tumbuh bersama-sama *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata* *Thalassia hemprichii*, dan *Enhalus acoroides*. *Thalassia hemprichii* tumbuh dominan pada dasar pasir ataupun puing karang mati dan dapat tumbuh pada dasar lumpur serta tumbuh bersama-sama *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis*, dan *Cymodocea serrulata*. Lamun jenis *Thalassia hemprichii* dan *Halodule uninervis* memiliki kerapatan tertinggi dibanding jenis lainnya. Tingginya kerapatan lamun jenis *Thalassia hemprichii* berkaitan dengan kemampuan adaptasinya yang tinggi terhadap semua tipe substrat. *Thalassia hemprichii* hidup dalam semua jenis substrat, bervariasi dari pecahan karang hingga substrat lunak. *Thalassia hemprichii* sering diasosiasikan dengan terumbu karang dan umum ditemukan pada substrat berupa patahan karang dan biasa membentuk padang lamun yang padat. Spesies ini biasa ditemukan mendominasi pada substrat berlumpur, terutama terutama ketika surut.

Keberadaan *Halodule uninervis* dan *Cymodocea rotundata* disebabkan oleh kondisi substrat yang sesuai, berpasir. *Halodule uninervis* lebih banyak hidup pada pasir halus hingga kasar di zona intertidal dan subtidal, dan *Cymodocea rotundata* hidup pada daerah dangkal yang tertutup pasir karang dan mempunyai toleransi yang tinggi pada daerah terbuka (tidak terendam air). *Enhalus acoroides*, walaupun mampu beradaptasi terhadap berbagai tipe substrat, jenis ini memiliki kerapatan dan penutupan yang relatif lebih rendah. *Enhalus acoroides* merupakan jenis lamun yang biasa ditemukan di perairan yang lebih dalam pada substrat berlumpur dan penyebarannya terbatas pada daerah intertidal dan perairan dangkal. Lamun jenis *Halophila ovalis*, *Thalassodendron ciliatum*, dan *Syringodium isoetifolium* memiliki nilai kerapatan terendah, hal ini disebabkan, *Thalassodendron ciliatum* dan *Syringodium isoetifolium* banyak tumbuh di perairan yang lebih dalam terutama di dekat tubir sedangkan pendataan lamun dilakukan dari bibir pantai ke arah laut sehingga peluang terdatanya lebih kecil.

Syringodium isoetifolium penyebarannya terbatas hanya ditemukan di perairan dalam. *Thalassodendron ciliatum* merupakan spesies lamun yang tidak lazim ditemukan, hanya ditemukan pada substrat pasir berkarang, biasa terdapat di tepian karang dengan gelombang arus yang cukup tinggi karena memiliki batang dan sistem perakaran yang kuat. Rendahnya kerapatan lamun jenis *Syringodium isoetifolium* juga disebabkan toleransinya yang sempit terhadap kekeringan. Lamun jenis *Syringodium isoetifolium* hanya mampu mentoleransi kekeringan dalam waktu singkat. Rendahnya kerapatan lamun jenis *Halophila ovalis* disebabkan lamun jenis ini memiliki penyebaran yang sempit, hanya terbatas di dekat daratan dengan substrat berpasir, dibandingkan lamun jenis lain yang memiliki penyebaran yang lebih luas. *Halophila ovalis* sering terlihat sebagai jenis pembuka yang mendiami substrat pasir. *Halophila* dan *Halodule* merupakan spesies pionir yang biasa ditemukan di pesisir pantai. Kedua jenis lamun tersebut utamanya menempati substrat yang lembab.

Lamun jenis *Halophila ovalis* merupakan kategori lamun yang berukuran paling kecil diantara jenis lamun lainnya. Kondisi tersebut memberi keuntungan untuk dapat bertahan hidup pada daerah intertidal atau tepian pantai yang selalu terpapar cahaya matahari ketika surut dibanding jenis lamun lainnya, karena bentuknya yang kecil menyebabkan spesies tersebut tetap terendam air saat surut. Terkadang pada daerah intertidal juga ditemui lamun jenis *Enhalus*

acoroides, *Cymodocea rotundata*, dan *Thalassia hemprichii*. Keberadaan lamun berukuran besar di daerah intertidal berhubungan dengan karakter morfologis yang dimilikinya sehingga mampu mentolerir kondisi kekeringan atau meminimumkan tekanan akibat kekeringan. Lamun jenis *Thalassodendron ciliatum* hanya ditemukan pada wilayah yang berhadapan dengan laut lepas, dimana kondisi tersebut sangat cocok untuk kehidupannya. *Thalassodendron ciliatum* merupakan spesies lamun yang tidak lazim ditemukan. Hanya ditemukan pada substrat pasir berkarang. Biasa terdapat di tepian karang dengan gelombang arus yang cukup tinggi karena memiliki batang dan sistem perakaran yang kuat.

karakteristik pertumbuhan lamun dapat dibagi enam kategori yaitu: 1) Parvozosterid, dengan daun memanjang dan sempit, misalnya pada *Halodule*, *Zostera* sub marga *Zosterella*. 2) Magnozosterids, dengan daun memanjang dan agak lebar. Misalnya *Zostera* sub marga *Zostera*, *Cymodocea* dan *Thalassia*. 3) Syringodiids, dengan daun bulat seperti lidi dan ujung runcing, misalnya *Syringodium*. 4) Enhalids, dengan daun panjang dan kaku seperti kulit atau berbentuk ikat pinggang yang kasar, misalnya *Enhalus*, *Posidonia* dan *Phyllospadix*. 5) Halophilids, dengan daun bulat telur, elips, berbentuk tombak atau panjang, rapuh dan tanpa saluran udara, misalnya *Halophila*. 6) Amphibolids, dengan daun tumbuh teratur pada kiri dan kanan. Misalnya *Amphibolis*, *Thalassodendron* dan *Heterozostera*.

Kerapatan Jenis Lamun

Kerapatan merupakan elemen dan struktur komunitas yang dapat digunakan untuk mengestimasi produksi lamun, bahkan lamun mempunyai tingkat produktifitas primer tertinggi bila dibandingkan dengan ekosistem lainnya yang terdapat di laut dangkal, seperti ekosistem terumbu karang. Lingkungan syarat hidup lamun akan membantu lamun untuk menjaga dan mempertahankan keberadaannya hingga melakukan aktivitas reproduksi. Dengan kondisi lingkungan yang baik, maka lamun memiliki kesempatan dalam memperbanyak diri yang pada akhirnya memberikan pengaruh pada kerapatannya. Perbedaan kerapatan jenis lamun menggambarkan sebaran yang bervariasi, hal ini disebabkan oleh karakteristik kondisi lingkungan yang mewakili habitat mangrove, habitat lamun dan habitat terumbu karang. Meskipun lamun diketahui memiliki kemampuan beradaptasi dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan, namun lamun tetap memiliki syarat hidup terhadap lingkungan. Karakteristik lingkungan

pada habitat mangrove cenderung lebih terlindungi dan relatif lebih tenang, hal ini terkait mangrove yang dalam meredam gelombang dan arus. Sehingga lamun sebagai vegetasi yang hidup pada pesisir dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Kerapatan relatif lamun merupakan perbandingan antara jumlah individu jenis lamun dengan jumlah total individu seluruh jenis lamun (Gambar 11).



Gambar 11. Kerapatan lamun di perairan

Berkurangnya jenis lamun disebabkan oleh karakteristik dari lamun itu sendiri serta karakteristik dari lingkungan, seperti jenis lamun *C. rotundata* yang hanya ditemukan berdekatan dengan habitat mangrove dan tidak ditemukan di daerah lain. Hal ini dikarenakan jenis lamun ini memiliki daun yang pipih dan panjang dan jika terkena gelombang akan mudah terbawa oleh arus. bahwa *C. rotundata* umumnya di jumpai pada daerah intertidal dekat hutan mangrove. Berbeda halnya pada jenis *H. uninervis* yang memiliki kerapatan jenis yang tinggi dibandingkan dengan lainnya, karena jenis lamun ini membentuk padang lamun jenis tunggal dan hidup pada rata-rata terumbu karang yang rusak. Selain itu pengaruh langsung dari masyarakat pesisir yang melakukan kegiatan di daerah lamun dan dekat terumbu karang yang melakukan kegiatan penangkapan secara tidak langsung lamun terinjak-injak dan pengaruh oleh jangkar kapal yang ditancapkan dan aktivitas lalu lintas perahu yang mana baling-balingnya dapat mencabut lamun. Kelebihan nutrisi atau sedimen adalah penyebab yang paling umum dari penurunan ekosistem lamun. Peningkatan nutrisi dapat

menyebabkan pertumbuhan ganggang dan epifit. Epifit adalah tumbuhan yang tumbuh di permukaan tanaman dan jika keberadaannya terlalu banyak, tanaman tersebut menutupi permukaan perairan dan mencegah cahaya mencapai lamun. Pengaruh langsung dari organisme lain (bulu babi) juga telah menyebabkan kerugian dalam skala yang cukup besar serta merusakkan mekanis langsung dari aktivitas manusia yang menginjak-injak lamun dan membuang jangkar.

Hampir semua tipe substrat dapat ditumbuhi lamun, mulai substrat yang berlumpur sampai berbatu. Namun padang lamun yang khas lebih sering ditemukan di substrat lumpur berpasir yang tebal antara hutan mangrove dan terumbu karang. Lamun terdapat pada daerah mid-intertidal sampai kedalaman 50 atau 60 m. Namun mereka tampak sangat melimpah di daerah sublitoral. Jumlah spesiesnya lebih banyak terdapat di daerah tropik. Semua tipe substrat dihuni oleh lamun ini, mulai dari lumpur encer sampai batu-batuan, tetapi daerah yang paling luas dijumpai pada substrat yang lunak.

Jika dilihat dari pola zonasi lamun secara horizontal, maka boleh dikatakan ekosistem lamun terletak di antara dua ekosistem bahari penting yaitu ekosistem mangrove dan ekosistem terumbu karang. Dengan letak yang berdekatan dengan dua ekosistem pantai tropik tersebut, ekosistem lamun tidak terisolasi atau berdiri sendiri tetapi berinteraksi dengan kedua ekosistem. Setiap daerah akan memiliki variasi komposisi yang beragam serta jumlah jenis yang beragam, semakin banyak jenis lamun yang dapat ditemukan maka dapat dikatakan bahwa kondisi perairan bahkan lingkungan sekitar dalam kondisi yang baik oleh karena dapat menunjang kehidupan dan keberadaan banyak jenis lamun, mengingat juga bahwa lamun dapat digunakan sebagai bioindikator sebuah perairan. berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 200 tahun 2004. Persentase lamun $\geq 60\%$ masuk dalam kelompok status lamun "rapat", persentase penutupan lamun antara 30%-59,9% masuk dalam kelompok status lamun "kurang rapat" sedangkan lamun yang memiliki persentase penutupan $\leq 29,9\%$ masuk dalam kisaran status lamun "jarang".

Frekuensi Jenis Lamun

Habitat ekosistem lamun dicirikan oleh habitat laguna yaitu perairan dangkal pasang surut antara pantai dan tubir karang. Frekuensi dari suatu spesies lamun menunjukkan derajat

penyebaran jenis lamun tersebut dalam komunitasnya. Suatu jenis lamun yang memiliki kerapatan yang tinggi belum dapat dipastikan akan memiliki nilai frekuensi yang tinggi juga. Faktor kedalaman, jenis sedimen, arus, suhu, dan salinitas merupakan parameter yang berpengaruh dalam pertumbuhan lamun di suatu perairan. Cahaya dan zat hara juga merupakan kebutuhan utama untuk pertumbuhan dan perkembangan lamun. Karena faktor lingkungan yang dibutuhkan oleh jenis *E. acoroides* dan *T. hemprichii* memiliki kesamaan maka pola sebaran kedua jenis ini selalu bersamaan dalam suatu daerah. Kedua jenis ini dapat tumbuh pada substrat lumpur, lumpur berpasir, pasir berlumpur, pasir dan karang, hidup di perairan dangkal dan sedang, kecerahan 100 %.

Penutupan Jenis Lamun

Tingginya nilai penutupan lamun *E. acoroides* dan *T. hemprichii* berkaitan kedua jenis lamun ini yang berukuran besar dan dengan adaptasinya terhadap tipe substrat pasir halus hingga pasir kasar, selain itu dipengaruhi juga oleh tingginya kerapatan dari kedua jenis lamun tersebut. *T. hemprichii* hidup dalam semua jenis substrat, bervariasi dari pecahan karang hingga substrat lunak. Tingginya nilai tutupan relatif sejalan dengan tingginya nilai tutupan jenis lamun tersebut, jenis *E. acoroides* dan *T. hemprichii* memiliki nilai tutupan yang tinggi, karena memiliki ukuran daun yang lebih besar, jika dibandingkan dengan empat jenis lamun lainnya. Sedangkan jenis lamun yang berukuran lebih kecil, relatif akan memiliki nilai persentase penutupan yang lebih kecil pula.

Lamun jenis lainnya seperti *H. uninervis*, merupakan spesies lamun yang bersifat pionir yang tumbuh di perairan yang sangat dangkal dengan substrat pecahan karang, karena jenis ini bersifat pionir maka dalam proses perkembangan substrat dasar tentunya akan ikut tergeser oleh jenis lainnya. Jenis lamun pionir umumnya memiliki kemampuan untuk tumbuh dengan cepat sehingga dapat menstabilkan substrat. Penutupan lamun berhubungan erat dengan habitat atau bentuk morfologi dan ukuran suatu spesies lamun. Kerapatan yang tinggi dan kondisi pasang surut saat pengamatan juga dapat mempengaruhi nilai estimasi penutupan lamun. Satu individu *E. acoroides* dan *T. hemprichii* akan memiliki nilai penutupan yang lebih tinggi dibandingkan dengan satu individu *H. uninervis* karena ukuran daun *E. acoroides* yang jauh lebih besar. Sedangkan individu lamun yang berukuran lebih kecil seperti *Halophila minor* akan memiliki nilai persentase penutupan yang lebih kecil pula.

3.1 Indeks Nilai Penting

Indeks nilai penting lamun (INP) digunakan untuk menghitung dan menduga secara keseluruhan dari peranan satu spesies di dalam suatu komunitas. Indeks nilai penting memberikan gambaran mengenai pengaruh atau peranan suatu jenis tumbuhan terhadap suatu daerah. Semakin tinggi nilai INP suatu spesies terhadap spesies lainnya, maka semakin tinggi peranan spesies tersebut pada komunitasnya. Jika dilihat dari komunitas lamun spesies *E. acoroides*, *C. rotundata*, *S. isoetifolium*, dan *H. ovalis* memiliki penyebaran yang bersifat mengelompok. Di sisi lain, *T. hemprichii* memiliki penyebaran yang bersifat seragam, artinya bahwa spesies ini mampu untuk hidup di habitat manapun yang memiliki kondisi lingkungan yang sesuai. Lamun tumbuh pada daerah yang memiliki pencahayaan matahari yang baik pada siang hari. Tempat tumbuh lamun yang diamati pada tempat berbeda-beda, tempat tumbuh meliputi substrat berlumpur, pasir berlumpur, dan substrat kasar. Setiap tempat tumbuh memiliki jenis lamun ataupun biota asosiasi yang berbeda-beda. Pada jenis lamun *Thalassia sp.* didapatkan lamun jenis ini tumbuh pada setiap tempat tumbuh.

3.2 Biomassa Lamun

Biomassa lamun adalah berat dari semua material yang hidup pada suatu satuan luas tertentu, baik yang berada di atas maupun di bawah substrat yang sering dinyatakan dalam satuan gram berat kering per m² (gbk/m²). Biomassa yang dihitung merupakan biomassa kering baik yang berada di permukaan yaitu daun dan tangkai maupun yang di bawah yaitu rhizom dan akar. Tingginya biomassa jenis *E. acoroides* dan *T. hemprichii* dikarenakan jenis ini merupakan jenis lamun yang berukuran besar dan selain itu jenis lamun ini memiliki penyebaran yang luas. Walau kekayaan jenis lamun di daerah tropis tinggi, namun biasanya terdapat satu jenis yang dominan dalam hubungannya dengan biomassa, karena hal ini berkaitan dengan morfologi dan laju pertumbuhan yang berbeda di antara jenis lamun.

Beberapa hal yang menjadikan *E. acoroides* berperan nyata antara lain secara morfologi jenis lamun *E. acoroides* berukuran lebih besar dibandingkan jenis lamun yang lain sehingga dapat mengakumulasi karbon lebih banyak pada jaringan tubuhnya. Simpanan karbon di bawah substrat *E. acoroides* yang tinggi disebabkan oleh ukuran rhizoma dan akar yang besar, disamping penetrasi akar yang bias mencapai 40 cm. *Enhalus acoroides*

merupakan salah satu jenis lamun yang paling melimpah di perairan Indonesia dan mempunyai ukuran morfologi yang besar. Lamun jenis *Enhalus acoroides* merupakan spesies yang umum tumbuh di substrat lumpur. Jenis *Enhalus acoroides* dapat tumbuh menjadi padang yang monospesifik ataupun seringkali tumbuh bersama dengan jenis lamun *Thalassia hemprichii*. Sebaran vertical jenis *Enhalus acoroides* dapat tumbuh mencapai kedalaman 25 m. *Enhalus acoroides* merupakan naungan yang penting bagi ikan ikan muda.

Kelebihan yang dimiliki oleh *Enhalus acoroides* yaitu dalam pertumbuhannya terbilang lebih cepat dibandingkan jenis lamun yang lainnya. Selain itu keistimewaan secara ekonomis adalah buah *Enhalus acoroides* dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Salah satu fungsi tingginya penyimpanan biomassa di bawah substrat adalah memperkuat penancapan lamun, jenis lamun yang secara morfologi berukuran besar cenderung mengembangkan biomassa yang tinggi di bawah substrat, dan karena itu mempunyai kapasitas untuk mengakumulasi karbon yang lebih tinggi. Selain itu karbon di bawah substrat merupakan tempat menyimpan hasil fotosintesis yang akan mendukung pertumbuhan lamun jika proses fotosintesis tidak berjalan secara optimal. Sedangkan lamun yang berukuran kecil dalam penelitian ini memiliki rata-rata biomassa yang rendah diakibatkan oleh arus pasang surut yang kuat yang menyebabkan lamun sulit menancapkan akarnya pada dasar perairan sehingga kurang kemampuan untuk dapat berkembang biak dengan baik. Ombak yang kuat juga membuat vegetasi lamun tersebut dapat tercabut dari substratnya.

∞

BAB 4.

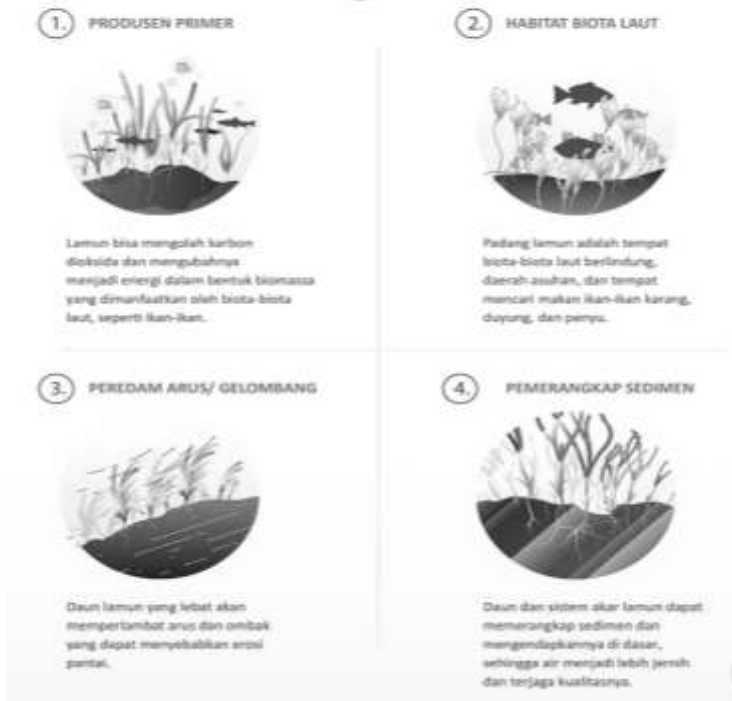
MANFAAT BAGI PESISIR

4.1 Jasa Ekosistem

Ekosistem lamun memiliki peran sebagai pemberi jasa ekosistem. Jasa ekosistem adalah manfaat yang diambil manusia dari ekosistem (Gambar 12). Millenium Ecological Assessment (2005) membagi jasa ekosistem menjadi *regulating*, *supporting*, *provisioning* dan *cultural services*. Sebagai *regulating services* ekosistem lamun berperan dalam pemerangkap sedimen, pelindung pantai, pemerangkap karbon serta memiliki peluang untuk menjaga kestabilan pH air laut. Padang lamun pesisir menyimpan sekitar 3 kali lebih banyak karbon dibanding hutan terestrial, diperkirakan dengan luas 0.2% bagian dari laut dapat menyerap 10 % dari penyerapan karbon tahunan. Sebagai *supporting services*, ekosistem lamun berperan sebagai *nursery ground*, *feeding ground*, pemasok nutrisi untuk ikan di terumbu karang, memiliki konektivitas dengan ekosistem mangrove dan terumbu karang. Sebagai *provisioning services*, ekosistem lamun berperan sebagai sumber ikan, invertebrata, benih, pupuk, *bioprospecting*, tempat meletakkan perangkap dan tempat budidaya. Sayangnya, fungsi ekologis ekosistem lamun belum mendapat perhatian, juga jasa ekosistem tersebut dalam perikanan skala kecil.

Dalam kerangka konseptual MEA manusia merupakan bagian dari ekosistem yang berinteraksi secara dinamis. Aktivitas manusia akan menyebabkan perubahan pada ekosistem yang didalamnya terkandung keanekaragaman hayati dan kemudian akan berpengaruh terhadap kehidupan manusia itu sendiri, terutama dari aspek kesejahteraan. Akan tetapi bukan hanya aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan ekosistem, faktor sosial, ekonomi dan budaya juga ikut berperan dan keadaan ini dapat terjadi dalam skala lokal, regional dan global. terlihat bahwa kehidupan masyarakat dipengaruhi secara tidak langsung oleh kondisi demografi, ekonomi, sosial, teknologi serta budaya dan agama dan sebaliknya. Pengaruh tidak langsung tadi akan menimbulkan pengaruh langsung terhadap masyarakat, misalnya penggunaan lahan, pupuk, hasil panen dan sebagainya. Selanjutnya pengaruh langsung tadi akan mempengaruhi kehidupan manusia sekaligus mempengaruhi jasa ekosistem.

Manfaat dan Fungsi Padang Lamun



Gambar 12. Manfaat padang lamun bagi manusia dan alam

Seiring dengan perjalanan waktu, terjadi perubahan-perubahan dari konsep yang telah ditetapkan oleh MEA. *The Economics of Ecology and Biodiversity/TEEB* (2010) lebih merinci konsep MEA. Dalam konsep TEEB dikatakan bahwa: 1) Ekosistem dan keanekaragaman (*biodiversity*) selain memiliki struktur dan proses juga ada fungsi didalamnya; 2) Jasa ekosistem menurut MEA (2005) dibedakan menjadi empat komponen, yaitu jasa pendukung (*supporting services*), jasa penyedia (*provisioning services*) jasa pengaturan (*regulating services*) dan jasa budaya (*cultural services*), sedangkan TEEB (2010) meniadakan *supporting services* dan menggantinya menjadi *habitat services* dengan alasan untuk mencegah penghitungan ganda dalam menilai ekosistem; 3) TEEB mengelompokkan perubahan iklim kedalam *external driver* yang akan mempengaruhi ekosistem. Perkembangan selanjutnya menggunakan istilah *ecological integrity* untuk komponen *supporting services*.

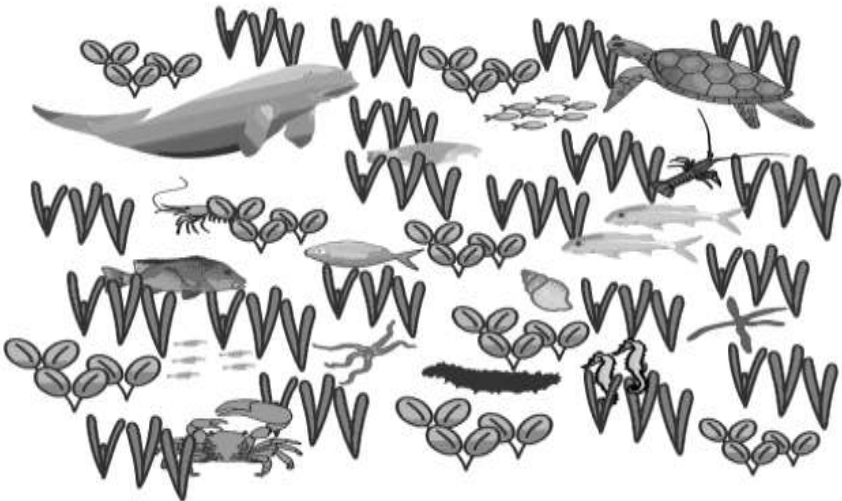
Jasa ekosistem pada dasarnya merupakan manfaat yang dapat diambil oleh manusia dari sistem alam di bumi termasuk ketersediaan, pengaturan, budaya dan pendukung lainnya. Ekosistem yang sehat dapat dicirikan oleh kemampuan ekosistem tersebut untuk dapat mendukung kepentingan manusia secara berkelanjutan. Dalam konteks jasa ekosistem lamun dapat diartikan adalah manfaat yang dapat diambil dari ekosistem tersebut oleh masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Oleh karena itu investigasi tentang fungsi dan jasa ekosistem sangat diperlukan untuk mengetahui kerangka pengelolaan suatu ekosistem, diantaranya adalah pengelolaan ekosistem lamun.

Dalam konteks jasa ekosistem lamun dapat diartikan sebagai manfaat yang dapat diambil dari ekosistem tersebut oleh masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Contoh penerapan dapat dilihat pada desa Chiwaka, pantai Timur Zanzibar. Masyarakat di desa tersebut memanfaatkan ekosistem lamun dalam kehidupan mereka sehari-hari, seperti mencari ikan invertebrata, membuat tempat budidaya dan sebagainya. Dikatakan bahwa perekonomian masyarakat pedesaan di wilayah pesisir memiliki ketergantungan yang besar terhadap sumberdaya laut sebagai sumber makanan dan pendapatan. Tentang pemanfaatan lamun oleh masyarakat di Taman Nasional Wakatobi. Di lokasi ini ekosistem lamun digunakan oleh masyarakat sebagai sumber ikan dan invertebrata serta substrat untuk meletakkan alat tangkap. Masyarakat yang tinggal di pesisir timur Pulau Bintan telah memanfaatkan ekosistem lamun sejak tahun 70-an. Ekosistem ini merupakan sumber mata pencaharian masyarakat setempat yang umumnya merupakan nelayan tradisional. Informasi yang diperoleh dari masyarakat setempat mengatakan bahwa telah terjadi kelangkaan biota seperti teripang akibat pengambilan tidak terkendali. Demikian pula dengan rajungan dan kerang-kerangan. Identifikasi jasa ekosistem lamun yang dilakukan mereka dalam skala desa, sehingga identifikasi jasa ekosistem lamun dalam cakupan yang lebih sempit menjadi kebutuhan untuk dilakukan, demi menggiring kearah pengelolaan yang lebih rinci.

4.2 Manfaat Dalam Perikanan

Ekosistem lamun dihuni oleh berbagai biota. Diketahui ada 360 spesies ikan, 117 spesies makro alga, 24 spesies moluska, 70 spesies krustasea dan 45 spesies ekinodermata yang hidup di padang lamun Indonesia (Gambar 13). Interaksi biota di padang lamun dapat terjadi

antara biota dengan biota lainnya ataupun antara biota dengan lingkungannya, yang kemudian membentuk suatu rantai makanan. Rantai makanan terdiri dari berbagai tingkatan trofik yang mencakup proses dan pengangkutan detritus organik dari ekosistem lamun menuju konsumen yang lain. Rantai makanan tersebut dibagi dalam 2 bagian, yaitu rantai makanan merumput dan rantai makanan detritus.



Gambar 13. Interaksi biota di padang lamun

Pada rantai makanan merumput sumber nutriennya secara langsung adalah tumbuhan lamun itu sendiri yang daunnya dimakan oleh konsumen tingkat pertama yaitu dugong (Gambar 14), penyu, ikan herbivora atau invertebrata herbivora, kemudian konsumen tingkat pertama ini dimakan konsumen kedua. Pada rantai makanan detritus, guguran daun sebagai sumber nutrient yang diurai oleh bakteri, nutrien yang dihasilkan akan dimanfaatkan oleh fitoplankton. Detritus juga dapat dimakan langsung oleh *detritus feeder*. Selanjutnya hewan-hewan tersebut dimakan oleh ikan herbivor dan pada akhirnya dimakan oleh hewan karnivora. Secara ekologis ekosistem lamun memiliki peran penting bagi daerah pesisir, yaitu sebagai sumber utama produktivitas primer, sumber makanan bagi organisme, menstabilkan dasar yang lunak, tempat berlindung organisme, tempat pembesaran beberapa jenis organisme, peredam arus dan tudung pelindung sinar panas surya bagi penghuninya. Tingkatan trofik pertama dimulai dari produsen.

Produsen primer dalam ekosistem lamun adalah biota yang dapat melakukan proses fotosintesa.



Gambar 14. Dugong sangat bergantung pada ekosistem lamun

Produsen primer menangkap karbondioksida dan merubahnya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesa. Selanjutnya senyawa organik yang dibentuk akan dikonsumsi secara langsung atau sebagai serasah oleh tingkatan trofik berikutnya, yaitu hewan herbivora, omnivora dan detrivora. 20% karbon budget dari daun lamun dimakan oleh ikan dan bulu babi, sedangkan 80% mengalir sebagai detritus. Hal ini menunjukkan bahwa daun lamun merupakan sumber makanan penting untuk herbivora yang hidup di dalamnya. Dalam suatu ekosistem perpindahan energi antar satu tingkatan tropik ke tingkatan tropik berikutnya dapat digambarkan melalui aliran energi. Perpindahan energi tersebut dapat diketahui dengan mengkonversi biomasa dalam satuan berat per satuan luasan per satuan waktu menjadi kalori atau Joule dalam luasan area.

4.3 Lamun Sebagai Produsen Primer

Sebagai produsen primer lamun memfiksasi sejumlah karbon organik dan sebagian besar memasuki rantai makanan, baik melalui proses dekomposisi sebagai serasah maupun dikonsumsi langsung oleh biota. Sebagai habitat biota laut, ekosistem lamun dihuni oleh berbagai jenis biota. Salah satu jenis biota yang penting adalah dugong, karena hewan ini telah terancam punah. Dugong hanya memakan lamun, oleh sebab itu dugong mendapat julukan *seagrass specialist* (Gambar 15).



Gambar 15. Dugong yang memakan lamun

Keterkaitan antar habitat sebagai *nursery ground*. Mereka membedakan ikan-ikan kedalam 3 kategori, yaitu *habitat specialist* untuk ikan yang selama hidupnya menempati satu habitat, *habitat generalis* untuk ikan yang bergerak bebas dari habitat satu ke habitat yang lain dan *ontogenic shifters* yang hanya sebagian hidupnya tinggal di suatu habitat, sedangkan sebagian lagi hidup di habitat lainnya. Melihat penggunaan habitat dari *Lethrinus harak* (ikan lencam), menunjukkan bahwa pada stadia juvenile ikan tersebut banyak dijumpai di daerah lamun, sedangkan ikan dewasa hanya ada di daerah terumbu karang, artinya lamun juga berfungsi sebagai tempat *nursery ground* pada beberapa jenis ikan. Pada beberapa contoh kasus banyak ikan dewasa yang ditemukan di sekitar terumbu karang sedangkan pada stadia juvenil terdapat di ekosistem lamun dan mangrove Disarankan agar konektivitas lamun, mangrove

dan terumbu karang harus dipertimbangkan dalam mengimplementasikan kebijakan dan praktek konservasi.

Sebagai pendaur zat hara lamun memegang peran penting. Zat hara hasil dekomposisi dimanfaatkan oleh fitoplankton sehingga terjadi rantai makanan. Kemudian sebagai penangkap sedimen lamun juga memegang peranan penting dalam menjaga kejernihan air. Selain itu lamun juga berfungsi sebagai penyerap karbon, menunjukkan bahwa 20% karbon budget dari daun dimakan oleh ikan dan bulu babi, sedangkan 80% mengalir sebagai detritus. Hal ini menunjukkan bahwa daun lamun merupakan sumber makanan penting untuk herbivora yang hidup di dalamnya. Oleh karena itu ekosistem lamun mempunyai peran sebagai penyerap karbon dan penyumbang nutrisi ke lingkungan sekitarnya (terumbu karang) melalui pergerakan air.

4.4 Pemanfaatan Lamun Untuk Teknologi

Penggunaan kertas tidak lepas dari kehidupan kita sehari-hari. Kertas terdiri dari berbagai macam jenis ada kertas bungkus, kertas tisu, kertas cetak, kertas tulis, kertas koran, dan kertas karton. Perubahan gaya hidup seiring berkembangnya jaman menyebabkan penggunaan kertas terus meningkat, seperti penggunaan kertas untuk kebutuhan tulis atau cetak, kebutuhan kertas untuk pengemasan makanan/minuman, dan penunjang gaya hidup lainnya. Kertas terbuat dari bahan baku yang disebut *pulp*, *pulp* ini berasal dari serat tanaman yang merupakan jalinan serat yang telah diolah sedemikian rupa sehingga membentuk suatu lembaran. *Pulp* dapat berasal dari kayu, bambu, padi, dan tumbuhan lain yang mengandung serat, tetapi pada umumnya serat yang digunakan sebagai bahan baku kertas adalah kayu. Serat yang dapat diolah menjadi bahan baku kertas berupa selulosa, selulosa banyak terdapat pada tanaman. Peningkatan kebutuhan kertas tentunya diiringi dengan peningkatan kebutuhan bahan baku produksi kertas itu sendiri. Untuk memenuhi kebutuhan akan permintaan bahan baku kertas tersebut maka dilakukan penebangan pohon. Jika penebangan pohon terus berlangsung dan permintaan kertas semakin meningkat, dampak yang dapat terjadi adalah hilangnya hutan Indonesia, seperti terjadinya hilangnya fungsi hutan.

Saat ini banyak upaya yang dilakukan untuk mengatasi eksploitasi pohon sebagai bahan baku utama pembuatan kertas, yaitu gerakan-gerakan konservasi untuk melindungi hutan Indonesia, kegiatan penanaman pohon, dan mendaur ulang limbah

produk. Namun dalam skala konsumtif tidak begitu menarik perhatian konsumen. Perlu dilakukan upaya lain untuk mencari bahan baku yang tepat agar kertas yang diproduksi menghasilkan kualitas yang sama seperti kertas berbahan baku kayu. Lamun diketahui mempunyai kandungan serat yang tinggi, selain itu, lamun mempunyai tingkat pertumbuhan yang cepat dibandingkan tingkat pertumbuhan kayu/pohon yang dapat mencapai bertahun-tahun. Hal ini menjadi nilai lebih dari lamun apabila digunakan sebagai bahan baku kertas. Selain dapat dijadikan sebagai pengganti kayu, lamun memiliki reproduksi yang cepat sehingga lebih cepat dipanen.

Hal sebaliknya peningkatan kebutuhan kertas tentunya diiringi dengan peningkatan kebutuhan bahan baku produksi kertas itu sendiri. Pengembangan industri *pulp* (kertas) yang sangat besar di Indonesia dalam dekade terakhir ini telah menimbulkan tingkat permintaan yang tinggi terhadap serat kayu. Untuk memenuhi kebutuhan akan permintaan bahan baku kertas tersebut maka dilakukan penebangan pohon. Untuk memproduksi 1 rim kertas dibutuhkan 1 batang pohon usia 5 tahun, sedangkan kebutuhan kertas nasional yang harus dipenuhi sekitar 5,6 juta ton per tahun. Berdasarkan keadaan tersebut diperlukan bahan baku kayu dalam jumlah besar dan tidak dapat tercukupi dari Hutan Tanaman Industri Indonesia. Jika penebangan pohon terus berlangsung dan permintaan kertas semakin meningkat, dampak yang dapat terjadi adalah hilangnya hutan Indonesia. Selain itu, akan banyak lagi dampak lingkungan yang terjadinya karena hilangnya fungsi hutan, seperti terjadinya tanah longsor karena tidak adanya pohon sebagai penahan sedimen saat hujan terjadi, hilangnya beberapa spesies yang hidup di hutan karena hutannya sudah rusak, hilangnya fungsi hutan sebagai penampung karbon dioksida. Hutan merupakan salah satu aspek biosfer Bumi yang paling penting.

Potensi Pemanfaatan Lamun Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas

Dalam analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap kumpulan serat lamun laut memperlihatkan kandungan selulosanya yang tinggi, dimana komposisi dinding sel tidak terlihat seperti *graminaceous* pada tanaman monokotil dan lebih *akin* daripada dinding tanaman dikotil. Komposisi dinding sel pada jaringan lamun laut menyatakan kandungan selulosa pada dinding sel berkisar antara 30-50% dalam semua jaringan dan semakin tua umur lamun laut maka semakin besar kandungan selulosanya. Kandungan selulosa pada lamun laut paling banyak terdapat pada rhizoma.

Kandungan selulosa yang tinggi dalam lamun laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber selulosa pengganti kayu yang saat ini semakin langka karena penggunaannya sebagai bahan baku kertas. Namun saat ini masih sedikit pemanfaatan selulosa lamun laut sebagai bahan baku kertas. Oleh karena itu, perlu pengembangan lebih lanjut dalam hal penggunaan selulosa lamun untuk mengganti selulosa kayu sebagai bahan baku kertas.

Lamun laut memiliki pertumbuhan yang cepat. Rasio fotosintesis bersih (P_n) dan respirasi gelap (R) lamun laut (P_n/R) berkisar antara 3,5 sampai 8,7 dengan nilai rata-rata 6. Selain itu kandungan serat dan selulosa yang tinggi pada lamun laut membuatnya sulit untuk dicerna sehingga hanya beberapa spesies herbifora yang mengkonsumsinya. Tingkat konsumsi lamun laut oleh herbifora dipengaruhi oleh perbedaan laju spesifik pertumbuhan daun (*Specific Growth Rate*) sebagai penggambaran dari kualitas nutrisi daun untuk herbifora. Kelimpahan yang tinggi dan pertumbuhan yang cepat lamun laut merupakan suatu potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber selulosa baru. Dengan skema ini populasi Lamun tetap akan berlimpah dan juga dapat memberi banyak manfaat bagi kehidupan manusia baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Stakeholder Terkait Dalam Pemanfaatan dan Pengelolaan Berkelanjutan

Dibutuhkan bantuan dari berbagai pihak, seperti masyarakat, pemerintah, pihak swasta dan pihak akademisi. Masyarakat merupakan faktor utama dalam keberhasilan penggunaan lamun untuk kertas, karena pemakaian kertas sangat berhubungan dengan kehidupan masyarakat tersebut. Masyarakat di pesisir pantai juga memegang peranan untuk menjaga ekosistem lamun, agar tidak terjadi kerusakan dan keberadaan lamun dapat tetap terjaga. Pihak akademis dan peneliti khususnya yang bergerak dalam bidang kelautan patut mengkaji dan meneliti mengenai pemanfaatan lamun sebagai bahan baku pembuatan kertas. Pemerintah memiliki peran paling besar dalam menetapkan kebijakan mengenai pengadaan bantuan berupa pendanaan penelitian mengenai lamun itu sendiri. Selain itu, pemerintah juga memiliki kewenangan dalam hal penegakan hukum terhadap perusahaan-perusahaan pembuat kertas yang secara besar-besaran mengeksploitasi kayu sebagai bahan baku utamanya. Perusahaan swasta yang merupakan produsen, harusnya mendukung alternatif bahan baku pengganti kayu seperti lamun dan

mulai mencari teknologi yang tepat untuk pengolahan lamun tersebut. Namun, disamping itu perusahaan swasta juga harus melakukan budidaya terhadap lamun agar ekosistem lamun dapat terjaga dan potensinya dapat tetap dimanfaatkan.

Langkah-Langkah Strategis yang Harus dilakukan

- *Menentukan Spesies Lamun yang Sesuai dengan Yang Dibutuhkan, Memiliki Kemampuan Pertumbuhan Yang Cepat, dan Mengandung Selulosa Yang Tinggi.*

Terdapat berbagai spesies lamun yang ada di Indonesia. Setiap spesies lamun memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dalam menentukan spesies lamun yang tepat sebagai bahan baku kertas, dibutuhkan spesies lamun yang memiliki pertumbuhan yang cepat dan kandungan selulosa yang tinggi. Lamun memiliki kemampuan pertumbuhan yang cepat dibandingkan dengan jenis tumbuhan lamun yang lainnya, telah kita dibahas diatas bahwa lamun mempunyai kandungan selulosa. Tetapi tidak semua spesies lamun memiliki kemampuan pertumbuhan yang cepat, spesies lamun yang paling cepat tumbuh dan mengandung selulosa yang lebih banyak dibandingkan spesies lain yaitu spesies *Enhalus acoroides*, dikarenakan ukuran *Enhalus acoroides* yang umumnya lebih besar dibandingkan jenis lamun lain yang ada di Indonesia. Hal ini sesuai dengan penelitian-penelitian yang sudah banyak dilakukan tentang pertumbuhan lamun.

- *Adanya Upaya Lanjutan Pemanfaatan Lamun Berupa Kegiatan Budidaya*

Rencana penggunaan lamun sebagai bahan baku kertas tentunya harus diimbangi dengan langkah tepat, agar penggunaan lamun sebagai bahan baku kertas tidak berdampak negatif terhadap ekosistem lamun di lautan. Perlu adanya tindakan agar keberadaan lamun di lautan tidak berkurang ataupun dieksploitasi secara berlebihan. Dalam hal ini, kegiatan budidaya merupakan langkah strategis dalam mengimbangi penggunaan lamun tersebut. Kegiatan budidaya ini bertujuan agar pasokan lamun sebagai bahan baku kertas tidak hanya mengandalkan lamun yang diperoleh dari ekosistemnya langsung di lautan, tetapi dapat berasal dari hasil budidaya yang dilakukan. Sehingga pemenuhan kebutuhan terhadap lamun yang tinggi sekalipun, tidak mempengaruhi sebaran dan keberlangsungan pertumbuhan lamun. Kegiatan budidaya untuk lamun terdapat beberapa metode, yaitu metode ikat/karung, metode

frame, dan metode plug. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, metode plug memiliki tingkat keberhasilan yang paling tinggi, sehingga metode ini dapat diterapkan sebagai upaya untuk persediaan lamun dalam produksi bahan baku kertas.

- *Adanya Teknologi Yang Diterapkan Dalam Pembuatan Kertas Berbahan Baku Lamun*

Lamun harus diolah terlebih dahulu agar serat yang berupa selulosa dapat diambil yang selanjutnya digunakan untuk bahan kertas. Dikarenakan lamun memiliki kandungan selulosa seperti kayu, maka diharapkan pula cara pengolahannya. Hal yang pertama harus dilakukan adalah mempersiapkan bahan bakunya, dalam hal ini lamun kemudian perlu adanya teknologi untuk mengekstrak serat dari lamun itu sendiri sehingga terbentuk pulp, dilakukan pembuatan *pulp* secara kimiawi. Setelah itu, dilakukan proses *cleaner*, yaitu proses pemutihan dimana *pulp* dicampur dengan berbagai bahan kimia. Selanjutnya, dilakukan pemurnian *pulp*, pada proses mekanis ini terjadi penguraian serat pada dinding selnya, sehingga serat menjadi lebih lentur. Tingkat pemurnian pada proses ini mempengaruhi kualitas kertas yang dihasilkan. Pembentukan, dilakukan dengan proses *sizing* dan pewarnaan untuk menghasilkan spesifikasi kertas yang diinginkan. Tahap terakhir yang dilakukan adalah pengepresan lembaran kertas dan pengeringan kertas agar sebagian besar air yang terkandung dalam kertas dapat hilang. Namun, dalam penerapan proses pembuatan kertas berbahan lamun ini perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut, khususnya oleh para akademisi dan peneliti yang bergerak dalam bidang perikanan dan kelautan.

4.5 Ekowisata lamun

Wisata merupakan suatu bentuk pemanfaatan sumberdaya alam yang mengandalkan jasa alam untuk kepuasan manusia. Kegiatan manusia untuk kepentingan wisata dikenal dengan pariwisata. Wisata merupakan perjalanan sementara seseorang ke tempat tertentu selain menuju tempat kerja ataupun tempat tinggal. Sedangkan ekowisata merupakan suatu perjalanan ke tempat-tempat alami yang belum terganggu yang bertanggung jawab terhadap lingkungan untuk menikmati dan menghargai alam. Ekowisata adalah perjalanan ke tempat alami yang belum terganggu untuk pendidikan atau sekedar menikmati flora, fauna, geologi, dan ekosistem sebagaimana orang yang hidup berdampingan dengan alam

sehingga konservasi dan pengembangan berkelanjutan dapat terlaksana. Bagian terpenting dalam kegiatan ekowisata adalah untuk mengubah budaya dalam kaitannya dengan lingkungan, seperti promosi tentang daur ulang, efisiensi energy dan menciptakan lapangan kerja bagi penduduk lokal. Tujuan yang harus diperhatikan dalam ekowisata adalah sebagai berikut:

- Agar turis atau pelaku perjalanan memiliki kepuasan dan sikap hidup lebih menjaga alam.
- Agar dapat mengurangi degradasi lingkungan serta memiliki kontribusi dalam pengembangan lingkungan yang sehat.
- Agar dapat ditentukan seberapa banyak pengunjung yang diperbolehkan dalam waktu tertentu. Ekowisata bahari merupakan kegiatan wisata pesisir dan laut yang dikembangkan dengan pendekatan konservasi laut. Pengelolaan ekowisata bahari merupakan suatu konsep pengelolaan yang merupakan konsep pengelolaan yang memprioritaskan kelestarian memanfaatkan sumberdaya masyarakat. Ekowisata bahari adalah perjalanan yang bertanggung jawab ke alam laut dengan tetap memelihara lingkungan dan meningkatkan pendapatan penduduk lokal.

Pengembangan kegiatan ekowisata yang berkelanjutan

Kesuksesan pengembangan ekowisata sangat ditentukan oleh peran dari masing-masing pelaku ekowisata yaitu industri pariwisata, wisatawan, masyarakat lokal, pemerintah dan instansi non pemerintah serta akademisi. Para pelaku ekowisata mempunyai peran dan karakter tersendiri, yaitu:

1. Industri pariwisata yang mengoperasikan ekowisata merupakan industri pariwisata yang peduli terhadap pentingnya pelestarian alam dan keberlanjutan pariwisata dan mempromosikan serta menjual program wisata yang berhubungan dengan flora dan fauna serta alam.
2. Wisatawan merupakan wisatawan yang peduli terhadap lingkungan.
3. Masyarakat lokal dilibatkan dalam perencanaan, penerapan dan pengawasan pembangunan dan pengevaluasian pembangunan.
4. Pemerintah berperan dalam pembuatan peraturan-peraturan yang mengatur tentang pembangunan fasilitas ekowisata agar tidak terjadi eksploitasi terhadap lingkungan yang berlebihan.

5. Akademisi bertugas untuk mengkaji tentang pengertian ekowisata dan mengadakan penelitian untuk menguji apakah prinsip-prinsip yang dituangkan dalam pengertian ekowisata sudah diterapkandalam prakteknya.

Pembangunan ekowisata yang berkelanjutan akan berhasil apabila karakter atau peran yang dimiliki oleh masing-masing pelaku ekowisata dimainkan sesuai dengan perannya. Berkerjasama secara holistik diantara para stakeholders, memperdalam pengertian dan kesadaran terhadap pelestarian alam dan menjamin keberlanjutan kegiatan ekowisata tersebut. Perencanaan ekowisata yang baik harus meliputi empat hal, yaitu:

1. Kerjasama antara pemerintah dengan lembaga non profit untuk melaksanakan pendidikan bagi masyarakat, pengawasan terhadap lingkungan yang sehat dari pengunjung serta penerapan dari perencanaan perlindungan habitat.
2. Identifikasi daya dukung sosial dan daya dukung ekologis.
3. Penetapan duta lingkungan yang bertujuan untuk mempromosikan Sesuatu atau yang berhubungan dengan menjaga lingkungan.
4. Inovasi dari pengusaha setempat agar pasar ekowisata bertambah.

Sedangkan ekowisata yang benar harus menjamin, antara lain:

1. Sebagian besar laba yang didapatkan, dikembalikan terhadap usaha konservasi.
2. Peranan penduduk lokal, mulai dari masukan, dukungan dan keuntungan yang didapatkan.
3. Tidak menimbulkan dampak kerusakan ekologis dan sosial yang baru.
4. Pendekatan secara ilmiah dalam pengamatan kehidupan alami agar menjaga keamanan manusia dan hewan.
5. Nilai-nilai budaya penduduk lokal.
6. Kepuasan bagi pengunjung.

Ekowisata bahari terbagi menjadi 2 kegiatan yaitu kegiatan di darat (pantai) dan kegiatan di laut Terdapat 3 ekosistem penting penyusun pesisir yang dapat dijadikan daerah ekowisata bahari dari daerah mulai daratan hingga laut yaitu ekosistem mangrove, ekosistem lamun dan ekosistem terumbu karang. Kegiatan ekowisata yang dapat dikembangkan dengan konsep ekowisata bahari dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu wisata pantai dan wisata bahari (Gambar 16).



Gambar 16. Lamun dapat dijadikan sebagai objek wisata

Kegiatan wisata pantai yang dapat dikembangkan, antara lain :

1. Rekreasi pantai
2. Panorama
3. Resort/ peristirahatan
4. Berenang/berjemur
5. Olahraga pantai
6. Berperahu/memancing
7. Wisata mangrove

Sedangkan kegiatan ekowisata bahari yang dapat dikembangkan, antara lain:

1. Rekreasi pantai dan laut
2. Resort/ perhotelan
3. Wisata selam, jet sky, banana boat, perahu kaca, perahu selam
4. Wisata ekosistem lamun, wisata nelayan, wisata pulau, wisata pendidikan, wisata pancing
5. Wisata satwa (penyu, duyung, paus, lumba – lumba, burung, mamalia dan buaya).

∞

BAB 5.

LAMUN SEBAGAI PENYIMPAN KARBON

Pemanasan global yang terjadi saat ini merupakan sebuah akumulasi dari serangkaian kegiatan manusia yang tidak berwawasan lingkungan. *Global Warming* akan memberikan dampak yang sangat buruk tidak hanya bagi lingkungan tetapi juga bagi kehidupan manusia yang merupakan fungsi langsung dari peningkatan panas bumi. *Global Warming* akan memberikan dampak yang sangat buruk tidak hanya bagi lingkungan tetapi juga bagi kehidupan manusia yang merupakan fungsi langsung dari peningkatan panas bumi diantaranya adalah, kenaikan permukaan laut sehingga dapat menyebabkan hilangnya pulau-pulau kecil dan lainnya. Laut sebagai ekosistem yang terbesar sering kali tidak tersadari akan dampaknya yang besar bagi kehidupan dimana laut menutupi sebagian besar bumi. Padahal peran laut sebagai penyerap karbon tidak kalah penting dengan hutan, sehingga sebaiknya kearifan akan laut dijadikan pedoman dalam bertindak. *Blue Carbon Sink* merupakan istilah yang tepat dalam merefleksikan akan kemampuan dan dampak laut bagi kehidupan manusia, ekosistem laut tidak terlepas dari integrasi antara empat sistem yaitu terumbu karang, lamun (*seagrass*), mangrove dan fitoplankton sebagai sistem penyaga dan penyerap karbon melalui sistem *solubility pump* dan *biological pump*.

Blue Carbon Sink memiliki efektifitas yang lebih baik diantaranya adalah penyerapan karbon di atmosfer yang lebih tinggi mencapai 55% dan memiliki kemampuan dalam menyimpan karbon mencapai jutaan tahun melebihi hutan tropis yang hanya beberapa tahun. Peran lamun sebagai salah satu ekosistem penyusun perairan sangat penting dan tidak dapat digantikan. Peran besar lamun bagi manusia sangat banyak diantaranya lamun merupakan habitat alami bagi beberapa jenis ikan, tempat hidup dan produsen primer. Tidak hanya itu, Lamun berperan besar sebagai *Blue Carbon Sink* yang merupakan penangkap karbon terbesar dan mampu menyimpannya pada sedimen dalam waktu yang lama. Restorasi lamun merupakan suatu hal yang harus dilakukan terutama di Indonesia sebagai negara kepulauan yang memiliki sumberdaya perairan terutama laut.

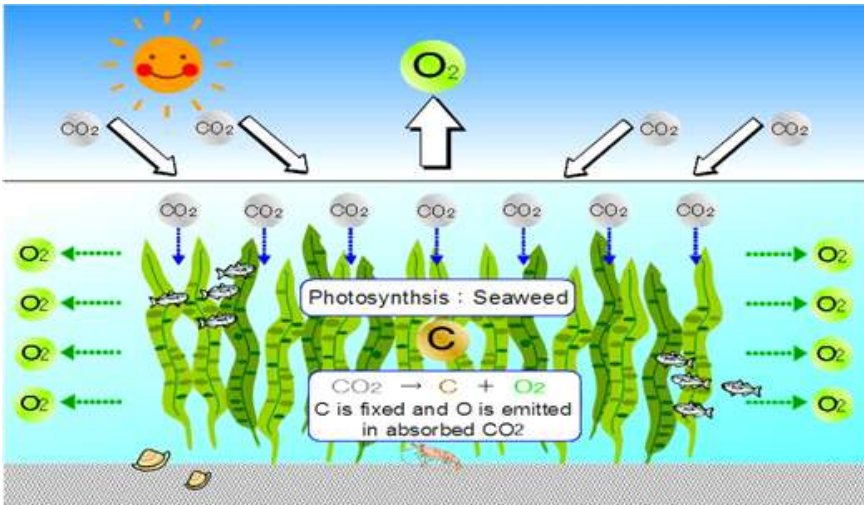
Kerusakan pada salah satu ekosistem pendukung akan berdampak kepada perannya yang sangat penting, bila didarat telah banyak orang mengenal dengan *Green Carbon* dan telah

berkembangnya *Carbon Trade* sehingga lautpun demikian adanya, oleh karena itu Indonesia sebagai Negara kepulauan ini dapat memanfaatkan momentum ini untuk melestarikan kekayaan alam anugerah Tuhan berupa laut. *Blue Carbon Sink* memiliki efektifitas yang lebih baik diantaranya adalah penyerapan karbon diatmosfer yang lebih tinggi mencapai 55% dan memiliki kemampuan dalam menyimpan karbon mencapai jutaan tahun melebihi hutan tropis yang hanya beberapa tahun. Peran lamun sebagai salah satu ekosistem penyusun perairan sangat penting dan tidak dapat digantikan. Oleh karena itu, kerusakan lamun diakibatkan kepada kurangnya pemahaman manusia terhadap ekosistem lamun. Peran besar lamun bagi manusia sangat banyak diantaranya habitat alami bagi beberapa jenis ikan potensial seperti ikan baronang dan udang putih sehingga kerusakan lamun berakibat kepada penurunan hasil tangkapan dari nelayan. Lamun sebagai tempat hidup dan produsen primer bagi beberapa spesies hewan yang hampir punah seperti dugong, penyu hijau dan manati. Tidak hanya itu, Lamun berperan besar sebagai *Blue Carbon Sink* yang merupakan penangkap karbon terbesar dan mampu menyimpannya pada sendimen dalam waktu yang lama.

Kondisi Terkini Lamun Sebagai Penyerap Karbon dan Pengelolaannya

Ekosistem lamun merupakan sebuah ekosistem yang tidak terisolasi melainkan saling terintegrasi dan saling mendukung bersama dengan ekosistem lain dipesisir. Pelestarian lamun di Indonesia terbilang tidak sebaik bila dibandingkan dengan dua saudara lainnya yaitu mangrove dan terumbu karang, banyaknya aktivitas perusakan kepada kedua ekosistem tersebut membuat Indonesia sangat konsentrasi untuk membenahi hal tersebut bahkan untuk terumbu karang telah terdapat lembaga tersendiri yang mengurus terumbu karang yaitu, Coremap II. Lamun tidak kalah penting perannya di dalam ekosistem laut sebagai salah satu bagian yang kondisinya kini sangat ironis dimana kerusakan semakin besar bahkan menurut para ahli dari *science daily*, penurunan lamun didunia berkurang sebesar 58% atau dengan kata lain setiap 30 menit kerusakan lamun mencapai satu lapangan sepakbola. Dampak dari penurunan jumlah lamun sangat dirasakan terutama oleh masyarakat pesisir yaitu nelayan, nelayan mengalami penurunan dari hasil tangkapan ikan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya pembangunan di pesisir yang tidak berwawasan lingkungan berdampak pada sosial ekonomi masyarakat sebagai bentuk fungsi

lanjut dari kerusakan alam. Peran Lamun yang penting adalah dalam menangkap karbon melalui sistem *solubility pump* dan *biological pump* mampu mengikat CO₂ di air menjadi DIC (*dissolves inorganic carbon*) untuk dapat dimanfaatkan sebagai komponen fotosintesis atau tersendimentasi di dasar sehingga istilah ini sering disebut *Blue Carbon Sink* (Gambar 17).



Gambar 17. Lamun sebagai penyerap karbon di perairan

5.1 Peran Lamun Sebagai Blue Carbon Sink

Peran lamun sebagai *Blue Carbon Sink* disebabkan oleh beberapa faktor yaitu 1. Peningkatan dari Buangan gas CO₂ sebagai *brown carbon* dan partikel debu sebagai *Black Carbon* yang memberikan efek rumah kaca pada atmosfer sehingga terjadi peningkatan dari pemanasan. 2. Emisi dari pertanian yang itu pemupukan terutama gas-gas seperti NO₂- yang merupakan hasil dari proses nitrifikasi, penebangan hutan tropis dan kebakaran hutan. 3. Kemampuan dalam ekosistem alami yang menurun akibat dari pencucian oleh *Green Carbon* karena semakin sedikitnya lahun pertumbuhan dari hutan dibandingkan dengan kerusakan hutan. Berdasarkan ketiga hal diatas maka *Blue Carbon* munculnya sebagai pengganti dari *Green Carbon* meskipun tidak dapat 100% dapat terselesaikan, namun *Blue Carbon* diperkirakan mampu menyerap 55% karbon yang ada di atmosfer dan digunakan dalam fotosintesis yang terkait dengan siklus karbon. Meskipun biomassa tumbuhan laut dibandingkan dengan tumbuhan di darat hanya 0,05% tetapi

tumbuhan Laut mampu menyerap hampir separuh karbon diudara dan mampu menyimpan karbon lebih lama dibandingkan dengan tumbuhan darat yang hanya mencapai puluhan tahun tumbuhan Laut mencapai jutaan tahun. Penyerapan karbon didalam Laut melalui *Blue Sink Carbon* dan didapatkan kesimpulan bahwa jumlah karbon yang mampu diserap oleh tumbuhan Laut cukup bervariasi namun ketiganya memiliki peran penting dalam menjaga keutuhan ekosistem laut.

Metode Pengukuran Karbon

Metode pengukuran yang digunakan adalah berupa percobaan langsung di lapangan, dengan menggunakan teknik pengambilan contoh secara *Purposive sampling*. Tahapan pengukuran dilakukan dengan persiapan pengukuran meliputi survey lapangan yang kemudian dilanjutkan dengan penentuan stasiun pengukuran, pengambilan sampel lamun dan substrat serta beberapa parameter pendukung berupa data kualitas air. Data yang diperoleh berupa kepadatan dan jenis, biomassa, fraksi substrat, unsur hara substrat serta C-org pada lamun.

Penentuan Stasiun Pengamatan

Tahap awal sebelum pengambilan contoh adalah dengan menentukan jumlah dan letak stasiun terlebih dahulu. Jumlah stasiun ditetapkan sebanyak tiga stasiun. Penentuan stasiun berdasarkan pendekatan habitat yaitu mangrove, lamun dan terumbu karang. Stasiun 1 (habitat dekat mangrove), stasiun 2 (habitat lamun), stasiun 3 (habitat dekat terumbu karang). Setiap stasiun memiliki masing-masing tiga ulangan yang merupakan stasiun pengamatan dengan jarak yang berbeda-beda. Sehingga dalam penelitian ini terdapat sembilan kuadran pengamatan, setiap kuadran pengamatan berukuran 150x50 cm.

Pengambilan Sampel Biomassa Lamun

Pengambilan sampel biomassa dilakukan dengan cara memanen (mencabut) lamun pada kuadran 150x50 cm sampai pada kedalaman penetrasi akar sedalam 30cm. Pencabutan dilakukan dengan menggunakan sekop atau linggis yang bertujuan agar lamun dapat tercabut hingga akar. Sesaat setelah lamun diangkat dari substrat sebaiknya lamun dibersihkan dari kotoran maupun dari substar yang menempel dengan menggunakan air tawar. Pembersihan efektif dapat dibantu dengan menggunakan pisau. Setelah bersih lamun kemudian dibiarkan hingga kering dengan cara

diangin-anginkan, setelah kering lamun dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah diberi label untuk dibawa ke laboratorium. Sampel kemudian dipisahkan menurut jenis dan bagian lamun (daun, rhizoma dan akar), dibersihkan, dihitung jumlah tegakan, dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 105 °C selama 2x24 jam kemudian ditimbang.

Mengukur Kandungan C-organik

Kandungan C-organik dapat diketahui melalui proses analisis menggunakan metode spektrofotometrik dengan alat spektrometer yang dilakukan di laboratorium. Sebelumnya sampel lamun yang telah diambil dan dikeringkan, dihaluskan hingga berupa serbuk. Serbuk masing-masing bagian jenis lamun ditimbang hingga 0.1000 g yang kemudian ditambahkan 5 ml K₂Cr₂O₇ (*kalium dikromat*) dan 7.5 ml H₂SO₄ (asam pekat) di ruang asam. Sampel yang telah berupa larutan akan diukur nilai *absorbansi* menggunakan alat spectrometer dengan panjang gelombang 561 nm. Pada saat sampel dalam keadaan larutan C-org tinggi ditandai dengan warna hijau yang pekat, sedangkan sampel yangm C-org nya rendah akan menunjukkan warna kuning cenderung orange. Nilai absorbansi yang telah diketahui dimasukkan ke dalam rumus sehingga menghasilkan C-organik dalam bentuk ppm dapat dikonversi kedalam bentuk %.

Analisis Data Kepadatan Biomassa

Biomassa merupakan berat dari semua material hidup pada satuan luas tertentu, dalam hal ini berat kering per m². Penghitungan biomassa menggunakan berat kering karena hal ini terkait dengan kestabilan bobot pada saat pengukuran. Biomassa lamun sendiri dihitung baik biomassa yang berada di permukaan (daun dan tangkai) maupun yang dibawah (rhizom dan akar), sehingga dapat diketahui biomassa total lamun. Biomassa sendiri merupakan bahan organik hasil dari proses fotosintesis yang dilakukan lamun, hasil fotosintesis ini disimpan pada bagian-bagian tubuh lamun. Dalam penelitian ini pengukuran biomassa dilakukan sebagai pendekatan untuk mengetahui kandungan C-organik yang tersimpan pada lamun. Hasil perhitungan, biomassa lamun terbesar terletak pada bagian rhizome (bawah substrat) pada seluruh jenis lamun dibandingkan pada bagian lainnya yaitu daun dan akar. Tingginya biomassa dibagian rhizom tentunya memiliki tujuan dalam menjaga kelangsungan kehidupan lamun itu sendiri, diduga salah satu fungsi besarnya penyimpanan biomassa di bawah substrat adalah untuk memperkuat penancapan pada substrat. Selanjutnya dengan

diketahui bahwa hampir seluruh jenis lamun dapat hidup pada berbagai tipe substrat juga dapat menunjukkan bahwa akan mempengaruhi biomassa dari lamun, dengan kata lain bahwa jenis substrat akan menentukan besarnya biomassa bagian bawah. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Biomassa (gr/m^2) dapat dihitung dengan rumus (Azkab 1999):

Analisis Kandungan C-organik

Tingginya jumlah CO_2 yang terdapat pada atmosfer memicu terjadinya pemanasan global yaitu kondisi meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi akibat gas rumah kaca yang terakumulasi. Bukti lain bahwa terjadinya peningkatan jumlah CO_2 adalah terjadinya asidifikasi di laut yaitu pengasaman air laut, CO_2 akan bereaksi dengan air yang kemudian akan mengakibatkan meningkatnya jumlah H^+ . Sebagai salah satu vegetasi pesisir yang memiliki kemampuan dalam menyerap C, maka dengan mengetahui kandungan C-org yang terdapat pada lamun menjadi salah satu informasi penting. Kandungan total C-organik (%) pada masing-masing lokasi dan jenis akan berbeda-beda. Perbedaan kandungan C-organik pada lamun dipengaruhi faktor internal lamun. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa untuk mengetahui kandungan C-organik pada lamun dapat dilakukan dengan pendekatan biomassa yang kemudian dilakukan analisa laboratorium menggunakan metode spektrofotometrik. Analisis kandungan yang telah dilakukan di Laboratorium kemudian dimasukkan ke dalam rumus berikut:



Keterangan :

abs = Absorbansi

int = Intersep (0.0923)

slope = 0.0015

Hubungan kandungan C-organik dengan Jenis Lamun dan Habitat

Perbedaan karakteristik masing-masing habitat akan menimbulkan perbedaan siklus yang terjadi dalam habitat serta faktor-faktor yang mempengaruhi dan dipengaruhi. Masing-masing jenis lamun menunjukkan kondisi yang berbeda-beda pada habitat mangrove, lamun dan terumbu karang, melalui kepadatan, biomassa dan kandungan C-organik pada lamun. Kandungan C-organik pada lamun dipengaruhi oleh beberapa faktor diluar keberadaan lamun itu sendiri. Selain keragaman jenis lamun, habitat juga mempengaruhi kemampuan penyimpanan karbon. Hal ini dimungkinkan kondisi lingkungan yang nyaman dan cocok bagi lamun dalam melakukan siklus kehidupannya, selanjutnya posisi habitat lamun yang terletak diantara habitat mangrove dan terumbu karang membuat habitat ini sangat terlindungi serta memiliki kesempatan mendapatkan nutrisi yang berasal dari mangrove maupun dari laut lepas. Bahan organik sebagai faktor pendukung dalam suatu habitat yang terdapat pada substrat dipengaruhi oleh besaran butiran substrat, dikarenakan butiran substrat yang lebih besar menurunkan kemampuan substart dalam melakukan penyerapan bahan organik. Bahan organik pada substrat berasal dari pelapukan vegetasi atau dengan kata lain bahan organik berasal dari perairan itu sendiri. Adanya gelombang dan arus membantu penyebaran bahan organik dengan baik.

∞

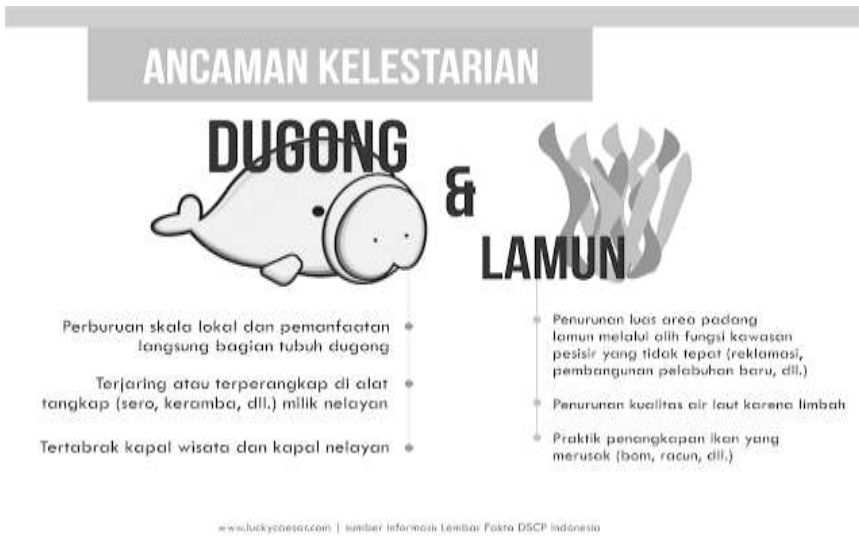
This page is intentionally left blank

BAB 6.

KERUSAKAN DAN PENGENDALIANNYA

Wilayah pesisir juga dimanfaatkan sebagai wilayah pemukiman, industri dan perikanan yang semua buangan dari berbagai aktivitas tersebut masuk ke dalam ekosistem lamun. Aktivitas manusia yang berlangsung secara terus menerus dan kesadaran pengguna dalam pemanfaatan sumberdaya dapat menyebabkan kerusakan ekosistem lamun dan juga akan berpengaruh terhadap struktur komunitas dan pertumbuhan. Struktur komunitas dan produktivitas lamun banyak dipengaruhi oleh seluruh aktivitas yang berlangsung disekitarnya. Aktivitas tersebut ada yang berdampak positif dan negatif bagi komunitas lamun. Dampak positifnya adalah lamun memperoleh kebutuhan hara dalam bentuk fosfat dan nitrat yang dibutuhkan dalam proses pertumbuhannya maupun perkembangbiakannya akan tetapi di lain pihak material yang diterimanya akan berdampak merugikan dan menjadi penghalang dalam pertumbuhan maupun perkembangbiakannya.

Peningkatan kekeruhan perairan, penempelan partikel pada daun lamun dan meningkatnya populasi epifit yang menempel pada daun lamun akibat eutrofikasi sangat mengganggu proses fotosintesis, bahkan dapat mengancam keberadaan ekosistem lamun (Gambar 18). Mengingat besarnya pengaruh aktivitas manusia terhadap struktur komunitas dan produktivitas lamun. Lamun sangat membutuhkan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Selain itu kecepatan arus sangat berpengaruh terhadap substrat dasar perairan akan semakin kasar biasanya terdiri dari pasir dan pecahan karang sedangkan apabila arusnya lambat substrat dasar perairan kebanyakan terdiri dari lumpur dan pasir halus yang diduga banyak berpengaruh terhadap pertumbuhan lamun. Tingginya aktivitas yang terjadi di kawasan ini dikhawatirkan dapat mengancam keberadaan sumberdaya ikan yang berasosiasi dengan ekosistem lamun. Oleh karena itu, pengelolaan ekosistem lamun di kawasan pesisir yang merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan agar dapat meminimalkan dampak negatif terhadap kerusakan sumberdaya ekosistem lamun sehingga lingkungan ekosistem lamun dikawasan pesisir tetap lestari.



Gambar 18. Ancaman kelestarian ekosistem lamun

6.1 Bioakumulasi Logam Berat pada Lamun

Ditinjau dari sifat bioakumulasinya terhadap logam berat jenis Pb, Cd, Cu pada lamun jenis *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata*, dapat dikatakan bahwa kedua lamun tersebut dapat mengakumulasi logam Pb, Cd, dan Cu yang berasal dari lingkungan. Lamun memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat yang berasal dari lingkungan. Kemampuan jaringan lamun dalam menyerap logam yang berasal dari lingkungan menjadikan sebagai bioindikator yang sangat baik di dalam pemantauan kualitas lingkungan. Berdasarkan sifatnya logam berat yang dikaji didalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan logam berat yang termasuk kedalam logam yang dibutuhkan oleh organisme untuk proses pertumbuhannya apabila logam tersebut terakumulasi di dalam jaringan tubuhnya, diantara logam berat jenis ini adalah Cu. Logam berat non esensial adalah logam berat yang tidak dibutuhkan oleh organisme untuk proses pertumbuhannya apabila terakumulasi di dalam jaringan tubuhnya, diantara logam berat jenis ini adalah Pb dan Cd.

Berdasarkan sumbernya dapat diketahui bahwasanya logam berat yang terakumulasi dalam jaringan lamun mayoritas berasal dari lingkungan perairan. Merujuk kepada data kondisi lingkungan perairan, dapat diketahui bahwa logam berat banyak ditemukan

pada bagian substrat dasar perairan yang berupa sedimen, hal tersebut dikarenakan sedimen mampu mengikat logam berat lebih banyak karena cenderung bersifat statis dibandingkan air yang bersifat dinamis. Berdasarkan data logam berat yang terdapat pada sedimen perairan maka diketahui secara rata-rata seberapa besar masing-masing logam berat yang dapat terakumulasi di dalam jaringan setiap jenis lamun. Lamun jenis *Cymodocea rotundata* yang memiliki ukuran morfologi lebih kecil dibandingkan dengan lamun jenis *Thalassia hemprichii* yang memiliki ukuran morfologi lebih besar, hal tersebut ternyata tidak berdampak terhadap sifat bioakumulasi logam berat jenis Pb dan Cd, sedangkan nilai bioakumulasi logam berat jenis Cu pada setiap lokasi penelitian sesuai dengan karakteristik morfologi tubuh lamun.

Bioakumulasi logam berat jenis Cu memiliki konsentrasi bioakumulasi yang tinggi pada lamun yang berukuran besar yaitu *Thalassia hemprichii* dan nilai konsentrasi bioakumulasi Cu rendah terdapat pada lamun yang memiliki morfologi tubuh lamun yang kecil yaitu *Cymodocea rotundata*. Tingginya konsentrasi Cu pada lamun yang bertubuh besar yaitu *Thalassia hemprichii* dapat saja terjadi mengingat logam Cu merupakan logam berat jenis esensial yang dibutuhkan oleh tubuh untuk melakukan pertumbuhan. Hasil penelitian menyatakan bahwa ukuran morfologi lamun tidak memiliki kaitan yang kuat dalam proses bioakumulasi logam berat yang berasal dari lingkungan. Ukuran tubuh lamun tidak menentukan besar kecilnya bioakumulasi logam berat dalam tubuh lamun. Proses bioakumulasi logam berat pada lamun cenderung dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan perairan dan substrat dasar perairan seperti pH perairan dan sedimen, ukuran partikel sedimen, suhu, salinitas dan kandungan nutrient di perairan.

Selain itu musim menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi proses bioakumulasi logam berat pada lamun. Selain itu nilai konsentrasi bioakumulasi logam berat pada lamun tidak memiliki korelasi dengan konsentrasi logam berat yang berasal dari lingkungan sekitar seperti yang terlarut dalam air dan yang terdapat pada sedimen. Kontaminasi lamun oleh logam berat pada lamun diduga akan semakin bertambah semakin berjalannya waktu. Tingkat akumulasi yang semakin lama semakin bertambah akan menyebabkan lamun menjadi toksik dan resisten terhadap kontaminan logam berat, selain itu kontaminasi logam berat pada lamun dapat mengancam rantai makanan yang terjadi pada ekosistem lamun. Terkontaminasinya lamun oleh logam berat akan

menyebabkan logam berat terakumulasi dalam tubuh biota pemakan lamun (Gambar 19) dan tentunya hal tersebut dapat mengancam manusia.



Gambar 19. Dugong sebagai biota pemakan lamun

Mendeteksi Bioakumulasi Logam Berat dalam Jaringan Lamun

Alat yang digunakan untuk analisis logam berat dalam lamun ialah *Atomic Absorption Spectrometry (ASS)* yang memiliki deteksi limit 0.001 ppm. Contoh lamun yang telah dikeringkan, selanjutnya dihaluskan dan kemudian diambil sebanyak 2 gram. Selanjutnya dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml. Sampel lamun selanjutnya ditambah 10 ml HNO_3 dan dipanaskan menggunakan *hotplate* pada suhu 85°C . Ketika volume larutan tersisa 1-2 ml, larutan didinginkan. Setelah itu ditambahkan 10 ml HNO_3 , 10 ml HClO_4 . Pereaksi HNO_3 dan HClO_4 berfungsi sebagai pengoksidasi logam berat. Contoh dihomogenkan dan dipanaskan kembali pada *hotplate* sampai uap HClO_4 hilang. Jika larutan sudah jernih, ditambahkan 100 ml akuades dan dihomogenkan, kemudian disaring (APHA 2012). Selanjutnya dianalisis menggunakan AAS.

Pembuatan Preparat Jaringan Histologis Lamun

Sediaan anatomis yang dilakukan adalah membuat irisan transversal daun dan rhizome yang dibuat dengan menggunakan metode parafin dan diwarnai dengan pewarnaan hemmalum.

Tahapan pembuatan sayatan melintang daun dan rhizome adalah sebagai berikut: potongan daun dan rhizome berukuran 1 cm x 1.5 cm difiksasi dalam larutan FAA selama \pm 24 jam. Selanjutnya dilakukan proses dehidrasi dengan merendam daun dan rhizome dalam seri larutan n-Butanol. Tahapan selanjutnya adalah infiltrasi (penyusupan lilin ke dalam jaringan) dengan cara sebagai berikut: botol sampel yang berisi potongan daun pada seri larutan n-Butanol terakhir ditambah dengan parafin (paraplast) cair, kemudian disimpan pada suhu kamar selama 4 jam dengan tutup botol tertutup. Selanjutnya tutup botol sampel dibuka dan dipindahkan ke dalam oven parafin dengan suhu 58 °C selama 24 jam. Larutan pada botol sampel dibuang kemudian diganti dengan parafin cair baru dan disimpan kembali ke dalam oven parafin selama 3 hari.

Proses selanjutnya yaitu embedding (penanaman sampel daun dan rhizome dalam parafin) dengan cara sebagai berikut: parafin cair dituang ke dalam cawan pencetak yang sudah diolesi dengan gliserin murni. Potongan daun dengan cepat dikeluarkan dari botol sampel dan ditanam di dalam parafin. Kemudian cawan pencetak yang berisi potongan daun dan rhizome tersebut direndam dalam bak plastik berisi air sampai blok parafin terlepas dari cawan. Blok-blok parafin yang sudah selesai dicetak dibiarkan selama 1 hari. Agar jaringan yang ditanam lebih mudah dipotong, blok parafin selanjutnya direndam di larutan Giffort. Blok parafin 20 selanjutnya dipotong dengan mikrotom putar dengan ketebalan 8 μ m. Hasil potongan berupa pita parafin yang berisi sampel daun diletakkan pada gelas objek yang telah diolesi dengan larutan perekat Ewitt. Kemudian spesimen diletakkan di atas pemanas (hot plate) pada suhu 40 °C selama 4 - 5 jam agar pita terentang dengan baik. Tahapan selanjutnya yaitu spesimen diwarnai dengan pewarna rangkap tiga. Setelah selesai pewarnaan preparat ditutup dengan gelas penutup dan diberi perekat entellan. Karakter anatomi daun yang diamati adalah sayatan melintang daun dan rhizome di bawah mikroskop.

6.2 Pengamatan Anatomi Lamun

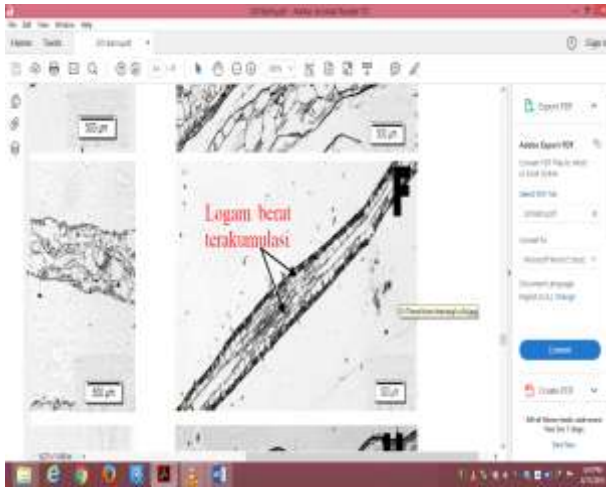
Berdasarkan pengamatan terhadap anatomi lamun yang telah dibuat sayatan histogisnya pada bagian daun dan rhizome, dihasilkan data ukuran lapisan penyusun jaringan daun dan batang lamun. Pengamatan jaringan daun lamun meliputi tebal daun, lapisan epidermis atas, lapisan epidermis bawah, dan tebal sel mesofil. Bagian rhizome yang diamati meliputi tebal: rhizome, jaringan epidermis, sel korteks dan sel stele. Anatomi daun lamun terdiri dari

lapisan epidermis yang terbagi menjadi dua yaitu epidermis atas dan epidermis bawah. Epidermis pada lamun memiliki fungsi sebagai tempat utama berlangsungnya proses fotosintesis, pada lapisan epidermis ini terdapat kandungan kloroplas yang sangat tinggi. Jaringan daun lamun terdiri dari lapisan epidermis yang terbagi menjadi dua yaitu epidermis atas dan epidermis bawah. Epidermis pada lamun memiliki fungsi sebagai tempat utama berlangsungnya proses fotosintesis, pada lapisan epidermis ini terdapat kandungan kloroplas yang sangat tinggi.

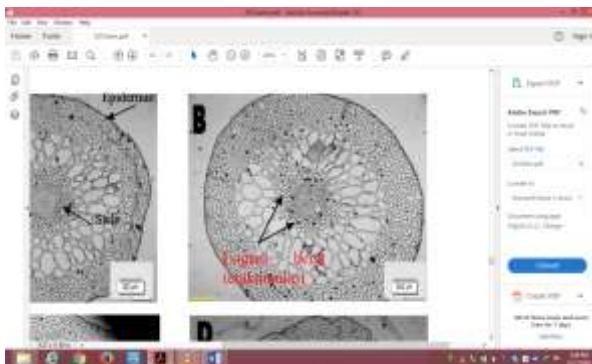
Selain epidermis jaringan daun lamun juga terdiri dari sel mesofil yang terdiri dari banyak lakuna. Lakuna saling terhubung dengan seluruh organ reproduksi vegetatif pada lamun seperti daun, rhizome, akar dan bunga. Pada sela-sela lakuna terdapat ruang antar sel yang berperan sebagai tempat pertukaran gas, sehingga memiliki peran sangat penting untuk proses fotosintesis. Sel mesofil pada daun lamun spesies *Cymodocea rotundata* dan *Thalassia hemprichii* memiliki ketebalan yang bervariasi. Spesies *Cymodocea rotundata* memiliki ketebalan pada kisaran 386-745 μm . Spesies *Thalassia hemprichii* memiliki ketebalan sel mesofil pada kisaran 471-778 μm . Lapisan epidermis yang terdapat pada rhizome berfungsi untuk melindungi jaringan dalam rhizome dari gangguan yang dapat merusak fungsi kerja organ. Tebal lapisan epidermis pada lamun jenis *Thalassia hemprichii* berada pada kisaran 47 - 152 μm , sedangkan pada lamun *Cymodocea rotundata* berada pada kisaran 49 - 92 μm . Setelah lapisan epidermis terdapat sel korteks yang terletak diantara lapisan epidermis dan lapisan endodermis yang terdiri dari sel kolenkim dan parenkim yang berfungsi sebagai jaringan dasar untuk mengisi dan menyimpan zat. Tebal sel korteks pada lamun jenis *Thalassia hemprichii* berada pada kisaran 273-384 μm , sedangkan pada lamun jenis *Cymodocea rotundata* berada pada kisaran 118-143 μm . Stele (silinder pusat) yang berfungsi untuk memberikan kekuatan pada rhizome pada lamun jenis *Thalassia hemprichii* berada pada kisaran 60-103 μm , sedangkan pada lamun jenis *Cymodocea rotundata* berada pada kisaran 44 - 52 μm .

Berdasarkan pengamatan terhadap preparat sayatan histologi daun lamun umumnya masih dalam kondisi yang baik dan tidak tampak adanya kerusakan pada bagian jaringan daun, hal tersebut dapat dibandingkan dengan kondisi histologi daun yang mengalami kerusakan. Anatomi lamun yang mengalami kerusakan memiliki struktur yang tidak jelas, tidak terdapat pembagian yang jelas antara bagian-bagian daun. Logam berat yang terakumulasi (Gambar 20 dan

21) pada bagian jaringan daun dapat terlihat di sayatan histologi dalam bentuk titik-titik hitam yang tersebar. Logam berat yang terdapat dalam jaringan lamun tersebar di seluruh bagian jaringan lamun dengan ukuran yang bervariasi.



Gambar 20 Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh lamun (vertikal)



Gambar 21. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh lamun (Horizontal)

Lapisan epidermis pada daun berperan sebagai pusat berlangsungnya kegiatan fotosintesis, terdapat kandungan klorofil yang sangat tinggi selain itu juga pada lapisan epidermis daun lamun terdapat beberapa organel seperti mitokondria dan retikulum endoplasma. Lapisan epidermis pada daun memiliki kemampuan untuk menyerap nutrisi yang berasal dari lingkungan. Berdasarkan penjelasan terkait karakteristik lapisan epidermis pada lamun dapat

diketahui bahwa epidermis lamun memiliki peran yang cukup penting, peran tersebut menjadikan karakter khas epidermis pada lamun yang tidak terdapat pada lapisan epidermis yang terdapat pada tumbuhan darat.

Penilaian Ekonomi Kerusakan Ekosistem di Kawasan Pesisir

Kawasan pesisir merupakan daerah pertemuan darat dengan laut. Di kawasan pesisir terdapat beragam ekosistem dan sumberdaya pesisir. Berdasarkan sifatnya, ekosistem di kawasan pesisir terdiri dari dua bagian yaitu bersifat alami dan buatan. Ekosistem alami kawasan pesisir yaitu lamun, terumbu karang, hutan mangrove, pantai berpasir, pantai berbatu, formasi *pescaprae*, formasi *barringtonia*, estuari, laguna, delta, dan ekosistem pulau kecil. Ekosistem buatan kawasan pesisir terdiri dari tambak, sawah pasang surut, kawasan pariwisata, kawasan industri, dan kawasan pemukiman. Ekosistem alami pesisir berperan terhadap keanekaragaman hayati atau biota-biota laut seperti ikan, cumi, udang, dan biota lain yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Ekosistem pesisir di Indonesia memiliki nilai ekologi dan ekonomi yang tinggi sehingga ekosistem pesisir mampu berperan penting untuk pembangunan, perekonomian, dan kesejahteraan bangsa Indonesia. Faktanya, informasi tentang fungsi ekologi dari ekosistem pesisir belum sepenuhnya diketahui masyarakat. Hal tersebut menyebabkan masyarakat memanfaatkan ekosistem pesisir dengan alat yang tidak ramah lingkungan, sehingga terjadi kerusakan terhadap ekosistem pesisir. Selain itu, ekosistem pesisir buatan jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan limbah di kawasan pesisir sehingga mengakibatkan kerusakan terhadap ekosistem alami dari kawasan pesisir.

Kerusakan ekosistem tersebut dapat dipicu karena tidak termonerisasinya nilai sumberdaya alam dan lingkungan, maka cenderung untuk bersifat *abusive* (penyalahgunaan) dan *undervalue* terhadap nilai yang sebenarnya hasil dari sumberdaya alam dan lingkungan. Secara implisit hal ini mengindikasikan kurangnya informasi terkait dengan penilaian dari sumberdaya alam dan lingkungan. Kurangnya informasi menyebabkan terjadinya kegagalan pasar karena jasa yang dihasilkan dari sumberdaya alam dan lingkungan tidak sepenuhnya terpasarkan (*unpriced*). Beberapa persyaratan untuk berfungsinya pasar adalah adanya "pasar" untuk semua barang dan jasa yang diproduksi dan dikonsumsi, tidak ada eksternalitas, dan kepemilikan terdefiniskan dengan jelas. Faktanya,

tidak semua sumberdaya alam dan lingkungan memiliki sifat atau persyaratan dan ditambah lagi dengan ketiadaan informasi yang utuh tentang nilai dari sumberdaya alam dan lingkungan. Hal tersebut mengakibatkan terjadi konsumsi berlebih dan degradasi lingkungan. Konsep nilai sumberdaya alam dan lingkungan (SDAL) sering dibedakan antara nilai intrinsik dan nilai instrumental.

Nilai intrinsik merupakan konsep nilai dari aspek ekologi yang memandang bahwa sesuatu nilai terlepas dari sesuatu tersebut dimanfaatkan atau tidak. Nilai instrumental merupakan konsep nilai dari aspek ekonomi yang menekankan pada ekivalensi moneter (setara dengan nilai uang atau termoneterisasi). Nilai ekonomi dalam sistem SDAL terletak pada kontribusi dari fungsi ekosistem dan layanan yang dapat diberikan terhadap *wellbeing* manusia. Penilaian kerusakan SDAL menurut adalah proses untuk mengidentifikasi dan mengukur *injury* sumberdaya alam, menentukan akibat *injury* serta mengembangkan dan melaksanakan restorasi sesuai tindakan. Kerusakan SDAL berarti terjadi penurunan dari SDAL tersebut baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Valuasi ekonomi terhadap ekosistem dan sumberdaya penting dalam kebijakan pembangunan, termasuk dalam hal pengelolaan sumberdaya pesisir dan laut. Hilangnya ekosistem atau sumberdaya lingkungan merupakan masalah ekonomi karena hilangnya ekosistem berarti hilangnya kemampuan ekosistem tersebut untuk menyediakan barang dan jasa. Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan lingkungan dapat membantu kebijakan publik dalam beberapa aspek.

Pertama adalah dalam penentuan harga yang tepat (*pricing strategy*) dan penggunaan mekanisme fiskal, seperti pajak lingkungan. Kedua, membantu pengambil keputusan untuk menentukan kebijakan publik akan pentingnya barang dan jasa yang dihasilkan dari sumberdaya alam dan lingkungan, sehingga akan membantu dalam penilaian proyek dan penentuan prioritas pembangunan. Ketiga, berhubungan dengan perencanaan pada tingkat makro seperti memasukkan aspek deplesi dan degradasi dari sumberdaya alam dan lingkungan dalam konteks perencanaan pembangunan. Keempat, informasi yang diperoleh akan membantu kebijakan publik dalam penentuan kompensasi yang terjadi pada sumberdaya alam dan lingkungan.

6.3 Kerusakan Ekosistem Lamun

Faktor kerusakan ekosistem lamun salah satunya adalah reklamasi pantai, pencemaran, penangkapan ikan dengan cara

destruktif (bom, sianida, pukot dasar), dan tangkapan berlebih (*over-fishing*). Aktivitas-aktivitas tersebut menyebabkan hilangnya ratusan hektar ekosistem lamun di perairan. Dampaknya yaitu hilangnya nilai ekonomi ekosistem lamun di perairan. Kegiatan-kegiatan yang sering terjadi di kawasan pesisir dan mampu memberikan dampak negatif terhadap ekosistem lamun yaitu:

1. Pengerukan dan pengurugan yang berkaitan dengan pembangunan *real estate* pinggir laut, pelabuhan, industry estate pinggir laut, dan pengerukan saluran navigasi.
 - a. Hilangnya fungsi ekosistem lamun sebagai habitat di lokasi pengerukan dan pengurugan.
 - b. Hilangnya habitat di lokasi pembuangan hasil pengerukan.
 - c. Meningkatnya kekeruhan air yang akan mengurangi intensitas cahaya dengan demikian akan menghambat proses fotosintesis oleh tumbuhan air yang berakibat turunnya produksi primer.
2. Pembuangan sampah organik cair (*sewage*).
 - a. Penurunan kadar oksigen terlarut dalam kolam air di atas ekosistem lamun yang dapat mengganggu penyedia oksigen bukan saja bagi ekosistem lamun, tetapi juga bagi hewan-hewan air yang menggunakan ekosistem lamun sebagai habitat.
 - b. Tumbuh suburnya (*blooming*) fitoplankton (ganggang *renik* hidup melayang-layang dalam air) yang akan meningkatkan kekeruhan air sehingga menghalangi penetrasi cahaya ke dalam air yang dapat menghambat laju fotosintesis ekosistem lamun dan menyebabkan menurunnya produktivitas ekosistem lamun.
 - c. Tumbuh suburnya ganggang *renik* bersel tunggal yang hidup melekat di permukaan daun-daun lamun, sehingga seluruh permukaan daun tertutup oleh ganggang, sehingga menghalangi daun menerima cahaya, dengan akibat terhentinya proses fotosintesis dan matinya ekosistem lamun.
3. Pencemaran oleh limbah industri terutama logam berat.
 - a. Limbah industri mampu mengakibatkan kerusakan pada ekosistem lamun akibat kadar logam berat yang berlebih. Kadar logam berat dalam ekosistem lamun jauh lebih besar daripada kadarnya dalam air dapat meracuni hewan yang makan ekosistem lamun atau detritus yang berasal dari ekosistem lamun sehingga mematikan biota-biota laut yang berasosiasi dengan ekosistem lamun.

4. Pencemaran minyak

- Lapisan minyak pada daun lamun menghalangi cahaya untuk sampai ke permukaan daun dan menembusnya, dan dengan demikian ekosistem lamun tidak dapat berfotosintesis sehingga mengakibatkan kematian pada ekosistem lamun.

6.4 Perubahan Produktifitas

Kekayaan alam memiliki nilai bagi manusia karena alam merupakan sumberdaya yang produktif, menghasilkan manfaat baik dalam bentuk barang maupun jasa. Pendekatan produktivitas dalam penilaian ekonomi sumberdaya alam menggunakan asumsi bahwa sumberdaya alam dipandang sebagai input bagi suatu produk final yang bernilai bagi publik, dan kapasitas produksi dari sumberdaya alam tersebut dinilai dari seberapa besar kontribusi sumberdaya alam terhadap produksi produk final. Metode pendekatan produktivitas digunakan untuk menggambarkan perubahan produksi udang, kerapu, belanak, kepiting, kakap, dan kerang akibat kerusakan ekosistem lamun di Perairan. Kerusakan ekosistem lamun diakibatkan oleh meningkatnya aktivitas di Perairan. Perubahan produktivitas tersebut dirumuskan dengan formula dan tahapan sebagai berikut:



Keterangan:

- NESK0 = Nilai ekonomi ekosistem lamun sebelum kerusakan (Rp/ha/tahun)
- Pi0 = Produksi komoditi i sebelum kerusakan (Kg/tahun/orang)
- Hi = Harga komoditi i (Rp/kg)
- Ni = Jumlah nelayan komoditi i (orang)
- CPi0 = Biaya operasi penangkapan komoditi i sebelum kerusakan (Rp)
- L = Luas Perairan (ha)

Nilai ekonomi ekosistem lamun setelah kerusakan (NELSK1) adalah nilai ekonomi yang diperoleh dari manfaat langsung setelah terjadinya kegiatan-kegiatan yang menyebabkan rusaknya ekosistem lamun. Luasan ekosistem lamun yang dapat dimanfaatkan setelah terjadinya kerusakan ekosistem lamun sebesar sekian ha. Luas

Perairan sekian ha. Nilai ekonomi ekosistem lamun setelah terjadinya kerusakan dirumuskan sebagai berikut:



Keterangan:

- NESK1 = Nilai ekonomi ekosistem lamun setelah kerusakan (Rp/ha/tahun)
- P_i1 = Produksi komoditi i setelah kerusakan (Kg/tahun/orang)
- H_i = Harga komoditi i (Rp/kg)
- N_i = Jumlah nelayan komoditi i (orang)
- $CPi1$ = Biaya operasi penangkapan komoditi i setelah kerusakan (Rp)
- L = Luas Perairan (ha)

Formulasi dari kehilangan ekonomi lamun sebagai berikut:



Keterangan:

- $KELkti$ = Kehilangan ekonomi ekosistem lamun sebagai kawasan penangkapan ikan dan non-ikan (Rp/ha/tahun)
- $NELSK0$ = Nilai ekonomi ekosistem lamun sebelum kerusakan (Rp/ha/tahun)
- $NESK1$ = Nilai ekonomi ekosistem lamun setelah kerusakan (Rp/ha/tahun)

Kehilangan ekonomi ekosistem lamun yang diperoleh menggambarkan nilai kerusakan dari ekosistem lamun.

Biaya Pengganti

Biaya pengganti (*replacement cost*) didasarkan pada estimasi besarnya biaya yang disediakan oleh pengguna jasa lingkungan untuk menghindari kerusakan lingkungan (*avoid cost*), atau biaya restorasi dan rehabilitasi lingkungan (*replacement cost*), atau biaya substitusi atas jasa lingkungan yang mengalami. Dengan kata lain, biaya pengganti dapat diasumsikan sebagai manfaat jasa lingkungan

akibat peningkatan kualitas lingkungan melalui rehabilitasi, restorasi, dan konservasi ekosistem. Pembangunan industri, pembangunan dermaga, dan aktivitas nelayan diduga mengakibatkan hilangnya luas ekosistem lamun. Hilangnya luas ekosistem lamun menyebabkan hilangnya manfaat tidak langsung ekosistem lamun seperti sebagai tempat pemijahan ikan dan pencegah abrasi. Nilai manfaat tidak langsung sebagai tempat pemijahan ikan dan pencegah abrasi dapat dihitung dengan pendekatan *replacement cost*.

Ekosistem Lamun sebagai Tempat Pemijahan Ikan

Nilai ekosistem lamun sebagai tempat pemijahan ikan dihitung melalui pendekatan pembuatan tambak. Biaya pembuatan tambak menggambarkan nilai tempat pemijahan ikan sebagai pengganti fungsi ekosistem lamun. Formulasi *replacement cost* dalam kajian ini sebagai berikut:



Keterangan:

Npi = Nilai ekonomi ekosistem lamun sebagai tempat pemijahan ikan (Rp/ha/tahun)

THi = Tingkat hidup ikan (%)

KBi = Kepadatan benih (ekor/ha) Pbi = Harga bibit (Rp/ekor)

Ekosistem Lamun sebagai Pencegah Abrasi

Nilai manfaat tidak langsung lainnya yaitu pencegah abrasi.

Replacement

cost dari pencegah abrasi dapat dihitung dengan pendekatan pembuatan turap dengan bambu, rumus *replacement cost* yang digunakan adalah sebagai berikut:



Keterangan:

Npx = Nilai ekonomi ekosistem lamun sebagai pencegah abrasi
(Rp/tahun)

Cpi = Biaya pembuatan turap dengan bambu (Rp/ha)

Pt = Panjang turap sebagai pencegah abrasi (ha)

DTi = Daya tahan turap (tahun)

6.5 Peran *Stakeholder* dalam Penanggulangan Kerusakan

Beberapa peran yang dapat dilakukan *stakeholder* berdasarkan kepentingan dan pengaruhnya: 1. Badan Pelestarian Lingkungan Hidup, berperan sebagai pengontrol limbah dari aktivitas industri, pertanian, pemukiman, dan dermaga yang mampu merusak ekosistem lamun dan membantu merehabilitasi ekosistem lamun yang rusak dengan cara penanaman lamun atau transplantasi lamun. 2. Dinas Kelautan dan Perikanan berperan dalam mengontrol alat tangkap ikan yang digunakan nelayan yang tidak ramah lingkungan dan membantu merehabilitasi ekosistem lamun yang rusak dengan cara penanaman lamun atau transplantasi lamun. 3. Pemerintahan kabupaten dan kecamatan berperan mengontrol dan mengamankan aktivitas masyarakat yang mampu merusak kawasan ekosistem lamun dan mengajak masyarakat, agar masyarakat berkontribusi dalam pelestarian ekosistem lamun. 4. Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) berperan dalam meningkatkan kelembagaan masyarakat dan keterampilan masyarakat dalam pengelolaan ekosistem lamun secara lestari, seperti lamun dapat diolah menjadi anyaman keranjang, pengganti benang atau cerutu, atap rumbai, dan makanan. 5. Nelayan dan masyarakat pesisir berperan dalam pemanfaatan sumberdaya pesisir dengan lestari dan berpartisipasi dalam pengelolaan ekosistem lamun serta saling bertukar informasi. 6. Industri Membantu penyaluran CSR untuk kepentingan lingkungan hidup, mengelola limbah agar tidak dibuang ke laut, menjaga dan melestarikan lingkungan pesisir. 7. Peneliti/universitas Penunjang pembuatan kebijakan terkait ekosistem pesisir khususnya ekosistem lamun.

Pertimbangan Pengelolaan Lamun Berkelanjutan

Pengelolaan ekosistem lamun agar keberadaannya *sustainable* di perairan wajib mempertimbangkan beberapa hal yaitu: pendekatan ekosistem, pendekatan sosial-ekonomi dan budaya, pendekatan sosial politik, dan pendekatan hukum dan kelembagaan.

1. Pendekatan Ekosistem Lamun merupakan salah satu tumbuhan pesisir dan laut dangkal yang tidak bisa dipisahkan dengan

ekosistem lainnya secara ekologi. Ekosistem lamun yang masih utuh dapat menjadi “pagar” pantai sehingga dapat meredam hampasan ombak/gelombang dan gerusan arus. Ekosistem lamun juga menjadi tempat aktivitas biota laut seperti memijah, mengasuh, mencari makan sehingga produksi perikanan sangat terkait dengan ekosistem lamun. Keberadaan ekosistem lamun juga mendukung keanekaragaman spesies dan plasma nutfah yang tinggi. Tingginya produktivitas primer di ekosistem lamun adalah berkah untuk berbagai biota di ekosistem maupun di sekitarnya.

2. Pendekatan Sosial-Ekonomi dan Budaya. a. Meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang ekosistem lamun baik manfaat, potensi, dan pengelolaan ekosistem lamun melalui pendidikan, penyuluhan, dan budaya. b. Ekosistem lamun memiliki nilai ekonomi langsung dan nilai ekonomi tidak langsung. Nilai ekonomi langsung ekosistem lamun sangat besar, baik untuk konsumsi langsung maupun produksi. Pengelolaan pesisir yang berkelanjutan dan diikuti dengan pengembangan usaha sesuai dengan manfaat langsung ekosistem lamun. Contohnya penangkapan ikan dan penangkapan kerang mengakibatkan peningkatan penghasilan dan kesejahteraan masyarakat pesisir. c. Memberdayakan peran masyarakat dalam pengelolaan, pemeliharaan, dan perlindungan terhadap keberadaan ekosistem lamun.
3. Pendekatan Sosial Politik. a. Menyusun perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumberdaya di kawasan pesisir secara bijaksana, mempertimbangkan aspek ekologi dan ekonomi. b. Proses perencanaan pembangunan kawasan pesisir seharusnya dilakukan secara dua arah yaitu *bottom up* dan *top down*.
4. Pendekatan Hukum dan Kelembagaan. a. Menjalankan dan menegakkan hukum yang telah ada guna menjaga ekosistem di Perairan, membentuk kelembagaan mengenai hak dan kewajiban berdasarkan kepentingan dan pengaruh sehingga ekosistem lamun mendapat perhatian agar *sustainable*.

Pendekatan Weighted Sum Model (WSM)

Weighted Sum Model (WSM) merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk melakukan analisis dalam pengambilan keputusan terbaik dari sejumlah alternatif. Tujuannya untuk menghasilkan

keputusan yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai kriteria. Pembuatan keputusan dilakukan melalui upaya pengkuantifikasikan suatu kejadian dan dinyatakan dengan suatu bilangan antara 0 dan 1. Hal ini dianggap sebagai probabilitas pribadi atau subjektif dimana bobot WSM didasarkan pada tingkat kepercayaan, keyakinan, pengalaman, serta latar belakang pengambilan keputusan. Responden untuk metode WSM yaitu pakar yang mengetahui tentang kondisi ekosistem lamun di daerah seperti Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi, Badan Pengelolaan Dan Lingkungan Hidup Kabupaten, Badan Pengelolaan Dan Lingkungan Hidup Provinsi, LSM, dan Dosen Universitas. Persamaan WSM yang digunakan untuk menghitung nilai setiap alternatif:



Keterangan:

Total Nilai i = Total nilai akhir dari alternatif ke- i

Nilai ij = Nilai dari alternatif ke- i pada kriteria ke- j

Krit j = Tingkat kepentingan (bobot) kriteria ke- j $i = 1,2,3,\dots,n$;

n = jumlah alternative

$j = 1,2,3,\dots,m$;

m = jumlah kriteria

Alternatif pengelolaan ekosistem lamun secara berkelanjutan dengan pendekatan WSM terdiri dari 3 (tiga) alternatif yaitu: konservasi ekosistem lamun, pengembangan ekowisata laut, dan rehabilitasi ekosistem lamun. Masing-masing alternatif terdapat tiga kriteria yaitu: modal, keuntungan, dan biaya. Ketiga alternatif merupakan alternatif paling tepat untuk pengelolaan ekosistem lamun yang sudah rusak di Perairan. Pemilihan 3 (tiga) alternatif pengelolaan tersebut juga berdasarkan pertimbangan dan diskusi dengan *stakeholder* dan masyarakat pesisir. Penilaian alternatif pada masing-masing kriteria menggunakan skala ordinal dari (1) tidak penting sampai (5) sangat penting untuk kriteria biaya, keuntungan, dan efektif. Indikator 1 hingga 5 pada metode WSM menunjukkan tingkat kepentingan peran kriteria untuk menunjang keberlanjutan suatu alternatif pengelolaan. ∞

BAB 7.

TRANSPLANTASI LAMUN

Transplantasi lamun adalah memindahkan dan menanam dilain tempat, mencabut dan memasang pada tanah lain atau situasi lain, restorasi adalah mengembalikan kondisi seperti sebelumnya dari gangguan atau mengganti dengan yang baru. Penanaman lamun yang dikenal dengan “transplantasi” merupakan salah satu cara untuk memperbaiki atau mengembalikan kembali habitat yang telah mengalami kerusakan. Strategi dalam pengambilan keputusan untuk menetapkan pemilihan lokasi penanaman yaitu intensitas cahaya, epiphytisasi, masukan nutrien, arus air, kedalaman, kemiripan lokasi donor dan tindakan alternatif seperti penyesuaian metode dengan karakteristik lokasi transplantasi.

Beberapa kriteria yang digunakan untuk memilih lokasi restorasi (transplantasi) lamun jauh dari lokasi asli yang mengalami kerusakan, sebagai berikut: 1) Memiliki kemiripan kedalaman relatif sama dengan lokasi padang lamun alami, 2) Memiliki sejarah pertumbuhan lamun, 3) Tidak ada gangguan dari aktivitas manusia dan gangguan lain, 4) Tidak ada gangguan secara regular oleh badai dan pergerakan sedimen, 5) Tidak mengalami rekolonisasi alami secara ekstensif oleh lamun lainnya, 6) Restorasi lamun telah berhasil di lokasi yang sama, 7) Terdapat area yang cukup untuk mendukung kegiatan transplantasi atau restorasi, 8) Memiliki kemiripan kualitas habitat dengan daerah alaminya. Kegiatan transplantasi lamun yang bertujuan untuk restorasi habitat telah dilakukan pada tahun 1947 oleh Addy dengan menggunakan biji dan bibit vegetatif lamun *Zostera marina*. Transplantasi dengan menggunakan biji tidak berhasil, tetapi penanaman yang menggunakan bibit vegetatif menunjukkan keberhasilan. Teknik transplantasi lamun di Indonesia secara garis besar dibagi dua, yakni yang mempergunakan jangkar dan tanpa jangkar.

7.1 Teknik Transplantasi tanpa Jangkar

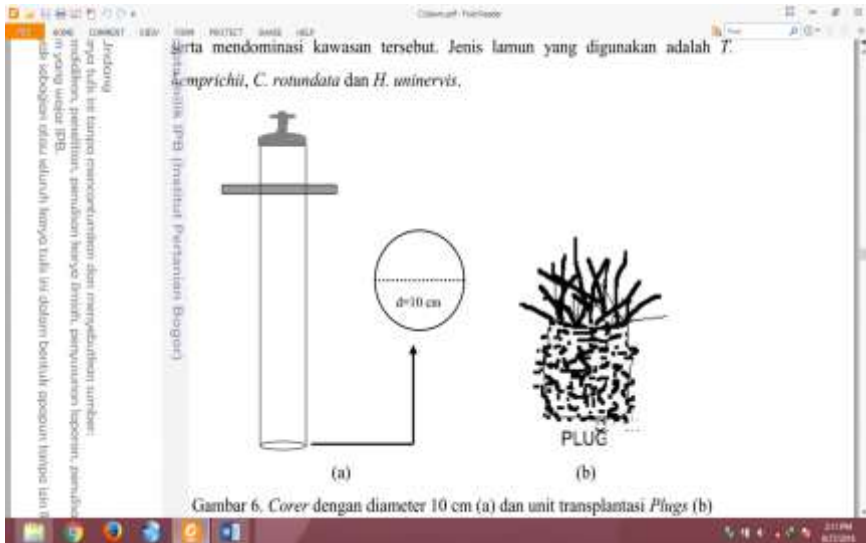
Teknik ini termasuk menanam tanaman yang lengkap dengan substratnya dan tanaman yang telah dibersihkan dari substratnya. Beberapa teknik penanaman lamun tanpa jangkar seperti dibawah ini:

a. Turfs

Turfs adalah sebuah unit lamun dengan luas sekitar 0,1 m² yang digali dan dipindahkan dari tempat donor dengan sebuah sekop. Unit dibawa ke lokasi penanaman dan unit transplantasi lamun ditanam dengan cara dimasukkan pada sebuah lubang yang sebelumnya telah dipersiapkan.

b. Plugs

Metode *plugs* yaitu pengambilan bibit tanaman dengan patok paralon dan tanaman dipindahkan dengan substratnya. Biasanya menggunakan paralon (PVC) dengan diameter 10-25 cm. Metode plug (Gambar 22 dan 23) dengan menekan tanaman masuk ke substratnya, kemudian ditransplantasi pada lubang pada kedalaman 15-20 cm. Biji disebar di atas permukaan substrat di daerah dengan arus yang rendah. Kurungan plastik dipasang di sekeliling area penanaman untuk menghindari biji yang disebar hanyut terbawa arus.



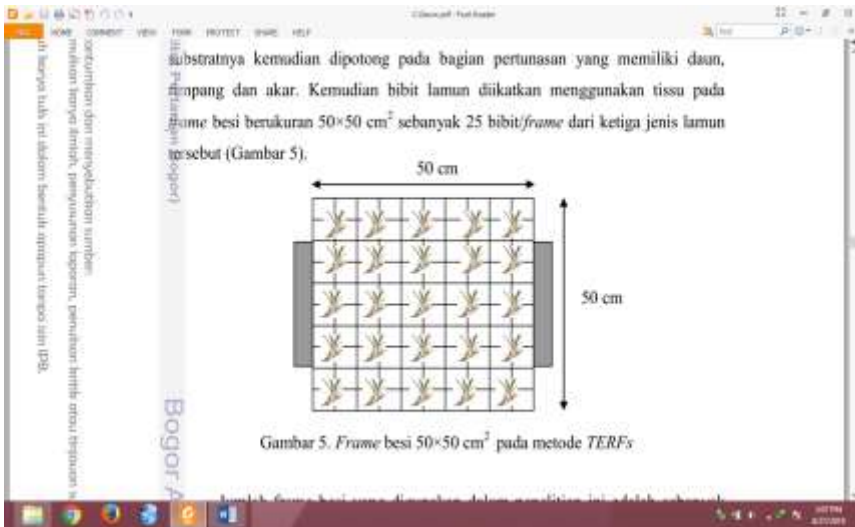
Gambar 22. Corer dengan diameter 10 cm (a) dan unit transplantasi plug (b)



Gambar 23. Bibit Unit transplantasi metode Plugs

7.2 Teknik Transplantasi dengan menggunakan Jangkar

Teknik ini bertujuan untuk menghindari tanaman hanyut terbawa arus, cara untuk penanaman lamun dengan menggunakan jangkar adalah sebagai berikut: tunas tunggal diikat dengan karet gelang pada sepotong kawat atau besi, dibawa ke lokasi penanaman, menggali lubang dan setelah itu ditanam dan ditutupi dengan sedimen. Cara lain dengan mengikat sekumpulan tunas pada sebuah bata, di tempat penanaman mereka dijatuhkan kedalam air dari atas perahu, atau mengikat sekumpulan tunas (4-5 tunas) menjadi satu dengan kawat kemudian ditanam di areal penanaman bersama-sama kawatnya. *TERFs* (*Transplanting Eelgrass Remotely with Frame system*) merupakan metode transplantasi lamun yang dikembangkan oleh F. T. Short di Universitas 15 New Hampshire. *TERFs* adalah unit penanaman lamun berupa tunas yang diikat pada *frame* besi (*TERFs frame*). *TERFs* kemudian ditanam dengan meletakkannya di atas sedimen substrat dasar dengan sedikit tekanan sehingga *frame* besi bagian bawah dapat masuk beberapa cm ke dalam substrat (Gambar 24).



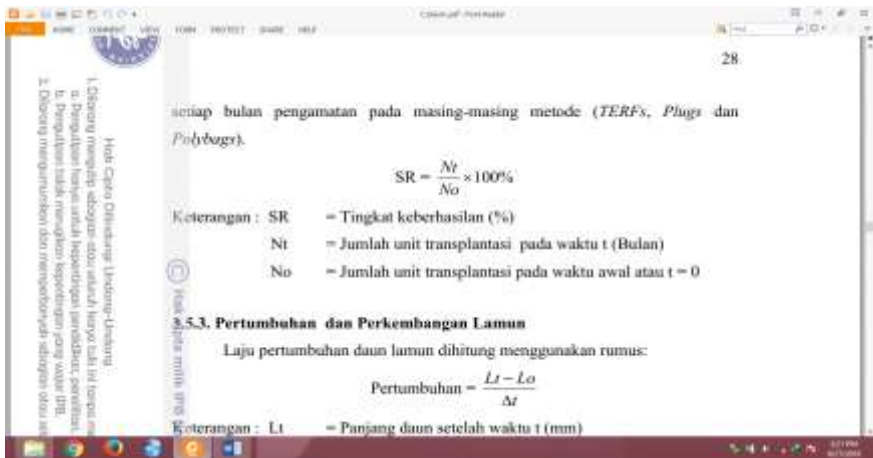
Gambar 24. Frame besi 50×50 CM² pada metode TERFs

7.3 Metode *Peat Pot*

Metode *peat pot* adalah metode transplantasi lamun yang menggunakan wadah dalam kegiatan penanaman, wadahnya ini dapat berbentuk kotak ataupun bulat dan akan terdegradasi secara alami, berukuran 8 cm x 8 cm. Dengan menggunakan metode ini lamun donor diambil dari daerah yang memiliki kepadatan lamun tinggi dengan menggunakan cangkul ataupun corer. Pada saat penanaman pot, lubang terlebih dahulu dipersiapkan, kemudian pot ditanamkan ke dalam lubang tersebut sedemikian rupa sehingga terkubur dalam substratnya dengan kokoh. Penggunaan corer dimaksudkan agar seluruh bagian lamun beserta substratnya dapat terangkat secara utuh.

7.4 Tingkat Keberhasilan Unit Transplantasi

Analisa data tingkat keberhasilan unit lamun transplantasi berupa analisis komparatif, yakni membandingkan data tingkat keberhasilan (*Survival Rate*) setiap bulan pengamatan pada masing-masing metode (*TERFs*, *Plugs* dan *Polybags*).



Keterangan :

SR = Tingkat keberhasilan (%)

N_t = Jumlah unit transplantasi pada waktu t (Bulan)

N₀ = Jumlah unit transplantasi pada waktu awal atau t = 0

Tingkat keberhasilan suatu kegiatan transplantasi dapat dikatakan sukses jika minimum 75% dari unit transplantasi dapat beradaptasi secara alami dalam kurun waktu satu tahun pengamatan, jika kurang dari 75% maka kegiatan penanaman dilakukan kembali hingga memenuhi standar persen keberhasilan pada saat monitoring berikutnya. Tingkat keberhasilan dalam transplantasi lamun sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti substrat dasar, salinitas, suhu, cahaya, arus perairan, pH dan ketersediaan nutrisi, serta waktu atau musim penanaman yang juga menentukan kondisi perairan tersebut sehingga dapat memperkecil pengaruh dari perubahan yang terjadi dalam kolom perairan baik yang berupa fisik maupun kimia.

7.5 Restorasi lamun

Restorasi merupakan suatu kata yang berbeda dengan transplantasi, restorasi lamun yang telah digunakan di dunia sangat banyak. Restorasi adalah membuat kembali padang lamun pada kondisi untuk mendukung pada lamun yang pernah ada, sedangkan transplantasi adalah menanam dan memindahkan di lain tempat (Gambar 25). Restorasi Lamun belum terlalu terkenal seperti terumbu karang dan mangrove namun di Indonesia restorasi lamun biasanya menggunakan transplantasi IPU (*Isolated Planting Units*)

dengan menanam secara manual Lamun kedalam Laut, cara ini telah lama ditinggalkan karena kerusakan transplant akibat dari erosi dan bioturbansi yang disebabkan oleh kapabilitas dari akar untuk menjangkar pada substrat terbatas, oleh karena itu beberapa Negara telah menggunakan teknologi mekanik.



Gambar 25. Kegiatan restorasi lamun agar populasi lamun tidak punah

Restorasi lamun di Dunia secara umum berkembang di Negara yang memiliki garis pantai yang panjang seperti Amerika Serikat dan Australia. Di Australia perkembangan transplantasi lamun dilatarbelakangi oleh Cockburn Cement Limited melalui program EMP (Environmental Management Programme) pada tahun 1995 yang membuat ECOSUB I sebagai teknologi transplantasi lamun di Australia yang memiliki kemampuan luas mencapai 50 x 50 cm² dengan kedalaman mencapai 40 cm sehingga memiliki perakaran yang baik dan struktur kanopi mampu menahan selama ekstraksi, transport dan penanaman kembali. Ecosub I memiliki kemampuan dalam menampung donor transplant dan tumbuhan pada lubang penggali dengan dimensi yang sama saat menutup, Ecosub memiliki kemampuan dalam melakukan transplantasi mencapai 100-120 lempeng rumput setiap bulan.

Aplikasi Startegis Penerapan Restorasi Lamun Melalui Integrasi Sosial

Pendekatan yang pertama kali dilakukan adalah melalui kerja sama antara berbagai pihak baik pemerintah daerah maupun pusat. Pemerintah pusat melalui dua dinas terkait seperti Kementerian Kelautan dan Perikanan dan Kementerian Lingkungan hidup mampu berkolaborasi dalam akomodasi para penyuluh maupun akomodasi dari segi pendanaan, perizinan dan penyediaan penyuluh bagi masyarakat. Pada sektor pendanaan dapat dilaksanakan melalui pemanfaatan *Carbon Trade* pada industri yang banyak mengeluarkan karbon dengan pendanaan dari CSR ataupun melalui program perbaikan lingkungan seperti yang dilaksanakan oleh Australia dalam melakukan restorasi Lamun. LSM dan masyarakat juga memiliki peran penting seperti mengakomodir masyarakat melalui pembuatan kelompok-kelompok konservasi Lamun seperti Laskar Lamun Mandiri sehingga masyarakat sebagai ujung tombak atau target dalam melaksanakan program ini dapat dicapai dan masyarakat bersama pemerintah daerah dapat membuat suatu obyek pariwisata pada zona pemanfaatan sebagai obyek wisata dalam ekowisata terutama biota yang terancam punah dan langka, keberhasilan proses ini dapat bekerjasama dengan dinas Pariwisata Daerah sehingga mampu menyebarluaskan objek wisata keseluruh Daerah.

Perguruan Tinggi dan Lembaga Riset sebagai satu entitas yang tidak terpisahkan misalnya untuk pengembangan teknologi dan pengabdian masyarakat sehingga terjadi penyebaran informasi tentang Lamun secara merata. Integrasi antara berbagai sistem sosial seperti masyarakat, Pemerintah, Industri, Lembaga Riset, LSM Lingkungan dan Perguruan Tinggi akan menentukan sebuah keberhasilan dalam proses restorasi Lamun. Masyarakat akan mendapatkan peningkatan ekonomi melalui Lamun yaitu sebagai area penangkapan ikan dan objek wisata pada zona pemanfaatan. Pemerintah mendapatkan keuntungan berupa penjangaan terhadap mitigasi bencana, keanekaragaman hayati dan peningkatan pendapatan daerah melalui berbagai sistem yang diaplikasikan. Industri memberikan sebuah solusi baru dalam menjaga lingkungan sehingga dapat menyalurkan dananya sebesar-besarnya bagi masyarakat. Secara umum Integrasi ini akan menjaga mitigasi bencana alam, pemanasan global dan keanekaragaman hayati dengan tetap memperhatikan kesejahteraan masyarakat.

This page is intentionally left blank

BAB 8.

KONSEP PENGAMBILAN DATA DAN ANALISIS

8.1 Identifikasi Habitat

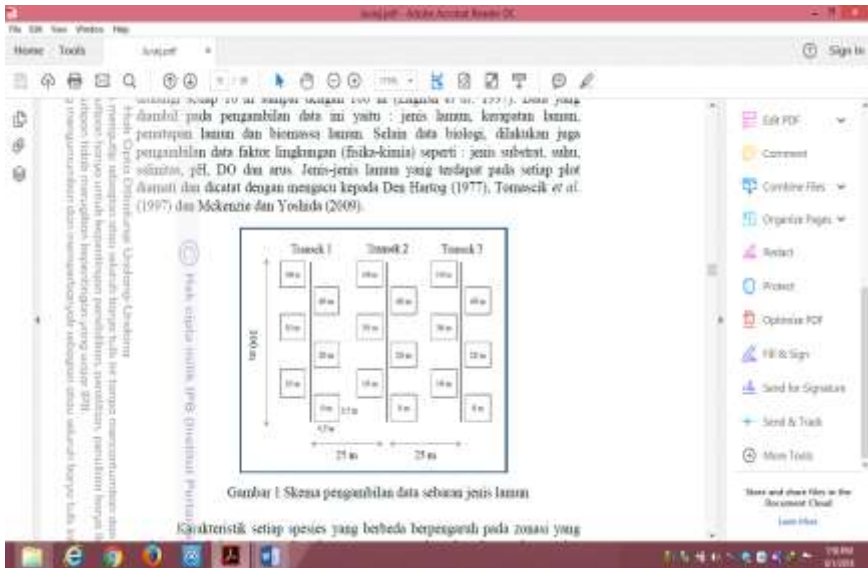
Identifikasi habitat diperlukan untuk mengetahui tipe tutupan lahan. Menggunakan *satellite-based* CORINE dari Uni Eropa untuk mengetahui tutupan lahan daratan dan dibedakan ke dalam 44 tipe. Dalam penelitian ini tipe tutupan lahan dibedakan menjadi dua, yaitu tipe habitat (5 tipe) dan morfologi dasar perairan (6 tipe) di ekosistem lamun yang mengadopsi tutupan lahan area terumbu karang. Istilah-istilah yang dipakai dalam tipe habitat dan morfologi ekosistem lamun adalah sebagai berikut:

- Lumpur : Substrat yang lebih didominasi oleh lumpur.
- Pasir : Substrat yang lebih didominasi oleh pasir.
- Rubble* : Pecahan karang mati, biasanya berasosiasi dengan makroalgae dan lamun.
- Karang : Karang hidup, biasanya berasosiasi dengan lamun dan makroalgae.
- Lamun : Daerah yang dipadati oleh lamun, baik monospesies maupun multispesies.
- Pantai : Batas antara daratan dan lautan.
- Cekungan : Cekungan yang masih tergenang air pada saat surut.
- Karang mati : Daerah dengan substrat dasar berupa karang mati, biasanya muncul pada saat air surut. Umumnya merupakan hamparan yang ditumbuhi oleh algae atau lamun.
- Kaloran : Merupakan daerah yang lebih dalam dari sekitarnya, memotong *reef crest* dan berhubungan dengan *reef slope*.
- Gundukan pasir : Timbunan pasir.
- Reef crest* : Batas antara *reef flat* dan *reef slope*.

Identifikasi jasa ekosistem lamun bertujuan untuk mendapatkan pemetaan komponen integritas ekologis, jasa pengaturan, jasa persediaan dan jasa budaya. Informasi yang dihimpun para peneliti sebelumnya diperoleh enam parameter integritas ekologis, enam parameter jasa pengaturan, delapan parameter jasa persediaan dan dua parameter jasa budaya.

Pengambilan Data Sebaran Jenis Lamun

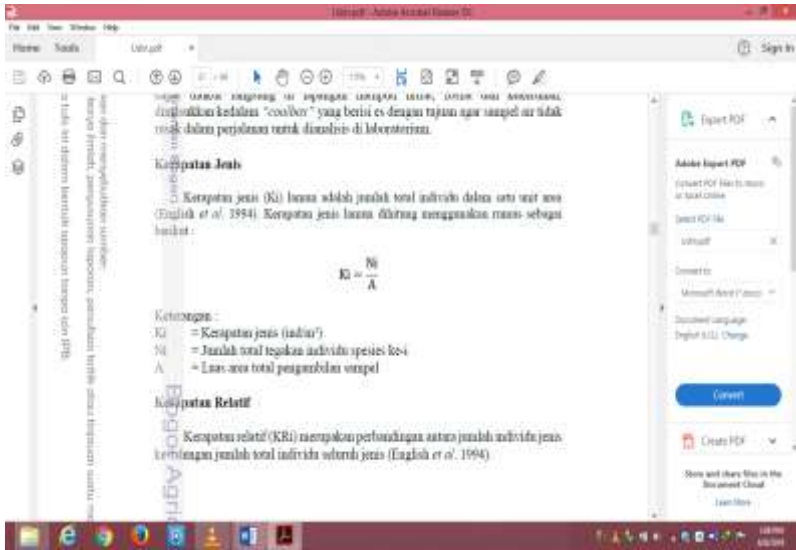
Pengambilan data sebaran jenis lamun ini dilakukan secara sistematis, metode yang dipergunakannya yaitu pada setiap stasiun mengambil 3 garis transek mengikuti garis pantai dengan panjang setiap transek 100 m dan jarak antar garisnya 25 m. Pada setiap garis transek diamati ekosistem lamun dengan bantuan transek plot berukuran 0.5 x 0.5 m² yang dimulai dari titik 0 m dan diulangi setiap 10 m sampai dengan 100 m. Data yang diambil pada pengambilan data ini yaitu : jenis lamun, kerapatan lamun, penutupan lamun dan biomassa lamun. Selain data biologi, dilakukan juga pengambilan data faktor lingkungan (fisika-kimia) seperti: jenis substrat, suhu, salinitas, pH, DO dan arus. Jenis-jenis lamun yang terdapat pada setiap plot diamati dan dicatat. Contoh transek pengambilan data lamun dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Contoh tataletak transek pengambilan data lamun

Kerapatan Jenis

Kerapatan jenis (K_i) lamun adalah jumlah total individu dalam satu unit area. Kerapatan jenis lamun dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:



Keterangan:

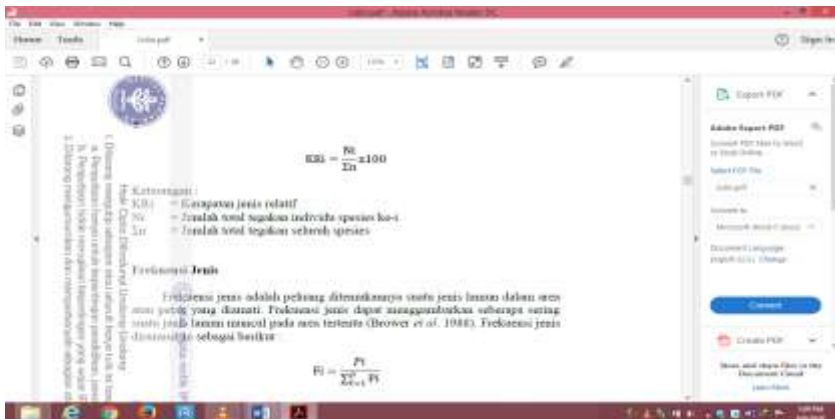
K_i = Kerapatan jenis (ind/m²)

N_i = Jumlah total tegakan individu spesies ke-i

A = Luas area total pengambilan sampel

Kerapatan Relatif

Kerapatan relatif (KRI) merupakan perbandingan antara jumlah individu jenis ke-i dengan jumlah total individu seluruh jenis.



Keterangan:

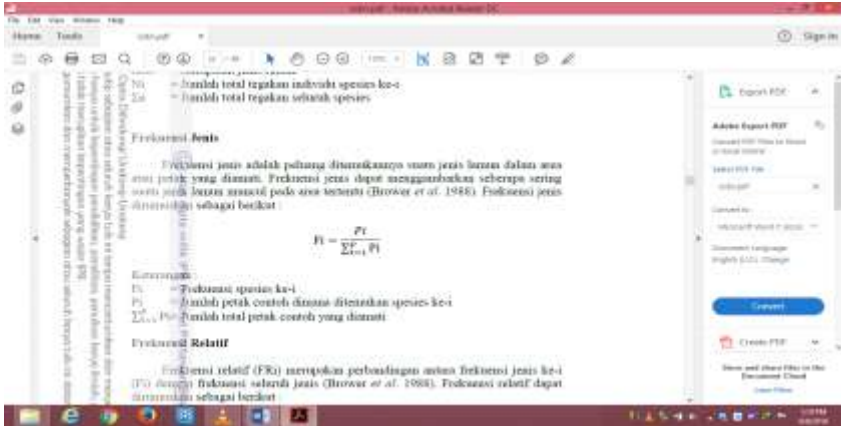
KRI = Kerapatan jenis relatif

N_i = Jumlah total tegakan individu spesies ke-i

$\sum n$ = Jumlah total tegakan seluruh spesies

Frekuensi Jenis

Frekuensi jenis adalah peluang ditemukannya suatu jenis lamun dalam area atau petak yang diamati. Frekuensi jenis dapat menggambarkan seberapa sering suatu jenis lamun muncul pada area tertentu. Frekuensi jenis dirumuskan sebagai berikut:



Keterangan:

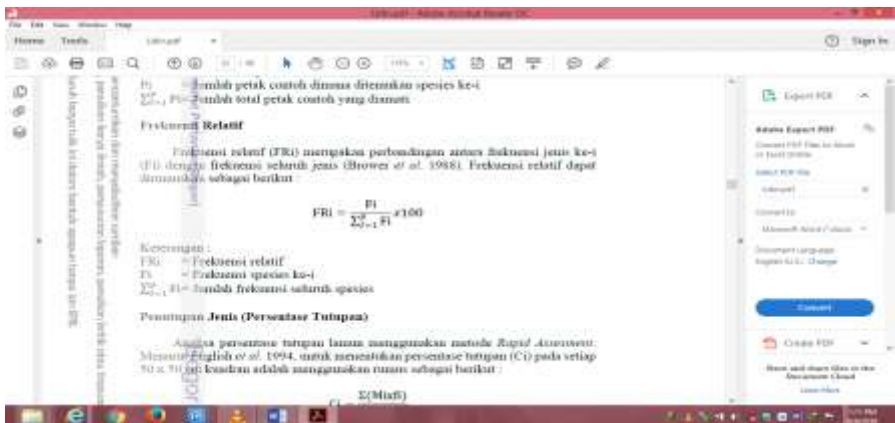
F_i = Frekuensi spesies ke-i

P_i = Jumlah petak contoh dimana ditemukan spesies ke-I

$\sum P_i P_t = 1$ = Jumlah total petak contoh yang diamati

Frekuensi Relatif

Frekuensi relatif (FRI) merupakan perbandingan antara frekuensi jenis ke-I (F_i) dengan frekuensi seluruh jenis. Frekuensi relatif dapat dirumuskan sebagai berikut:



Keterangan:

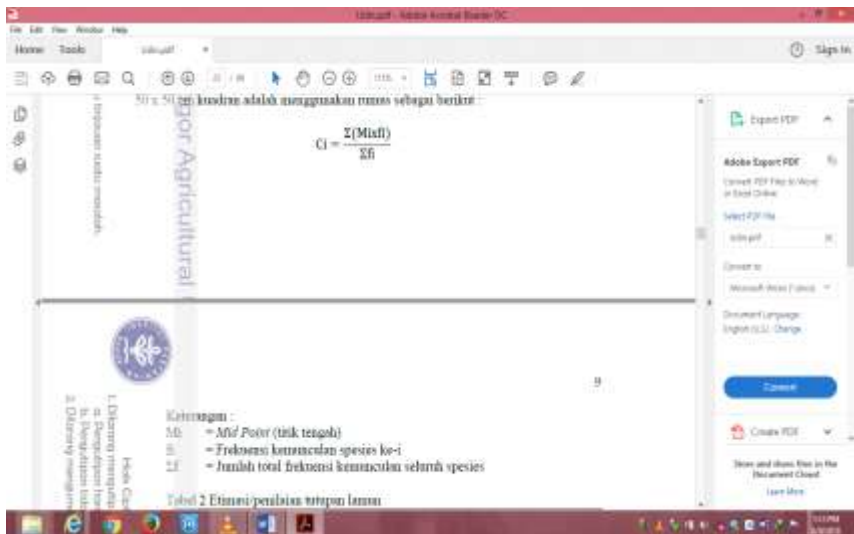
FRi = Frekuensi relatif

Fi = Frekuensi spesies ke-i

$\sum P_i P_t = 1$ = Jumlah frekuensi seluruh spesies

Penutupan Jenis (Persentase Tutupan)

Analisa persentase tutupan lamun menggunakan metode *Rapid Assesment*. Untuk menentukan persentase tutupan (Ci) pada setiap x 50 cm kuadran adalah menggunakan rumus sebagai berikut :



Keterangan:

Mi = *Mid Point* (titik tengah)

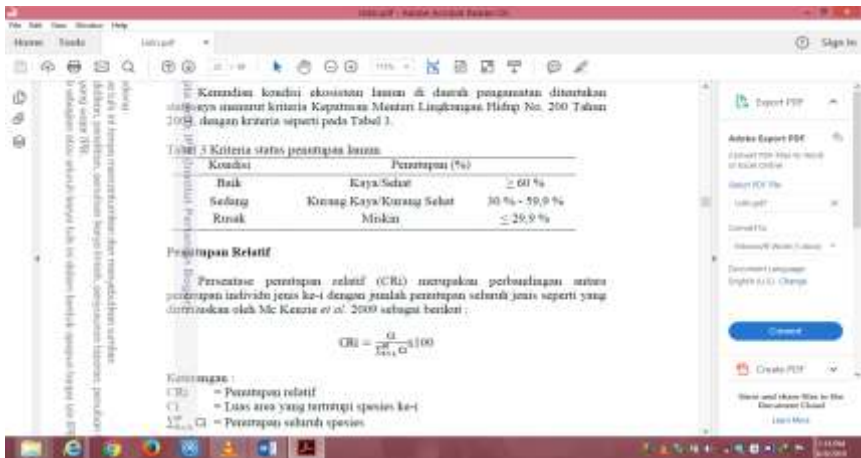
fi = Frekuensi kemunculan spesies ke-i

$\sum f$ = Jumlah total frekuensi kemunculan seluruh spesies

Kemudian kondisi ekosistem lamun di daerah pengamatan ditentukan statusnya menurut kriteria Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004.

Penutupan Relatif

Persentase penutupan relatif (CRi) merupakan perbandingan antara penutupan individu jenis ke-i dengan jumlah penutupan seluruh jenis seperti yang dirumuskan oleh sebagai berikut:



Keterangan:

CRI = Penutupan relatif

C_i = Luas area yang tertutupi spesies ke-i

$\sum C_i$ = Penutupan seluruh spesies

Indeks Nilai Penting

Indeks nilai penting lamun (INP) digunakan untuk menghitung dan menduga secara keseuruhan dari peranan satu spesies di dalam suatu komunitas. Indeks nilai penting (INP) berkisar antara 0-3. INP memberikan gambaran mengenai pengaruh atau peranan suatu jenis tumbuhan terhadap suatu daerah. Semakin tinggi nilai INP suatu spesies terhadap spesies lainnya, maka semakin tinggi peranan spesies tersebut pada komunitasnya. Rumus yang digunakan dalam menghitung INP adalah.

$$INP = KRI + FRI + CRI$$

Keterangan:

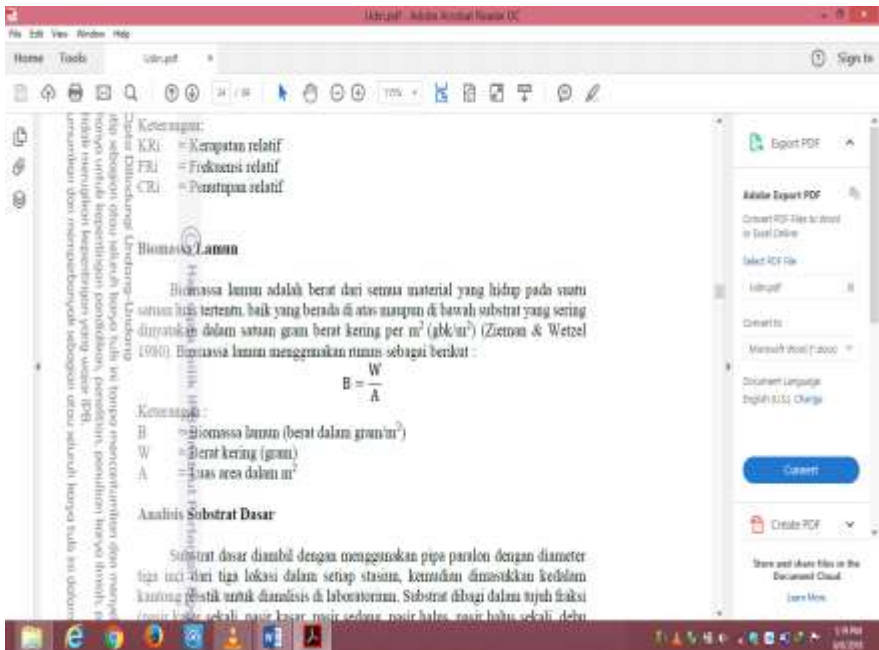
KRI = Kerapatan relatif

FRI = Frekuensi relatif

CRI = Penutupan relative

Biomassa Lamun

Biomassa lamun adalah berat dari semua material yang hidup pada suatu satuan luas tertentu, baik yang berada di atas maupun di bawah substrat yang sering dinyatakan dalam satuan gram berat kering per m² (gbk/m²). Biomassa lamun menggunakan rumus sebagai berikut:



Keterangan:

B = Biomassa lamun (berat dalam gram/m²)

W = Berat kering (gram)

A = Luas area dalam m²

Analisis Substrat Dasar

Substrat dasar diambil dengan menggunakan pipa paralon dengan diameter tiga inci dari tiga lokasi dalam setiap stasiun, kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik untuk dianalisis di laboratorium. Substrat dibagi dalam tujuh fraksi (pasir kasar sekali, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir halus sekali, debu dan liat). Penentuan setiap fraksi tersebut menggunakan metode pipet dan gravitasi. Pada penentuan tipe substrat ke tujuh fraksi tersebut digabung menjadi tiga fraksi (pasir, debu dan liat) dan dikelompokkan dalam segitiga Millar. Penentuan konsentrasi nitrat, fosfat dan C-organik sedimen adalah dengan mengambil sedimen sampai kedalaman 30 cm dengan *corer* pada seluruh stasiun pengamatan, kemudian dimasukkan kedalam plastik sampel untuk dibawa ke laboratorium. Selama pengangkutan dari lapangan ke laboratorium dimasukkan ke dalam *cool box* yang di dalamnya berisi es, yang kemudian dibawa ke laboratorium Ilmu Tanah untuk dianalisis.

Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi pengelolaan. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*weaknesses*) dan ancaman (*threats*). SWOT adalah singkatan dari lingkungan internal *Strengths* dan *Weaknesses* serta lingkungan eksternal *opportunities* dan *threats*. Analisis SWOT membandingkan antara faktor eksternal dan internal. Hal pertama yang dilakukan dalam menentukan matriks SWOT adalah mengetahui faktor strategi internal (IFAS) dan faktor strategi eksternal (EFAS). Penentuan berbagai faktor, bobot setiap faktor dan tingkat kepentingan setiap faktor didapatkan dari hasil wawancara dengan orang-orang yang berkompeten dibidangnya dan disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Hal ini dilakukan agar sifat obyektif dari analisis ini dapat diminimalkan.

- a. Cara pertama penentuan faktor strategi Internal:
 1. Menentukan faktor-faktor yang menjadi kekuatan serta kelemahan yang menjadi bagian dari pengelolaan.
 2. Memberi bobot masing-masing faktor tersebut sesuai dengan tingkat kepentingannya. Jumlah seluruh bobot harus sebesar 1,00.
 3. Menghitung rating (kolom 3) untuk masing-masing faktor berdasarkan pengaruh/respon faktor-faktor tersebut terhadap pengelolaan ekosistem lamun di pesisir (nilai : 4 = sangat penting, 3 = penting, 2 = cukup penting, 1 = kurang penting).
 4. Mengalikan bobot pada kolom 2 dengan rating pada kolom 3 untuk memperoleh factor pembobotan dalam kolom 4. Hasil dari perkalian ini akan berupa skor pembobotan untuk masing-masing faktor.

- b. Cara penentuan faktor strategi eksternal.
 1. Menentukan faktor yang menjadi peluang serta ancaman dari kegiatan pengelolaan
 2. Memberi bobot masing-masing faktor tersebut sesuai dengan tingkat kepentingannya. Jumlah seluruh bobot harus sebesar 1,00
 3. Menghitung rating (kolom 3) untuk masing-masing faktor berdasarkan pengaruh/respon faktor-faktor tersebut

terhadap pengelolaan ekosistem lamun di pesisir (nilai : 4 = sangat penting, 3 = penting, 2 = cukup penting, 1 = kurang penting).

4. Mengalikan bobot pada kolom 2 dengan rating pada kolom 3 untuk memperoleh faktor pembobotan dalam kolom 4. Hasilnya akan berupa skor pembobotan untuk masing-masing faktor.

c. Pembuatan matriks SWOT

Matriks IFAS dan EFAS digunakan untuk memperoleh beberapa alternatif strategi. Matriks ini memungkinkan empat kemungkinan strategi. Matriks SWOT disusun setelah dilakukan identifikasi dan analisis faktor strategis internal dan eksternal. Matriks SWOT bertujuan mendeskripsikan secara jelas peluang dan ancaman, yang disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan dari kawasan habitat lamun. Selain itu matriks SWOT juga bertujuan menghasilkan alternatif strategis dalam pengelolaan perairan dalam pengembangan sebagai kawasan konservasi. Tahap awal yang dilakukan adalah penentuan matriks IFE dan EFE berdasarkan perkalian bobot dengan rating yang telah ditentukan.

d. Pembuatan tabel ranking alternatif strategi

Penentuan prioritas dari strategi yang dihasilkan dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor yang saling terkait. Jumlah dari skor pembobotan menentukan ranking prioritas strategi dalam pengelolaan ekosistem lamun. Jumlah skor diperoleh dari penjumlahan semua skor di setiap faktor-faktor strategis yang terkait. Ranking akan ditentukan berdasarkan urutan jumlah skor terbesar sampai yang terkecil dari semua strategi yang ada.

e. Alternatif Strategi

Penentuan prioritas alternatif strategi yang akan dijadikan sebagai kebijakan dalam pengelolaan kawasan konservasi di perairan, dilakukan dengan penjumlahan nilai dari faktor SWOT yang saling berkaitan, kemudian ditentukan ranking. Alternatif strategi dengan jumlah skor tertinggi merupakan prioritas pertama, jumlah skor kedua tertinggi menjadi prioritas kedua, dan seterusnya. Strategi yang dihasilkan menjadi awal pengelolaan suatu kawasan yang akan direalisasikan dengan program-program penunjang.

8.2 Analisis Sosial Ecological Sistem

Integrasi pengelolaan berbasis ekosistem dengan mempertimbangkan dinamika sistem sosial di dalamnya dikenal sebagai *Social-Ecological System Approach/SES*. SES membicarakan unit ekologi seperti wilayah pesisir, misalnya ekosistem mangroves, lamun, terumbu karang yang berasosiasi dengan struktur dan proses sosial. Kedua sistem tersebut berinteraksi secara dinamis dan ber-coevolusi, yang artinya bahwa apabila sistem yang satu berubah, maka sistem yang lain juga akan mengalami perubahan. Untuk melihat konektivitas antara kedua unit sistem tersebut beberapa pendekatan yang dapat digunakan antara lain *social-metabolism*, *ecological footprint*, dan *human appropriation of net primary production/HANPP*. Ketiga pendekatan tersebut memiliki penekanan yang berbeda. *Social-metabolism* cenderung ke aspek sosial, *ecological footprint* melihat kebutuhan per kapita dan HANPP melihat dominasi manusia terhadap alam. HANPP sendiri belum dapat menggambarkan keberlanjutan dari suatu sistem. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lanjutan setelah HANPP.

Social-Ecological System (SES) didefinisikan sebagai: “a ... system of biological unit/ecosystem unit linked with and affected by one or more social systems”. Dengan demikian, SES membicarakan unit ekosistem seperti wilayah pesisir, ekosistem mangroves, danau, terumbu karang, pantai, sistem *upwelling* yang berasosiasi dengan struktur dan proses sosial. Sistem sosial dan ekologi merupakan dua sistem yang memiliki konektivitas berupa hubungan saling ketergantungan. Keduanya berinteraksi secara dinamis dan merupakan unsur yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan ekosistem pesisir dan laut, termasuk di dalamnya pengelolaan ekosistem lamun. Perubahan sistem sosial akan mengakibatkan perubahan pada sistem ekologi dan sebaliknya. Kenyataan yang terjadi di alam suatu sistem dapat berupa sistem ekologi sepenuhnya, sistem sosial sepenuhnya ataupun percampuran antara keduanya. Aktivitas manusia dapat menciptakan jaringan sosial ekologis sehingga sistem ekologi yang bebas menjadi terhubung dengan sistem sosial. Sistem sosial ekologis merupakan sistem yang kompleks, khususnya ketika kedua sistem tersebut saling berhubungan.

Pendekatan yang sering digunakan untuk melihat keberlanjutan adalah daya dukung yang dihitung dengan pendekatan *ecological foot print*. Konsep *ecological footprint* diperkenalkan oleh Dr. Mathias Wackernagel pada tahun 1980-an yang didasarkan pada

pemahaman bahwa bumi dan segenap isinya merupakan sistem yang dinamik namun tetap memiliki keterbatasan dalam memenuhi segenap kebutuhan manusia. Perbandingan kebutuhan manusia dan sumberdaya yang menjadi input bagi pemenuhan kebutuhan tersebut digambarkan sebagai jejak kaki (*foot print*). Apabila jejak kaki semakin besar, maka keberlanjutan sistem akan semakin rentan.

Pendekatan lain yang digunakan untuk melihat dominansi manusia terhadap alam adalah *Human Appropriation of Net Primary Production* (HANPP). HANPP mencerminkan jumlah area yang digunakan oleh manusia dan intensitas penggunaan lahan. HANPP mengukur luas konversi lahan dan panen biomasa dalam bentuk energi dalam ekosistem. Hal ini merupakan pengukuran dari aktifitas manusia dibandingkan dengan proses alami yang terjadi, dengan kata lain merupakan ukuran ekonomi secara fisik dibandingkan relatif terhadap sumberdaya yang ada. Keadaan ini juga dapat menunjukkan tekanan terhadap keanekaragaman hayati. *Ecological Footprint* (EF) dan *Human Appropriation of Net Primary Production* (HANPP) adalah dua pendekatan yang dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara manusia dengan alam.

4 element utama dalam SES/Metode SES

Integritas ekologis adalah semua jasa yang berhubungan dengan proses ekologis yang berjalan dalam ekosistem lamun. Penulis lain menyebutkan integritas ekologis sebagai *supporting services* (MEA 2005) dan *habitat services* (TEEB 2010). Integritas ekologis merupakan jasa yang tidak langsung diberikan kepada manusia. Informasi yang dikumpulkan dari berbagai sumber menyebutkan bahwa ekosistem lamun merupakan daerah asuhan (*nursery ground*) dan tempat mencari makan (*feeding ground*) bagi biota yang hidup di dalamnya. Selain sebagai daerah asuhan dan tempat mencari makan, ekosistem lamun juga merupakan tempat pemijahan biota (*spawning*) dan pembesaran anak (*rearing*), tempat berlindung biota, pemasok nutrisi, tempat hidup hewan langka (dugong, siput Lola, kima, kuda laut) serta kaya akan keanekaragaman spesies biota.

Jasa pengaturan (*regulating services*)

Jasa pengaturan merupakan jasa yang diperoleh dari ekosistem lamun yang berperan dalam mengatur proses yang ada di dalam dan di luar ekosistem lamun. Jasa ini merupakan jasa yang tidak langsung diberikan kepada manusia. Ada enam jasa pengaturan ekosistem

lamun yang teridentifikasi, yaitu pelindung pantai, pemerangkap sedimen, penstabil pH air laut, peredam arus, penjaga kejernihan air serta penstabil substrat.

Jasa persediaan (*provisioning services*)

Jasa persediaan merupakan jasa yang diberikan langsung oleh ekosistem lamun kepada manusia. Ada delapan jasa persediaan, yaitu sumber ikan ekonomis, sumber invetebrata, sumber ikan hias, sumber benih, obat, pupuk, atap rumah serta *bioprospecting*.

Jasa budaya (*cultural services*)

Jasa budaya merupakan jasa yang langsung diberikan kepada manusia, misalnya kegiatan wisata di ekosistem lamun. Demikian pula biota yang memiliki nilai intrinsik, yaitu biota yang memiliki keunikan tersendiri seperti dugong, penyu, kuda laut, kerang-kerangan bisa dijadikan sebagai objek wisata.

Penilaian

Sumbu x dan sumbu y dipetakan dalam bentuk matriks. Identifikasi tipe habitat dan morfologi ekosistem lamun menjadi sumbu x, sedangkan jasa ekosistem lamun menjadi sumbu y. Setelah matriks terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian terhadap tiga matriks. Pertama, matriks kapasitas (*supply*) dengan kisaran nilai 0-3. Nilai nol berarti tidak ada hubungan kapasitas antara tipe habitat dan morfologi ekosistem lamun (sumbu x) dengan jasa ekosistem (sumbu y); nilai 1 berarti hubungan kapasitas lemah; nilai 2 berarti hubungan kapasitas sedang dan nilai 3 berarti hubungan kapasitas kuat.

Konektivitas SSE ekosistem lamun dapat dilihat dari pemanfaatannya, ekosistem lamun memberikan berbagai produk dan jasa lingkungan terhadap masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Sebagai contoh di Teluk Kuta, Pulau Lombok, masyarakat melakukan berbagai aktifitas di ekosistem lamun, diantaranya: 1) Mengumpulkan benur dan nener; 2) Memancing ikan; 3) Membalikkan batu karang mati untuk menangkap biota yang bersembunyi; 4) mengumpulkan hanyutan rumput laut; 5) menyisir pantai mengumpulkan sumber protein hewani dan 5) menangkap ikan dengan akar tuba. Hasil penelitian tentang hubungan antara lamun dan manusia di Afrika timur memperlihatkan bahwa lamun memberikan jasa lingkungan sebagai daerah penangkapan ikan,

tempat meletakkan perangkat ikan, sumber biota bagi masyarakat serta menyediakan lahan bagi usaha budidaya rumput laut.

Publikasi tentang pemanfaatan ekosistem lamun oleh masyarakat masih terbatas pada identifikasi kegiatan pemanfaatan, pemanfaatan dalam konteks yang lebih rinci perlu dilakukan. Langkah awal yang dilakukan dalam pengumpulan data primer adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi tipe nelayan berdasarkan hasil tangkapan utama.
- Menetapkan jumlah responden, yaitu lebih kurang 10% dari populasi yang ada.
- Melakukan wawancara dengan panduan kuesioner.
- Setelah kuesioner dikumpulkan, hasilnya diverifikasi, apabila ternyata responden bukan responden yang diinginkan, maka dilakukan wawancara lagi dengan responden yang lebih tepat.
- Memasukkan hasil wawancara kedalam data sheet.
- Variabel yang dikumpulkan adalah informasi responden, hasil tangkapan, waktu penangkapan, pendapat tentang ekosistem lamun.

Analisis Data

Data demografi, sarana dan prasarana penangkapan, lokasi penangkapan dan kelembagaan dituangkan dalam bentuk tabel serta gambar dan diuraikan secara deskriptif. Untuk mengetahui pemanfaatan lamun (hasil tangkapan dan pasar) di pesisir dilakukan pendekatan dengan *Spidergram*. Data yang diperoleh dikelompokkan, disusun sesuai hirarki. Hirarki pertama adalah pemanfaatan lamun sebagai sumber pendapatan dan konsumsi. Hirarki kedua adalah sumber pendapatan dari hasil tangkapan dan kegiatan wisata. Hirarki ketiga adalah perlakuan hasil tangkapan untuk dijual, umpan dan diolah. Hasil pengelompokan dituangkan dalam bentuk gambar, dan dibawa ke lapangan sebagai bahan *Focus Group Discussion* (FGD). Tujuan dari FGD adalah untuk mengkonfirmasi data yang telah diperoleh dari hasil sebelumnya serta memberikan skala prioritas. Skala prioritas adalah 1- 5. Nilai 1 mengartikan skala prioritas pertama dan menurun dengan bertambahnya nilai. Peserta FGD terdiri dari berbagai tipe pemanfaat lamun, yaitu nelayan jaring, pancing, bubu, empang, kelong karang dan pengambil kerang masing-masing diwakili oleh satu orang.

Dalam konteks SES ekosistem lamun, terjadi pemanfaatan sumber daya oleh nelayan tradisional. SES memiliki 2 ciri, yaitu konektivitas dan ko-evolusi. Artinya, apabila satu sistem berubah maka sistem yang lain juga akan mengalami perubahan. Konektivitas dapat terukur, namun ko-evolusi baru dapat dibuktikan dengan berjalannya waktu. Sebelum sampai pada tahap ko-evolusi, keberlanjutan suatu sistem perlu dilihat.

Opsi pengelolaan SES ekosistem lamun dilakukan melalui langkah taktis (*tactical decision*) yang diadopsi dari dalam penerapannya pada EAM (*Ecosystem Approach for Management*). *Tactical decision* adalah pengambilan keputusan praktis untuk menuju pada tujuan jangka panjang, sedangkan konsep EAM berawal dari asumsi bahwa perikanan tradisional memberikan dampak penangkapan terhadap sumber daya yang dimanfaatkan. Pada prinsipnya EAM menekankan pada 2 hal, yaitu 1) dampak dari kegiatan nelayan terhadap semua komponen ekosistem dan 2) efek kumulatif dari semua aktifitas nelayan terhadap ekosistem. Dikatakan pula bahwa EAM tidak mengelola ekosistem, namun mengelola aktivitas manusia (dalam hal ini nelayan) yang berdampak terhadap ekosistem.

Serangkaian langkah yang dilakukan dalam menentukan langkah taktis. *Pertama* adalah menetapkan permasalahan yang akan dijadikan tujuan dalam pengambilan langkah taktis. *Kedua* mengidentifikasi kemungkinan-kemungkinan realistis yang dapat dilakukan. *Ketiga* menetapkan *reference point*, yaitu standart pencapaian untuk mencapai langkah taktis demi mencapai tujuan. *Keempat* menetapkan tujuan pengelolaan SES ekosistem lamun yang dirumuskan sebagai berikut:

Teridentifikasi 4 langkah taktis, namun belum dapat diimplementasikan ke ekosistem lamun. langkah taktis direalisasikan bentuk tindak lanjut yang akhirnya teridentifikasi 4 tindak lanjut, yaitu revitalisasi Peraturan Desa tentang Daerah Perlindungan Lamun, memberikan mata pencaharian alternatif, memperbaiki mutu produk serta melakukan diversifikasi sarana penangkapan dan sistem buka-tutup kawasan.

8.3 Analisis Human Appropriation of Net Primary Production

Untuk melangsungkan kehidupan, manusia tergantung pada daratan dan sumberdaya. Biomasa tumbuhan merupakan sumber daya yang sangat penting bagi manusia. Ketergantungan tersebut antara lain sebagai sumber makanan, pakan ternak, energi (kayu

bakar), bubur kertas dan bahan bangunan. Manusia juga menggunakan daratan untuk pembangunan dan pemukiman, yang kesemuanya akan mengurangi tutupan lahan daratan, mengurangi produktifitas tumbuhan dan merusak serta menggunakan biomas, yang berakibat mengurangi energi yang digunakan oleh jenis lainnya. Kehidupan ekonomi berbasis biomasa terjadi pada masyarakat yang bergantung hampir sepenuhnya pada biomasa lokal untuk kelangsungan hidup mereka. Mendefinisikan HANPP sebagai perbedaan antara jumlah produksi primer bersih (NPP) yang tersedia dalam suatu ekosistem tanpa aktivitas manusia (NPPo) dan jumlah NPP yang benar-benar tetap dalam ekosistem, atau dalam ekosistem yang diganti di bawah praktek manajemen saat ini (NPPt). NPPt dapat dihitung dengan mengukur NPP vegetasi aktual (NPPact) dan mengurangkan jumlah NPP dipanen oleh manusia (NPPh). NPPh meliputi panen tanaman utama dan juga kerugian panen, yaitu residu atau biomasa hancur selama panen, misalnya, sisa-sisa biomasa yang rusak pada saat panen, grazing serta aktivitas pembukaan lahan. Berdasarkan keterangan diatas, HANPP dapat diilustrasikan dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{HANPP} = \text{NPPo} - \text{NPPt}$$

NPPt adalah NPPact - NPPh

Perbedaan antara NPPo dan NPPact merepresentasikan pengurangan NPPo melalui konversi tutupan lahan alami menjadi lahan lainnya, yang ditunjukkan sebagai ΔNPPlc . Oleh karena itu HANPP juga sama dengan $\text{NPPh} + \Delta\text{NPPlc}$.

8.4 Analisis Energi

Analisis energi merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk melihat keberlanjutan suatu sistem. Pendekatan energi dapat digunakan secara objektif untuk mengevaluasi kontribusi aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial dari suatu sistem. Menurut definisi, energi adalah *"the available energy (exergy) of one kind (usually solar energy) that was used up directly and indirectly to generate a resource, product, services or activity"*. Untuk menerapkan konsep energi dalam menganalisis sistem, sistem harus dianggap sebagai rangkaian aliran energi dan setiap rangkaian dalam sistem ditentukan nilai emerginya.

Satu abad yang lalu upaya menggunakan energi untuk evaluasi gagal karena semua jenis energi dianggap sebagai exergi, yaitu tenaga untuk melakukan pekerjaan. Mulai tahun 1967 digunakan istilah *embodied energi* yaitu kalori (atau joule) dari satu jenis energi

yang dibutuhkan untuk membuat jenis energi yang sama. Pada tahun 1983 embodied energi diubah nama menjadi emergi (dieja dengan "m") yang disarankan oleh David Scieceman dari Australia. Sejak itu emergi dieja dengan "m" berarti "memori energi" dari apa yang dibutuhkan dari satu jenis energi untuk membuat yang lain. Sejak energi yang tersedia pada sesuatu dihitung dalam bentuk emergi, maka kekayaan riil secara umum dapat dievaluasi, namun kalori dari jenis yang berbeda tidak ditambahkan, sehingga perlu adanya suatu transformasi untuk suatu jenis energi tertentu. Transformasi mengukur kualitas energi dan posisinya dalam hirarki energi secara universal.

Sistem alam dan kemanusiaan di semua skala adalah bagian dari hirarki energi universal, yang merupakan jaringan dari proses transformasi energi yang bergabung dari skala kecil untuk skala yang lebih besar. Energi yang tersedia (energi potensial = exergi) di satu tingkat digunakan dalam setiap proses transformasi untuk menghasilkan jumlah yang lebih kecil di skala yang lebih besar berikutnya. Kalori energi dari berbagai jenis tidak sama kontribusinya dalam suatu aktifitas tertentu. Sebagai contoh, dibutuhkan sekitar 1000 kcal untuk membuat 1 kcal bahan organik, 40.000 kcal untuk membuat 1 kcal batu bara, 170.000 kcal membuat tenaga listrik dan 10 juta kcal untuk jasa pelayanan (*human services*). Semakin besar skala, semakin tinggi kualitas energi, akan tetapi emergy per unit semakin berkurang, karena sudah mengalami transformasi. Dengan demikian, emergy adalah energi yang tersedia (energi potensial = exergi) yang sebelumnya digunakan untuk membuat sesuatu. Misalnya, energi surya sebelum diperlukan disebut emergi surya. Untuk mencegah kebingungan, maka emergi menggunakan unit emkalori (atau emjoule). Emergi dari satu jenis yang diperlukan untuk mengubah atau membuat satu unit energi lain disebut transformity. Emergi insolasi surya digunakan sebagai ukuran umum, dimana transformity surya adalah emergi surya per unit energi dalam unit emjoules surya per joule (seJ/J). Dalam analisis emergi, aliran energi diekspresikan dalam berbagai symbol, Masing-masing gambar mempunyai arti sendiri yang dijelaskan sebagai berikut:

- a.) *Sirkuit energi*. Suatu aliran yang berbanding lurus dengan kuantitas dalam simpanan atau dalam sumber hulu (*upstream*)
- b.) *Pembuangan panas*. Dispersi energi potensial menjadi panas yang menyertai semua proses transformasi dan simpanan yang

- sebenarnya; kehilangan energi potensial karena pemakaian lebih lanjut oleh sistem
- c). *Transaksi*. Suatu unit yang menunjukkan penjualan barang atau jasa (garis utuh) sebagai penukar pembayaran dengan uang (garis terputus). Harga yang ditampilkan sebagai sumber eksternal.
 - d). *Sumber energy*. Sumber energy eksternal dengan ketersediaan konstan yang mengirimkan gaya secara terkontrol.
 - e). *Sumber energi/sumber terbarukan*. Sebuah sumber energi dengan hanya menetapkan jumlah unit waktu yang mengalir dan tersedia per satuan waktu.
 - f). *Tangki*. Suatu ruang penyimpanan energi didalam sistem yang menyimpan suatu kuantitas sebagai hasil keseimbangan aliran masuk dan aliran keluar; suatu variabel kondisi.
 - g). *Interaksi*. Interaksi dua alur berganda menghasilkan suatu aliran keluar yang sebanding dengan fungsi keduanya; gerak/aksi kontrol suatu aliran terhadap aliran energi lainnya; aksi/gerak faktor pembatas; gerbang kerja.
 - h). *Produsen*. Unit yang menerima dan mentransformasikan energi berkualitas rendah dibawah kontrol interaksi aliran berkualitas tinggi.
 - i). *Konsumen*. Unit yang mentransformasikan kualitas energi, menyimpannya dan menyimpan balikkan secara autokatalis untuk memperbaiki aliran masuk.
 - jj). *Gerak peubah*. Suatu simbol yang menandakan satu atau lebih "gerak peubah"
 - k). *Kotak*. Simbol aneka macam yang digunakan untuk unit atau fungsi apa saja sesuai dengan yang ditulis didalam kotak.

Energi Sumber Daya Ekosistem Lamun

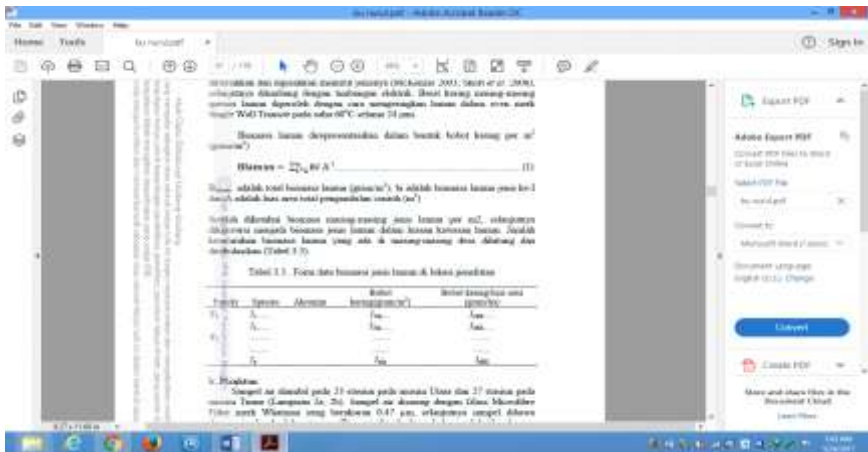
Energi lamun, plankton, kerang-kerangan, sotong, rajungan dan ikan yang dihitung dengan pendekatan biomasa dalam luasan area, kemudian dikonversi menjadi energy. Tahapan selanjutnya adalah pengumpulan data di lapangan yang dibutuhkan untuk analisis energy sumber daya ekosistem lamun.

a. Lamun

Transek kuadrat digunakan untuk pengambilan data lamun. Penarikan transek kuadrat dilakukan masing-masing di satu titik

(stasiun) di setiap desa. Transek dibuat tegak lurus garis pantai sampai ke arah tubir. Pengamatan lamun dilakukan pada tiap garis transek di dalam petak kuadran dengan ukuran 100 cm x 100 cm dengan jarak 10 meter. Pada masing-masing desa dilakukan 2 ulangan. Variabel yang diamati adalah biomasa lamun yang diambil dari 80 petak kuadran.

Di laboratorium/basecamp, contoh lamun dalam luasan 25 x 25 cm dicuci, dibersihkan dan dipisahkan menurut jenisnya, selanjutnya ditimbang dengan timbangan elektrik. Berat kering masing-masing spesies lamun diperoleh dengan cara mengeringkan lamun dalam oven merk Single Wall Transite pada suhu 60oC selama 24 jam. Biomasa lamun direpresentasikan dalam bentuk bobot kering per m2 (gram/m2)



Keterangan:

- Blamun adalah total biomasa lamun (gram/m2);
- bi adalah biomasa lamun jenis ke-I dan
- A adalah luas area total pengambilan contoh (m2).

Setelah diketahui biomasa masing-masing jenis lamun per m2, selanjutnya dikonversi menjadi biomasa jenis lamun dalam luasan kawasan lamun. Jumlah keseluruhan biomasa lamun yang ada di masing-masing desa dihitung dan ditabulasikan.

b. Plankton

Sampel air diambil pada 23 stasiun pada musim Utara dan 27 stasiun pada musim Timur. Sampel air disaring dengan Glass Microfibre Filter merk Whatman yang berukuran 0.47 µm,

selanjutnya sampel dibawa dengan *ice box* ke laboratorium. Biomasa fitoplankton diukur melalui kandungan klorofil-a. Di laboratorium, sampel fitoplankton diekstraksi menggunakan larutan etanol, kemudian dimasukkan dalam *centrifuge* dan diputar. Supernatan yang diperoleh dianalisis dengan Spektrofotometer untuk mengetahui kandungan klorofil-a. Setelah diketahui berapa jumlah klorofil dalam kolom air maka nilai tersebut dikonversi menjadi biomasa. Biomasa fitoplankton dihitung mengikuti sebagai berikut:

$$\mathbf{Bfito = 15.45 BChl-a V}$$

Keterangan:

Bfito adalah biomasa fitoplankton (mg/volume air);

BChl-a adalah konsentrasi klorofil a (mg/l);

15.45 adalah angka konversi dari khlorofil ke biomasa,

V adalah volume air laut di area lamun, diperoleh dari *Mean Sea Water Level* (MSWL dalam satuan meter) dikalikan dengan luas area (meter persegi). MSWL yang diperoleh dari daftar pasang surut perairan.

Contoh:

zooplankton diambil menggunakan plankton net dengan ukuran 300 mm, ditarik sepanjang 100 meter, mengikuti pola transek lamun. Sampel air berisi zooplanton diawetkan dalam larutan formalin 4% dan dibawa ke laboratorium. Di laboratorium sampel zooplankton disaring bertingkat. Pertama, contoh zooplankton disaring dengan menggunakan saringan berukuran 125 μm , kemudian sampel tersebut disaring lagi menggunakan Filter Milipore merk Whatman, kemudian ditimbang berat basahanya dengan timbangan merk Satorius dengan kapasitas maksimum 210 gram dan ketelitian 0,1 mgr. Berat kering diperoleh dengan cara mengeringkan filter yang mengandung zooplankton di oven pada suhu 60 ° C selama 24 jam. Bobot kering zooplanton secara keseluruhan diperoleh dengan mengalikan bobot kering dan volume air laut di kawasan ekosistem lamun.

$$\mathbf{Bzoo = BKzoo V}$$

Keterangan:

Bzoo adalah bobot kering zooplankton (gram/volume air)

BKzoo adalah bobot kering zooplankton (gram/l).

V adalah volume air laut di area lamun, diperoleh dari *Mean Sea Water Level* (MSWL dalam satuan meter) dikalikan dengan

luas area (meter persegi). MSWL yang diperoleh dari daftar pasang surut perairan, Parameter kualitas air diambil bersamaan dengan pengambilan sampel plankton.

c. Ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan

Untuk mengetahui biomasa ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan, data yang digunakan adalah data tangkapan nelayan. Sebanyak 10-15 orang nelayan diambil data tangkapan mereka setiap harinya. Selanjutnya data ditabulasi menggunakan aplikasi *MS. Excel*. Data hasil tangkapan nelayan yang telah tersimpan dalam format excel memuat informasi mengenai jenis, berat, nelayan, tanggal dan bulan penangkapan. Selanjutnya data dikelompokkan kedalam 4 jenis tangkapan, yaitu ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan. Jenis ikan yang dianalisis berjumlah 20 spesies.

Pemilihan jenis ini berdasarkan nilai Seagrass Residensi Index (SRI) dan informasi dari nelayan setempat. Rajungan hanya satu spesies, yaitu *Portunus pelagicus* (Linn.). Sotong (*Sepia* sp.) terdiri dari sotong karang dan sotong batu, namun dalam penghitungan biomasa, keduanya tidak dibedakan. Demikian pula dengan kerang-kerangan yang bernilai ekonomis yaitu kerang darah (*Anadara granosa*) dan gorap (*Trachycardium* sp.), keduanya tidak dibedakan dalam perhitungan. Identifikasi jenis ikan yang ditangkap oleh nelayan tradisional. Selanjutnya, data ikan dikelompokkan kedalam tingkatan famili, biomasa populasi ditabulasi.

Analisis Data Sekunder Sumber Daya Ekosistem Lamun

Energi biota yang ada pada ekosistem lamun diketahui melalui data sekunder. Jika hanya diketahui nilai proksimatnya (karbohidrat, protein dan lemak) maka untuk memperoleh nilai energi dilakukan konversi sebagai berikut:

Nilai energi Kcal/100 gram = 4 Protein Kcal/100 gram + 4 Karbohidrat Kcal/100 gram + 9 Lemak Kcal/100 gram.

a. Lamun

Energi lamun diperoleh dengan mengalikan biomasa dengan nilai energi masing-masing jenis. Biota yang tidak diperoleh nilai energi atau nilai proksimatnya dihitung dengan pendekatan energi dalam satu marga dan atau famili dengan persamaan sebagai berikut:

Elamun = Blamun Kjmf

Keterangan:

Elamun adalah energi lamun (cal/luasan area);

Blamun adalah berat kering lamun (gram/ha) dari persamaan (1);

Kjmf adalah nilai kalori jenis/marga/famili lamun (kcal/gram berat kering)

b. Plankton

Energi fitoplakton diperoleh sebagai berikut:

Efito = 11.40 Bfito

Keterangan:

Efito adalah energi fitoplankton (cal/volume air);

Bfito adalah biomasa fitoplankton (mg/volume air) dari persamaan (2);

11.40 adalah angka konversi biomasa ke

Energi zooplankton diperoleh dari hasil perhitungan sebagai berikut:

Ezoo = 2.3 Bzoo

Keterangan:

Ezoo adalah energi zooplanton (cal/volume air);

Bzoo adalah berat kering zooplankton persamaan (3);

2.3 adalah angka konversi biomasa ke energi

c. Ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan

Energi ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan diperoleh dengan mengalikan biomasa dengan nilai energi masing-masing jenis. Biota yang tidak diperoleh nilai energi atau nilai proksimatnya dihitung dengan pendekatan energi dalam satu famili dan atau rata-rata dari famili biota yang hidup di lamun, dengan persamaan sebagai berikut:

Eirsm = BKirsm Kf-irsm

Keterangan:

Eirsm adalah energi ikan/rajungan/sotong/kerang-kerangan (cal/luasan area);

BKirsm adalah berat kering ikan/rajungan/sotong/kerang-kerangan (gram/ha),

Kf-irsm adalah nilai kalori famili ikan/rajungan/sotong/kerang-kerangan (kcal/gram berat kering)

d. Total Energi Sumber daya ekosistem lamun

Nilai energi yang diperoleh (dalam cal) lamun, ikan, biota benthik dan plankton, dikonversi menjadi Joule, yaitu mengalikannya dengan 4,184 Joule. Jumlah keseluruhan energi yang ada di ekosistem lamun dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$E_{sel} = +$$

Keterangan:

- E_{sel} adalah energi sumberdaya ekosistem lamun (dalam Joule);
E_p adalah energi produsen primer, yaitu lamun dan fitoplankton (dalam Joule);
E_k adalah energi konsumen 1, 2, 3.....n (dalam Joule)

Penyajian Hasil Pengolahan Data

Setelah hasil pengolahan data telah didapatkan maka analisis energi masih memiliki beberapa tahapan yang diuraikan sebagai berikut:

a. Membuat diagram sistem energi

Tujuan pembuatan diagram sistem energi adalah untuk memperoleh gambaran secara menyeluruh, mengkombinasikan informasi input dan output yang dianalisis. Pembuatan diagram sistem energi mirip dengan inventarisasi semua yang terkait dalam sistem di ekosistem lamun. Dimensi dari pengujian ini adalah musim Timur dan musim Utara. Batasan sistem Membuat daftar komponen yang masuk, di dalam dan keluar sistem. Menginventarisasi proses yang terjadi, seperti *flow* (aliran), hubungan, interaksi, produksi, konsumsi dan proses. Termasuk *flow* dan transaksi uang yang dianggap penting. Masing-masing simbol memiliki pengertian sendiri.

b. Agregasi Diagram Sistem Energi

Agregasi merupakan simplifikasi dari komponen yang kompleks tanpa membuangnya serta mengelompokkan kedalam satu komponen. Semua sumber utama energi utama dan sumber daya material yang mengalir dan yang tersimpan didalam sistem diidentifikasi dan ditabelkan menggunakan bahasa energi sistem, kuantitas dicatat dan diubah menjadi unit energi (Joule), unit massa (gram) atau unit moneter.

c. Membuat Tabel analisis emergi

Tabel emergi dibuat untuk memfasilitasi penghitungan dari sumber utama dan komponen lain yang berkontribusi dalam sistem. Raw data yang merupakan *flow* dan *storage* dievaluasi dalam unit emergi.

Keterangan:

Kolom 1: item nomor baris yang menunjukkan catatan yang ditemukan atau merupakan data mentah perhitungan yang ditampilkan.

Kolom 2: nama item, yang juga terlihat dalam diagram.

Kolom 3: raw data dalam Joule, gram, \$ yang berasal dari berbagai sumber

Kolom 4: transformity dalam emJ per unit (seJ/joule, seJ/gram atau seJ/\$). Transformity diperoleh dari studi terdahulu dan perhitungan.

Kolom 5: solar emergi, merupakan perkalian antara kolom 3 x kolom 4

Aliran energi dibedakan menjadi beberapa sumber, yaitu:

- Aliran terbarukan - *Renewable Resources* (R)
- Aliran tidak terbarukan *Non-renewable resources* (N)
- *Purchase* (F)
- *Yield* (Y)

Dimana:

R = Energi terbarukan

N = Energi tak terbarukan

F = Energi dari luar sistem (input)

U = Total energi dalam sistem ($U = R+N+F$)

Y = Energi hasil

d. Menghitung Indeks Emergi

Indikator utama yang digunakan dalam analisis emergy adalah EYR, EIR, ELR dan ESI.

EYR (*Emergy Yield Ratio*) adalah perbandingan antara emergi output (Y) dengan emergi input (F). Perbandingan hasil emergi dari setiap output yang dihasilkan adalah ukuran dari berapa banyak proses yang memberikan kontribusi terhadap perekonomian.

EIR (*Emergy Invesment Ratio*) adalah perbandingan antara emergi dari luar sistem dengan emergi yang berada di dalam sistem,

menggambarkan investasi ekonomi dalam memanfaatkan sumber daya.

ELR (*Emergy Loading Ratio*) adalah perbandingan emergi tidak terbarukan (N) dan emergi impor (F) dengan emergi terbarukan (R). Ini merupakan indikator dari jumlah tekanan dari proses produksi pada lingkungan setempat.

ESI (*Emergy Sustainability Index*) adalah ukuran hasil keberlanjutan yang mengasumsikan bahwa untuk mendapatkan hasil tertinggi pada beban lingkungan terendah.

e. Diagram Sistem Emergi di Ekosistem Lamun

Emergi yang masuk ke dalam sistem ekosistem lamun berasal dari berbagai sumber. Surya merupakan sumber utama bagi kehidupan biota yang melakukan proses fotosintesa, seperti lamun dan fitoplankton. Dengan bantuan klorofil sinar surya akan diubah menjadi karbohidrat. Angin memberikan pengaruh terhadap pertukaran oksigen, yang kemudian oksigen tersebut digunakan oleh biota dalam proses metabolisme.

Pasang surut air laut membantu pertukaran oksigen dan berperan dalam transport nutrisi yang berupa Nitrat, Fosfat dan Silikat. Nutrisi (zat hara) dalam air laut yang umum menjadi fokus perhatian di lingkungan perairan adalah fosfor dan nitrogen. Kedua unsur ini memiliki peran vital bagi pertumbuhan fitoplankton atau alga yang biasa digunakan sebagai indikator kualitas air dan tingkat kesuburan suatu perairan. Senyawa Nitrat dan Fosfat yang ada dalam air laut umumnya berasal dari proses pelapukan dan dekomposisi biota. Disamping kedua unsur tersebut, Silikat juga merupakan unsur hara yang digunakan oleh kelompok *Diatomae* dalam pertumbuhannya. Emergi lainnya yang masuk kedalam sistem berasal dari aktivitas manusia, yaitu tenaga nelayan, bahan bakar minyak (BBM) serta alat tangkap. Standart Nasional Indonesia mempublikasikan kebutuhan kalori dari tipe pekerjaan.

Emergi yang ada di dalam sistem berasal dari berbagai biota, yaitu lamun, plankton dan hasil tangkapan (ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan) yang membentuk jejaring makanan. Lamun dan fitoplankton merupakan produsen yang memanfaatkan sinar surya untuk membentuk karbohidrat. Keduanya dimanfaatkan baik langsung atau tidak langsung oleh biota lainnya, misalnya kelompok ikan herbivor dari famili *Siganidae*. Zooplankton merupakan konsumen fitoplankton yang juga dimanfaatkan langsung atau tidak langsung oleh ikan, rajungan, sotong dan kerang-kerangan.

8.5 Analisis resiliensi

Ruang lingkup resiliensi pada awalnya hanya dalam aspek ekologi saja, namun kini resiliensi telah diaplikasikan pada berbagai bidang dengan modifikasi yang sesuai dengan karakteristik masing-masing bidang. Resiliensi merupakan kemampuan suatu system untuk menerima dan menyerap sejumlah perubahan (dan atau gangguan) namun tetap dapat mereorganisasi dan menjaga struktur, fungsi dan identitas sistem. Resiliensi juga sebuah konsep, bukan sebuah hipotesis sehingga tidak dapat ditolak. Beberapa studi resiliensi mencoba untuk mengukur resiliensi dengan pendekatan kerentanan serta kemampuan adaptasi dari suatu sistem baik secara deskriptif ataupun dengan menggunakan pembobotan atau skoring dari indikator indikator sistem.

Konsep resiliensi masih mengalami perubahan seiring bertambahnya penelitian dan diskusi terkait hal tersebut. Hingga kini, penelitian dan perkembangan konsep resiliensi menunjukkan bahwa resiliensi tidak selalu merupakan hal yang terbaik dan Konsep resiliensi masih menjadi topik hangat untuk dikaji diberbagai bidang atau sistem dengan harapan bahwa resiliensi meningkatkan proses pembelajaran dan pemahaman dinamika yang terjadi di alam, baik secara spasial atau temporal. Menjaga resiliensi penting baik bagi sistem sosial dan ekologi karena kesejahteraan sistem sosial sangat terkait dengan sistem ekologi. Resiliensi ekologi membuka kesempatan sistem sosial untuk mempelajari dinamika lingkungan, sehingga dapat mencegah kegagalan pengelolaan akibat kurangnya pemahaman akan hal tersebut. Argumen tersebut membuka kesempatan dalam studi resiliensi SES terkait strategi pengelolaan sumberdaya.

Kemampuan resiliensi SES dapat dibangun dengan menerapkan pengelolaan yang adaptif, yaitu pengelolaan yang dilakukan secara fleksibel berdasarkan respon dari perubahan yang terjadi pada sistem ekologi maupun system sosial. Hal ini menunjukkan bahwa SES, resiliensi serta pengelolaan telah menjadi kesatuan yang saling berhubungan. SES memiliki ruang lingkup, interaksi serta perilaku yang kompleks, oleh karena itu kajian tentang resiliensi dari sistem tersebut hendaknya dilakukan dengan melakukan penelitian sederhana, namun masih menunjukkan kompleksitasnya sama seperti resiliensi SES yang diamati pada level paling rendah, yaitu rumah tangga nelayan. SES tersebut memiliki aspek ekologi dan aspek sosial sebagai penentu resiliensinya. Resiliensi lamun secara ekologi dari beberapa indikator, yaitu

kemampuan generatif lamun, yaitu yang terkait ketersediaan benih lamun dan rekrutmennya serta kemampuan vegetatif lamun berupa perpanjangan rhizoma dalam pemulihan lamun dan resiliensinya terhadap perubahan iklim.

Peamatan jumlah daun per tunas sebagai indikator rusaknya lamun serta kemampuannya untuk pulih dan tidak berganti fase. Kesehatan habitat lamun juga menjadi indikator resiliensi lamun karena merupakan kunci keberlanjutan hubungan antara ekosistem lamun dengan biota laut. Selain itu juga dilihat ada tidaknya indikasi eutrofikasi serta potensi perikanan yang merusak pada lamun. Aspek sosial dari resiliensi SES meliputi ketergantungan terhadap sumberdaya, fleksibilitas rumah tangga nelayan, pendapatan, alternatif pekerjaan, kesadaran lingkungan, serta peran institusi.

Ketergantungan SES terhadap Lamun

Masyarakat pesisir umumnya menggantungkan hidupnya pada sumberdaya yang ada ekosistem pesisir, seperti ekosistem lamun. Ketergantungan ini dapat memicu eksploitasi yang berlebih, sehingga dapat membuat lamun terdegradasi. Seberapa besar ketergantungan masyarakat pesisir terhadap lamun dapat diukur dengan menggunakan pendekatan mata pencaharian (*livelihood*) pada tingkatan rumah tangga nelayan. Pendekatan tersebut masih cocok untuk diterapkan dalam mengukur ketergantungan masyarakat pesisir pada SDHP dan laut dalam suatu sistem sosialekologi pesisir sehingga pendekatan mata pencaharian ini akan digunakan dalam mengukur sejauh mana ketergantungan masyarakat pesisir terhadap ekosistem lamun dengan beberapa indikator tertentu. Metode yang digunakan adalah *in-depth interview* menggunakan kuesioner semi-terstruktur serta pendekatan partisipasi rumah tangga nelayan, yang jumlahnya ditentukan dengan penarikan contoh acak sederhana, dan beberapa responden kunci (Kepala Desa, Ketua Kelompok Nelayan, Ketua Organisasi, dan tokoh penting lainnya) dengan menggunakan *snowball sampling*, yaitu responden yang telah diwawancarai merekomendasikan calon responden berikutnya. Penggunaan metode *snowball sampling* bertujuan untuk mewawancarai nelayan sebagai responden, bukan nelayan yang beroperasi dengan skala yang lebih besar.

Pertanyaan yang diajukan pada saat wawancara terkait dengan demografi, mata pencaharian, alasan memilih pekerjaan serta alternatif pekerjaan. Studi literatur juga dilakukan untuk melengkapi hasil wawancara tersebut. Data dari hasil wawancara yang diperoleh

dianalisis dengan menggunakan metode *open coding method*. *Open coding method* merupakan cara penyajian data wawancara dengan mengelompokkan jawaban responden berdasarkan kemiripan jawaban. Hal ini bertujuan untuk menggali jawaban responden yang beragam (tidak terpaku pada pilihan jawaban yang disediakan pewawancara), sehingga informasi yang diperoleh lebih banyak. Umumnya, metode ini digunakan untuk penyajian data dari hasil wawancara dengan menggunakan kuesioner semiterstruktur.

Identifikasi Faktor-faktor Resiliensi Sistem Sosial-ekologi Lamun

Dua aspek digunakan dalam mengidentifikasi faktor-faktor resiliensi SES, yaitu aspek ekologi dan sosial-ekonomi. Aspek ekologi meliputi komposisi jenis lamun, kerentanan perubahan fase, cadangan benih lamun, pemulihan lamun, kesehatan habitat lamun, tutupan makroalga, indikasi eutrofikasi, tren penutupan lamun. Pengambilan data untuk komposisi jenis lamun dan kesehatan habitat lamun dilakukan dalam setiap *belt transect* sepanjang 20 m. Dua seri *belt transect* dipasang di masing-masing desa atau stasiun, yaitu di dekat pantai (A) dan tubir (B). Dalam sebuah *belt transect* memiliki 3 titik sampling, sehingga total transek tersebut berjumlah 6 buah di masing-masing desa atau stasiun. Area lamun ditentukan dari total penutupan lamun sepanjang transek. Kontinuitas lamun merupakan jumlah kelompok lamun yang terbentuk dalam transek.

Kedekatan lamun dilihat berdasarkan jarak antar kelompok lamun dalam transek. Tutupan lamun yang dimaksud disini adalah tutupan relatif lamun karena penghitungannya dilakukan dengan menerapkan skoring terlebih dahulu terhadap tutupan lamun di setiap transeknnya. Jenis lamun disini juga mirip dengan tutupan lamun karena dalam penghitungannya dilakukan ranking terlebih dahulu terhadap jenis lamun. Nilai HSI berkisar antara 0 hingga 100. Semakin tinggi nilai indeks tersebut, maka semakin baik pula kualitas ekosistem lamun sebagai habitat. Indikator kerentanan perubahan fase adalah jumlah daun per tunas kurang dari 2 helai. Jumlah daun per tunas diukur pada transek kuadrat 1x1 m dengan 3 titik sampling. Pengukuran jumlah daun bertujuan untuk mengukur kerentanan lamun untuk berubah fase. Jika suatu padang lamun didominasi oleh tunas lamun dengan jumlah daun kurang dari 2 helai maka padang lamun tersebut sulit pulih ketika ada gangguan, sehingga rentan untuk berganti fase menjadi selain lamun.

Pemulihan lamun terhadap gangguan dapat diukur dengan pertumbuhan rhizome lamun. Jenis lamun yang diukur adalah jenis *Thalassia hemprichii* yang merupakan kelompok lamun lambat tumbuh dan memiliki frekuensi tertinggi. Pertumbuhan rhizoma lamun dilakukan dengan metode penandaan (*tagging*) pada tunas terakhir dari rangkaian individu lamun dalam satu rizophoma. Panjang rhizome pada awal penandaan dan akhir (2 minggu) diukur pada 30 individu lamun di masing-masing lokasi untuk mengetahui pertumbuhannya. Beberapa jenis lamun menghasilkan benih yang berpotensi menjadi cadangan benih ketika gangguan terjadi hingga mengurangi biomassa dan luasan lamun. Benih lamun tersebut cenderung berukuran kecil, memiliki masa dormansi dan *buoyancy* negatif sehingga tersimpan dalam sedimen. Adanya cadangan benih dalam sedimen meningkatkan kemampuan adaptasi lamun terhadap gangguan. Persediaan benih diukur dengan menghitung jumlah benih yang ada pada transek kuadrat yang sama.

Pengambilan sampel benih menggunakan *core* berdiameter 2 inci dengan kedalaman 10 cm pada masing-masing *belt transect* sebanyak 3 titik sampling. Nutrien, sebagai faktor pembatas, mempengaruhi fungsi akar dan rhizoma serta berperan dalam mengurangi produksi daun. Kekurangan nutrien dapat menyebabkan proses fotosintesis terganggu serta alokasi biomassa terpusat ke akar dibanding daun lamun. Nutrien berlebih, terutama Nitrat, dapat menyebabkan *blooming alga*, penetrasi sinar matahari ke perairan berkurang, kematian lamun hingga kematian mendadak pada biota laut akibat kondisi anoksik pada sedimen. Kompetitor lamun seperti makroalga merupakan salah satu biota yang mendapat keuntungan dari keberadaan nutrien berlebih. Sehinggautupan makroalga sebagai kompetitor lamun dan konsentrasi nutrien sebagai indikasi eutrofikasi juga menjadi indikator resiliensi lamun. Nutrien air poros sedimen (*pore water*) berupa Nitrat dan Orto Fosfat diambil dengan menggunakan *vacump pump* dapat dianalisis dengan analisis spektrofotometri di Laboratorium. Pengambilan sampel nutrien dilakukan sebanyak 3 titik sampling. Penutupan makroalga sebagai kompetitor lamun diambil datanya dengan menggunakan *belt transect* (20x1 m) sebanyak 3 titik sampling. Luasan lamun yang rusak akibat alat tangkap nelayan dan kecenderungan luasan lamun diestimasi dengan wawancara pada 16 nelayan (responden) dan observasi lapangan di masing-masing desa. Selanjutnya semua indikator diberi skor untuk mengetahui taraf resiliensi ekologi lamun.

Kriteria ketergantungan terhadap sumberdaya lamun merupakan hasil modifikasi dari kriteria yang disusun oleh peneliti terdahulu. Kriteria yang semula berjumlah 10 dipadatkan menjadi 9 kriteria ketergantungan terhadap sumberdaya hayati. Ketergantungan secara sosial meliputi empat kriteria, yaitu keterikatan terhadap pekerjaan (*occupational attachment*), keterikatan terhadap tempat (*attachment to place*), kemampuan bekerja (*employability*), karakteristik keluarga (*family characteristic*). Adapun ketergantungan secara ekonomi meliputi ukuran usaha (*business size and approach*) dan kondisi keuangan (*financial situation*). Sedangkan ketergantungan lingkungan meliputi tingkat spesialisasi (*level of specialisation*), durasi melaut (*time spent harvesting*) serta ketertarikan dan pengetahuan terhadap lingkungan (*interest in and knowledge of the environment*). Indikator resiliensi sosial meliputi ketergantungan terhadap sumberdaya, fleksibilitas rumah tangga nelayan, pendapatan dan alternative pekerjaan. Untuk resiliensi sosial-ekologi, maka indikator kesadaran lingkungan dan peran institusi perlu ditambahkan Pengambilan data dari aspek sosial dilakukan dengan *in-depth interview* pada sampel nelayan di masing-masing desa secara *snowball sampling*.

Pertanyaan yang diajukan saat wawancara terkait ukuran rumah tangga nelayan, strategi mata pencaharian, persepsi dan kesiapan rumah tangga nelayan menghadapi gangguan atau bencana, tingkat kebersamaan masyarakat pesisir, institusi dan perannya (formal, nonformal) serta timbal balik rumah tangga nelayan terhadap ekosistem lamun. Kriteria ketergantungan terhadap sumberdaya lamun, resiliensi social serta social ekologi lamun diberi skor dengan nilai 1 sampai 3 pada bobot yang sama untuk masing-masing kriteria atau indicator.

8.6 Analisis sidik ragam untuk data aspek ekologi dan sosial

Metode yang digunakan untuk menganalisis data baik dari aspek ekologi dan sosial adalah analisis sidik ragam (ANOVA) dengan taraf uji 95% serta Uji Beda Nyata yang kemudian diperoleh hasil uji F untuk mengetahui pengaruh sumber keragaman dan perbedaan variabel- variabel yang diamati karena perlakuan yang berbeda. Berdasarkan analisis maka diperoleh hasil uji F dengan rumus:



Keterangan:

KTP = Kuadrat Tengah Perlakuan;

KTE = Kuadrat Tengah Galat

Sedangkan Kesehatan Habitat Lamun dianalisis dengan *Habitat Structure Index* (HSI) sebagai berikut:



Keterangan:

$$HSI' = \sqrt{(Area2 + Kontinuitas2 + Kedekatan2 + Tutupan2 + Jenis2)}$$

$$Scalar = 100/HSI \text{ ideal} = 0,4422$$

HSI Ideal = ketika setiap peubah HSI memiliki nilai maksimal (i) Area Lamun (*Area; A*) $A = (Aobs/Amax) \times 100$

Keterangan:

Aobs = Jumlah tutupan lamun pada transek yang ada lamun (m²)

Amax = Jumlah tutupan lamun maksimal pada total transek lamun (m²)

Area lamun merupakan total area lamun yang diamati dalam transek secara keseluruhan. Persentase penutupan masing-masing lamun dalam transek kuadrat yang sama dijumlah untuk mendapatkan persentase penutupan lamun (*Aobs_m*) masing-masing transek kuadrat.

Keterangan tambahan:

Cobs= Jumlah kelompok lamun sepanjang transek

Cmax= Jumlah transek yang ada lamun

C_{min} = Jumlah minimal kelompok lamun sepanjang transek
Kontinuitas dihitung dari jumlah kelompok lamun di
sepanjang *belt transect*.

Contohnya:

jika pada semua transek kuadrat ditemukan lamun maka nilai
 C_{obs} untuk satu *belt transect* adalah 1. Nilai C_{max} adalah 20
(dari 20 m) dan C_{min} adalah 1 (jumlah minimal kelompok
lamun yang terbentuk), sehingga perhitungan kontinuitas
lamun sebagai berikut:

$$C = \frac{((20-1)/(20-1)) \times 100}{100} = 100 \quad \text{(iii) Kedekatan Lamun (Proximity; P)}$$
$$P = \frac{(P_{max}-P_{obs})}{(P_{max}-P_{min})} \times 100$$

Keterangan:

P_{obs} = Jumlah jarak terdekat dan terjauh antar kelompok lamun (m)

P_{max} = Jarak terjauh yang memungkinkan antar kelompok lamun
(m)

P_{min} = Jarak terdekat yang memungkinkan antar kelompok lamun
(m)

Kedekatan lamun dihitung dari jarak antar kelompok lamundi
sepanjang *belt transect*. P_{max} merupakan jarak maksimal yang
mungkin dalam satu *belt transect*, sehingga nilainya adalah 19 (P_{max}
= 20 m - 1 m = 19). P_{obs} merupakan jumlah jarak terjauh dan
terdekat antar kelompok lamun. Memiliki nilai P_{obs} adalah 0 karena
hanya ada satu kelompok lamun. P_{min} adalah jarak minimal yang
mungkin antar kelompok lamun, sehingga nilai P_{min} adalah 0.
Contoh perhitungan kedekatan lamun (P) pada contoh adalah
sebagai berikut:

$$P = \frac{((19-0)/(19-0)) \times 100}{100} = 100 \quad \text{(iv) Penutupan Lamun (Percentage Cover; K)}$$
$$K = \frac{(K_{obs}/K_{max}) \times 100}{100}$$

Keterangan:

K_{obs} = (Jumlah transek x skor tutupan)/ A_{max}

K_{max} = (Jumlah transek total x skor tertinggi)/ A_{max}

Keterangan tambahan:

Skor 3 = Penutupan lamun $\geq 90\%$

Skor 2 = Penutupan lamun 40-89%

Skor 1 = Penutupan lamun < 40%

Penutupan lamun diperoleh dari rata-rata persentase penutupan lamun dalam *belt transect*. Pada contoh hasil pengamatan, *Kobs* merupakan hasil dari perkalian jumlah transek dan skor persentase penutupan lamun yang kemudian dibagi dengan tutupan lamun maksimal ($A_{max} = 20 \text{ m}^2$). Nilai *Kobs* adalah $1,65 [((13 \times 2) + (7 \times 1))/20]$. Nilai *Kmax* adalah $3 ((20 \times 3)/20)$. Perhitungan penutupan lamun (*K*) adalah sebagai berikut:

$$K = (1,65/3) \times 100 = 55 \text{ (v) Jenis Lamun (Species Identity; S) } S = (Sobs/Smax) \times 100$$

Keterangan:

Sobs = (Jumlah tutupan lamun x rangking)*i*/*Amax*

Smax = (Jumlah tutupan lamun maksimal x rangking)/*Amax*

Keterangan tambahan:

Rangking 1 = Jenis lamun ukuran kecil (*Halophila decipien*, *Halophila minor*, *Halophila ovalis*)

Rangking 2 = Jenis lamun ukuran sedang (*Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, *Syringodium isoetifolium*)

Rangking 3 = Jenis lamun ukuran besar (*Cymococlea serrulata*, *Enhalus acoroides*, *Thalassodendron ciliatum*, *Thalassia hemprichii*)

Jenis lamun (*S*) diperoleh dari rata-rata nilai yang dimiliki oleh masing masing jenis lamun dalam *belt transect*. *Sobs* merupakan nilai seluruh jenis lamun dalam pengamatan, misal nilai *Sobs* pada contoh adalah $1,46 (Sobs = ((3 \times 9.5)+(3 \times 0.23)+(2 \times 0)+(1 \times 0))/20 = 1,4595)$. Nilai *Smax* merupakan nilai maksimal yang mungkin dimiliki (ketika semua jenis lamun yang ditemukan tergolong jenis lamun ukuran besar), yaitu sebesar $3 (Smax = (20 \times 3)/20 = 3)$. Selanjutnya nilai jenis lamun (*S*) diperoleh sebagai berikut:

$$S = (1,46/3) \times 100 = 48,6$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, nilai HSI dapat dihitung sebagai berikut:

$$HSI = HSI' \times scalar = (\sqrt{(852 + 1002 + 1002 + 552 + 48,62)}) \times 0,4422 = 73,4$$

Ketika terjadi gangguan hingga mengakibatkan rusaknya suatu luasan lamun tertentu, maka jenis lamun yang pertama akan tumbuh adalah lamun-lamun cepat tumbuh, seperti genus *Halophila*. Proses suksesi tersebut kemudian dilanjutkan oleh genus *Halodule* dan *Syringodium* pada tahap suksesi lanjutan. Sedangkan lamun genus *Enhalus* atau *Thalassia* sering kali menjadi jenis lamun yang tumbuh saat akhir suksesi atau telah mencapai klimaks. Pemodelan dampak perubahan iklim terhadap lamun, yaitu menguji indikator utama pergantian fase lamun berupa pergeseran atau pergantian komposisi, misal padang lamun bergeser menjadi padang makroalga. Salah satu hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lamun tidak mampu bertahan dari perubahan yang terjadi dan tidak dapat pulih hingga terjadi perubahan fase, yang diindikasikan dengan jumlah tunas lamun yang daunnya kurang dari dua helai. Oleh karena itu, jumlah tunas lamun dengan daun kurang dari dua helai menjadi salah satu indikator yang bisa digunakan untuk menentukan resiliensi lamun.

Resiliensi Regenerasi

Membandingkan peran antara kemampuan vegetatif dan generatif lamun terhadap pemulihan lamun pada padang lamun campuran (*multi spesies*). Bahwa pemulihan lamun lebih dipengaruhi oleh kemampuan vegetatif lamun, dalam hal ini adalah pertumbuhan rhizoma lamun. Pertumbuhan rhizoma lamun dapat mengembalikan kondisi fisik lamun seperti semula dalam rentang waktu yang relatif singkat, sedangkan cadangan benih memang tidak seketika dapat membantu pemulihan lamun, tetapi berperan dalam suksesi atau rekrutmen lamun pada area lamun yang rusak. Suksesi tersebut membutuhkan waktu lebih lama dibanding pemulihan lamun yang rusak oleh pertumbuhan rhizoma lamun, namun memperbesar kemampuan adaptasi lamun. Cadangan benih akan tumbuh menjadi kecambah ketika kondisi sudah memungkinkan serta ketika masa dormansi benih telah berakhir, meski tidak semua benih lamun memiliki masa dormansi. Umumnya benih lamun memiliki *bouyancy* negatif atau cenderung tenggelam ke dalam dasar perairan atau tertimbun dalam substrat, hanya benih lamun jenis EA dan TC yang memiliki *bouyancy* positif atau cenderung mengambang di perairan. Meskipun jumlah cadangan benih lamun berbeda antara kedua lokasi, kecenderungan benih untuk tetap berada pada satu tempat (tidak berpindah-pindah atau *transient*), memiliki kemampuan produksi tunas atau individu baru yang lebih cepat, serta dilindungi oleh kulit atau pembungkus benih yang lebih keras dibanding jenis

lamun lambat tumbuh. Jenis lamun cepat tumbuh atau *pioneer* berperan sebagai garda depan pemulihan lamun dikarenakan kemampuannya untuk tumbuh lebih cepat. Ketika rekolonisasi tersebut berhasil, maka jenis lamun lain yang lebih lambat tumbuh segera menyusul hingga mencapai klimaks, dimana jenis lamun lambat tumbuh mendominasi ekosistem lamun tersebut.

Ekosistem lamun akan banyak berkurang saat musim utara (Desember – Februari) dimana gelombang tinggi dan arus laut kencang. Banyak daun lamun akan putus atau bahkan tercabut dan terbawa ke pinggir pantai, namun setelah musim utara berlalu perlahan-lahan akan tumbuh lagi hingga membentuk siklus tahunan. Luasan lamun semakin bertambah dari tahun ke tahun menurut nelayan, terutama mereka yang telah puluhan tahun berkulat di ekosistem lamun. Selain itu, setelah ditetapkannya Daerah Perlindungan Lamun pada tahun 2008 silam semakin mendorong masyarakat setempat untuk menjaga dan tidak merusak lamun. Mencoba mendefinisikan resiliensi serta perbedaannya dengan istilah stabilitas suatu sistem ekologi. Jika resiliensi diartikan sebagai kemampuan suatu sistem untuk meyerap gangguan dan tetap mampu mempertahankan fungsi, struktur serta identitasnya, maka lain halnya dengan stabilitas yang diartikan sebagai kemampuan suatu system untuk kembali pada kondisi kesetimbangannya setelah mengalami gangguan. Suatu sistem dikatakan semakin stabil ketika mampu kembali ke titik kesetimbangannya dengan cepat dan tanpa fluktuasi yang besar. Suatu sistem yang sangat resilien disertai dengan fluktuasi yang besar dapat dianggap memiliki kestabilan rendah.

Resiliensi Sosial

Resiliensi sosial didefinisikan sebagai kemampuan suatu kelompok atau komunitas dalam mengatasi tekanan atau gangguan baik dari perubahan sosial, politik ataupun lingkungan. Kelompok atau komunitas tertentu yang memiliki ketergantungan terhadap sumberdaya tertentu kerap kali memiliki resiliensi sosial yang relatif lebih rendah dan memerlukan bantuan pihak lain untuk bisa mencapai resiliensi. Proses sosial seperti kerjasama dapat meningkatkan resiliensi komunitasnya. Resiliensi sosial bertumpu pada ketergantungan terhadap sumberdaya, fleksibilitas rumah tangga nelayan, jumlah anggota keluarga, serta ada tidaknya alternatif pekerjaan yang dimiliki. Selain itu, pendapatan menunjukkan stabilitas rumah tangga nelayan yang tidak dapat

dikesampingkan, sehingga pendapatan menjadi salah satu penentu resiliensi sosial komunitas nelayan pada penelitian ini. Ada 10 indikator ketergantungan terhadap sumberdaya pada komunitas nelayan yang dalam penelitian ini dipadatkan menjadi 9 indikator atau kriteria seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Ketergantungan terhadap sumberdaya lamun menjadi indikator resiliensi sosial.

Konsep Resiliensi Sosial-ekologi Lamun

Sistem ekologi dan sistem sosial yang saling berinteraksi membentuk SES. Ketika sistem tersebut mendapat gangguan atau tekanan, maka baik sistem ekologi dan sistem sosial penyusunnya akan merasakan dampaknya. Oleh karena itu, system ekologi dan sosial yang menyusunnya tidak dapat dipandang secara terpisah, termasuk dalam hal resiliensi. Pengelolaan SDHP tidak lepas dari pemahaman akan sistem ekologi dan sistem sosial yang menyusun sistem sosial-ekologi pesisir. Pengelolaan SDHP berbasis resiliensi SES pesisir bertujuan untuk menghindari kondisi yang tidak diinginkan (*undesirable state*). Kondisi yang tidak diinginkan dapat berupa berkurangnya akses terhadap SDHP ataupun hilangnya jasa ekosistem dari ekosistem pesisir. Peningkatan resiliensi sosialekologi pesisir akan memperbesar efektivitas dan keberhasilan pengelolaan SDHP. Meski sistem sosial dan ekologi penyusun SES dianggap setara namun, system sosial memiliki kemampuan untuk menjaga perpaduan sistem sosial dengan alam atau ekologi agar tetap dalam kondisi yang diinginkan (*desirable state*).

Oleh karena itu, sistem sosial memiliki peran sebagai aktor dalam hal kapasitas adaptif SES, tidak terkecuali di pesisir. Sistem sosial memiliki peran tertentu terkait resiliensi sistem ekologi yang menjadi tumpuannya. Hilangnya resiliensi dan kapasitas adaptif akan mengakibatkan pergeseran SES pada keadaan yang tidak diinginkan (*undesirable state*). Contohnya, konversi lahan mangrove menjadi lokasi budidaya udang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitarnya, namun juga menyebabkan fungsi mangrove sebagai pelindung pantai hilang dan justru akan membutuhkan biaya lebih besar untuk membuat bangunan peindung pantai. Oleh karena itu, analisis resiliensi SES tidak hanya ditentukan oleh indikator atau faktor pada resiliensi di masing-masing sistem harus dilihat melalui satu kesatuan sistem.

Dalam penentuan resiliensi SES, indikator dari aspek ekologi yang digunakan merupakan semua indikator resiliensi ekologi lamun yang telah dijelaskan sebelumnya. Sedangkan dari aspek sosial, juga menggunakan semua indikator resiliensi sosial sebelumnya dengan ditambahkan kesadaran nelayan akan kelestarian ekosistem lamun sebagai upaya timbal balik yang diberikan oleh sistem sosial tersebut. Selain itu, peran institusi terkait ditambahkan sebagai indikator dari aspek sosial. Sehingga total indikator yang digunakan dalam penentuan resiliensi SES berjumlah 8 dari aspek ekologi (komposisi jenis lamun, kerentanan perubahan fase, cadangan benih lamun, pemulihan lamun, kesehatan habitat lamun, tutupan makroalga, indikasi eutrofikasi, serta tren luasan lamun) dan 6 dari aspek sosial (ketergantungan terhadap sumberdaya, fleksibilitas rumah tangga nelayan, pendapatan, alternatif pekerjaan, kesadaran lingkungan, serta peran institusi) yang masing-masing indikator diberi skor berkisar antara 1 hingga 3 dengan bobot yang sama.

∞

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto L. 2009. Pendekatan *Social-Ecological Syatem* (SES) dalam Pengelolaan Ekosistem Lamun Berkelanjutan. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional I Pengelolaan Ekosistem Lamun (Hutomo M, Bengen G, Kuriandewa T, Taurusman, AA dan Haryani EB). Jakarta (ID). 18 November 2009: 187- 200.
- Adrianto L. 2012. Ecological Footprint *Aplikasinya dalam Pengelolaan Sumberdaya Perikanan*. MSP Publication Series No. 02.
- Adrianto L, Kusumastanto T. 2013. Pemodelan valuasi keterkaitan padang lamun dengan perikanan: Studi kasus Pulau Bintan, Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau. Laporan Kemajuan Penelitian Unggulan sesuai Mandat Pusat. IPB. 57 hal.
- Agustina JJ, Winasti R, Wiguna DA, Kawaroe M. 2011. Lamun sebagai alternatif bahan baku pembuatan kertas. Program Kreativitas Mahasiswa Gagasan tertulis. IPB.
- Anderies JM, Janssen MA, Ostrom E. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society* 9(1): 18. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18>.
- Anggraeni F, Adrianto L, Kurnia R, Malikusworo H. 2015. Seagrass ecosystem and small scale fisheries connectivity. Paper presented on SCESAP Biodiversity Symposium, Bangkok 3-7 Juli 2015: 8p.
- Azka MH. 2006. Ada apa dengan lamun. *Majalah Ilmiah Semi Populer Oseana*. Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI. Jakarta (ID). 31(3): 45-55.
- Bengen DG. 2001. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut*. Bogor (ID) : PKSPL. IPB.
- Berkstrom C, Jorgensen TL, Hellstrom M. 2013. Ecological connectivity and niche differentiation between two closely related fish species in the mangrove- seagrass-coral continuum. *Mar Ecol Prog Ser* 477: 201-215.
- Bjork M, Short F, Mcleod E, Beer S. 2008. Managing seagrasses for resilience to climate change. IUCN Resilience Science Group Working Paper Series-No 3. IUCN, Gland, Switzerland. 56p.
- Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21: 17-29.
- Chiu, Shih H, Yen HH, Hsing JL. 2013. Carbon budget of leaves of the tropical intertidal seagrass *Thalassia hemprichii*. *Estuarine, Coastal and Self Science* 125: 27-35.

- Chua, Thi E. 2006. *The Dynamics of Integrated Coastal Management: Practical Applications in the Sustainable Coastal Development in East Asia*. GEF/UNDP/IMO Regional Programme on Buildings Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA), Quezon City, Philippines. 431p.
- Costanza R, Arge Rd, Groot Rd, Farberk SM, Grasso B, Hannon K, Limburg S, Naeem RV, O'Neill, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, van den Belt M. 1997. The Value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut Aset Pembangunan berkelanjutan Indonesia*. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Damayanti AS. 2011. Pola Konektivitas Sistem Sosial Ekologi dalam Pengelolaan Ekosistem padang Lamun: Kajian efektifitas Pengelolaan kawasan konservasi padang lamun di desa Malang Rapat dan Teluk Bakau, Kabupaten Bintan. *Tesis*. Universitas Indonesia. 149 hal.
- De la Torre-Castro M, Ronnback P. 2004. Link between humans seagrasses- an example from Tropical East Africa. *Ocean dan Coastal Management* 47: 361-387.
- De la Torre-Castro M, Di Carlo G, Jiddawi NS. 2014. Seagrass importance for small- scale fishery in the tropics: The need for seascape management. *Marine Pollution Bulletin*.
- Den Hartog C. 1970. *The Seagrass of the World*. North Holland, Amsterdam: 275p.
- Dinas Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2014. Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia.
- Dinas Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2015. Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia.
- El Din SNG, El-Sherif ZM. 2013. Nutritional value of *Cymodocea nodosa* and *Posidonia oceanica* along the western Egyptian Mediterranean coast. *Egyptian Journal of Aquatic Reseach* 39: 153-165.
- Fahruddin M. 2017. Kajian Ekologi Ekosistem Lamun sebagai Dasar Penyusunan Strategi Pengelolaan Pesisir Di Desa Baho Sulawesi Utara. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Fauzi, A. 2014. Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Bogor (ID): IPB Press.
- Garcia F, Kampara JM, Valent WCI, Ambrosio LA. 2014. Emeryy assessment of tilapia cage farming in hydroelectric reservoir. *Ecological Engineering* 68: 72-79.

- Gavaris S. 2009. Fisheries management planning and support for strategic and tactical decisions in ecosystem approach contex. *Fisheries Research* 100: 6- 14.
- Haberl H, Steinberger JK, Plutzer C, Erb K, Gaube V, Gingrich S, Krausman F. 2012. Natural and socioeconomic determinants of the embodied human appropriation of net primary production and its relation to other resource use indicators. *Ecological Indicators* 25: 222-231.
- Handayani T, Kadi A. 2007. Keanekaragaman dan biomassa algae di perairan Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 33 (2): 199-211.
- Hemminga MA, Duarte C. 2000. *Seagrass Ecology XI*. Cambridge University Press. United Kingdom. 298p.
- Hutabarat S, Evans SM. 2006. Pengantar oseanografi. UI-Press. Jakarta. 159 hlm.
- Honda K, Nakamura Y, Nakaoka M, Uy WH, Fortes MD. 2013. Habitat Use by Fishes in Coral Reefs, Seagrass Beds and Mangrove Habitats in the Philippines. *PLoS ONE* 8(8): e65735. doi:10.1371/journal.pone.0065735.
- Hutomo M, Azkab MH. 1987. Peranan lamun di lingkungan laut dangkal. *Oseana* Vol. XII (1): 13-23.
- Ikhsan N. 2015. Distribusi Teripang di Daerah Padang Lamun Pulau Wanci, Sulawesi Tenggara. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Jurajj. 2016. Hubungan Fungsional Sebaran Jenis Lamun dengan Kemunculan *Dugong dugon* di Pulau Bintan (Desa Pengudang dan Desa Busung), Kepulauan Riau. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Kawaroe M. 2009. Perspektif Lamun Sebagai *Blue Carbon Sink* di Laut. *Lokakarya Lamun*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB.
- Kiswara W. 1997. Struktur komunitas padang lamun perairan Indonesia. P 54-61. Inventarisasi dan evaluasi potensi laut-pesisir, geologi, kimia, biologi, dan ekologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Kiswara W, Ulumuddin YI. 2009. Peran vegetasi pantai dalam siklus karbon global: mangrove dan lamun sebagai reservoir karbon. Workshop ocean and climate change. Laut sebagai pengendali perubahan iklim: peran laut Indonesia dalam mereduksi percepatan proses pemanasan global. Bogor (ID) 4 Agustus 2009.
- Kiswara W. 2009. Perspektif Lamun Dalam Produktivitas Hayati Pesisir. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional I Pengelolaan Ekosistem Lamun (Hutomo M, Bengen DG, Kuriandewa T, Taurusman AA, Haryani EB). Jakarta (ID), 18 November 2009: 91-119.

- Krausman F, Gingrich S, Haberl H, Erb K, Musel A, Kastner K, Kohlheb N, Niedertcheider M, Scwarzlmuller E. 2012. Long-term trajectories of the human appropriation of net primary production: Lessons from six national case studies. *Ecological Economic* 77: 129-138.
- Kuo J. 2007. New monoecious seagrass of *Halophila sulawesii* (Hydrocharitaceae) from Indonesia. *Aquat. Bot.* 87, 171-175.
- Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM. 2006. Seagrasses: Biology, Ecology, and Conservation. *Spinger*, Netherlands. 691 pp.
- Lima JS, Rivera EC, Focken U. 2012. Emergy evaluation of organic and conventional marine shrimp farms in Guaraira, Brazil. *Journal of Cleaner Production* 35: 194-202.
- Listiyawati RN, Meidiana C, Anggraeni M. 2014. Evaluation of energy self sufficient village by means of emergy indices. *Procedia Environmental Sciences* 20: 30-39.
- Liu L, Li X, He X, Xiao D, Chen W. 2011. Emergy evaluation of Agro-ecosystem of Shiyang River Basin Northwestern China. *Journal Resource Ecology* 2(3): 232-240.
- McKenzie LJ, Campbell SJ, Roder CA. 2001. Seagrass-Watch: manual for mapping and monitoring seagrass resources by Community (Citizen) Volunteers. QFS, NFC, Calms. 100p.
- McKenzie LJ. 2003. *Guidelines for the rapid assessment of seagrass habitats in the western Pasific*. The State of Queensland, Department of Primary Industries. 43p.
- Mi SY, Doo BL, Bo KK, Jae JK, Jang HL, Eun JY, Won GP, Kyung HC, Shang HL. 2014. Comparison of phytoplankton macromolecular composition and zooplankton proximate compositions in the northern Chukchi Sea. *Deep-Sea Res II*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.05.018>.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Well-Human Being Synthesis*. Island Press. Washington DC. 137p.
- Niedertscheider M, Gingrich S, Erb K. 2012. Changes in land use in South Africa between 1961 and 2006: an integrated socio-ecological analysis based on the human appropriation of net primary production framework. *Reg. Environ. Change* 12: 715-727.
- Nugraha AH. 2016. Respon Fisiologis Lamun *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata* Terhadap Tekanan Antropogenik Di Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Peristiwady T. 2006. *Ikan-ikan laut penting di Indonesia. Petunjuk identifikasi*. LIPI Press. Jakarta (ID). 270 hal.
- Phillips CR, Menez EG. 1988. *Seagrass*. Washington D.C: Smithsonian. Institutions Press

- Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. 2016. Status Padang Lamun di Indonesia. *Press Realese*. Disampaikan pada Penunjukan LIPI sebagai Wali Data Terumbu Karang dan Padang Lamun di Indonesia berdasarkan Peraturan Kepala LIPI Nomor 54 tahun 2016. Gedung Sasana Widya Graha LIPI. Jakarta, 22 Februari 2016.
- Risamu FJL, Prayitno HB. 2011. Kajian zat hara Fosfat, Nitrat, Nitrit dan Silikat di perairan Kepulauan Matasiri Kalimantan Selatan. *Ilmu Kelautan* 16(3): 135-142.
- Short FT, McKenzie LJ, Coles RG, Vidler KP, Gaeckle JL. 2006. *Seagrass Net Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat*. Worldwide edition. University of New Hampshire Publication. 75p.
- Sjafrie NDM. 2016. Studi Konektivitas Sistem SosialEkologis Ekosistem Lamun di Kabupaten Bintan. [Disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Syukur A. 2012. Desain konservasi lamun untuk keberlanjutan ikan di Tanjung Luar Lombok Timur. [Disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Tanaka Y, Nakaoka M. 2004. Emergence stress and morphological constraints affect the species distribution and growth of subtropical intertidal seagrasses. *Mar Ecol Prog Ser* 284:117-131.
- Unsworth RKF, Collier CJ, Henderson GM, McKenzie LJ. 2012. Tropical seagrass meadows modify seawater carbon chemistry: implications for coral reefs impacted by ocean acidification. *Environ. Res. Lett.* 7 (2012) 024026 (9p).
- Unsworth CLC, Unsworth RKF. 2013. Seagrass meadows, Ecosystem Services and Sustainability. *Environment Science and Policy for Sustainable Development Magazine* 55 (3): 14-26 [doi 10.1080_00139157.2013.785864].
- Unsworth CLC, Nordlund LM, Paddock J, Baker S, McKenzie LJ, Unsworth RKF. 2014. Seagrass meadows globally as coupled social-ecological system: Implication for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin* 83: 387-397.
- Yulianda F. 2007. Ekowisata bahari sebagai alternatif pemanfaatan sumberdaya pesisir berbasis konservasi. Disampaikan pada Seminar Sains 21 Februari 2007. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK. IPB.
- Yusuf M. 2008. Penilaian Dampak Aktivitas Manusia Pada Kerusakan Ekosistem Padang Lamun Di Pantai Barat Teluk Banten. [Tesis]. Jakarta (ID): Universitas Indonesia.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kampung Baro, Sigli, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam pada tanggal 18 Januari 1990, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Ir Murdani MP dan Ibu Mardhiah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 03 Way Kandis, Bandar Lampung tahun 2002, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Lhokseumawe, Aceh tahun 2005 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri

Lhokseumawe, Aceh 2008.

Penulis melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Malikussaleh, Program Studi Budidaya Perairan dan meraih gelar Sarjana Perikanan (SPi) pada tahun 2012. Selanjutnya pada tahun 2013 melalui bantuan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) DIKTI penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana Program Magister (S2) pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan (SPL) Institut Pertanian Bogor.

Pada tahun 2010 sampai 2013 penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen dalam praktikum beberapa matakuliah jurusan Budidaya Perairan Universitas Malikussaleh. Penulis juga aktif mengikuti seminar seminar tentang pengelolaan pesisir dan lautan serta seminar bidang ilmu akuakultur. Saat ini penulis aktif dalam organisasi Asosiasi pemuda Maritim Indonesia (APMI) cabang Aceh sebagai anggota divisi riset dan teknologi.

∞

Lamun adalah satu-satunya tumbuhan berbunga (Spermatophyta) yang secara penuh beradaptasi pada lingkungan perairan. Tumbuhan ini mampu hidup di media air asin, berfungsi normal dalam keadaan terbenam, mempunyai sistem perakaran yang berkembang baik serta mampu melaksanakan daur generatif dalam keadaan terbenam. Lamun dapat berkembang membentuk hamparan luas di mintakat pasang surut (intertidal) maupun subtidal sehingga membentuk padang luas yang disebut padang lamun. Padang lamun dihuni oleh berbagai biota, mulai yang hidup di dasar perairan (bentos), hidup di perairan antara daun lamun (nekton dan plankton) serta yang menempel di daun baik yang menetap (peribiota) maupun yang tidak.

Lamun juga merupakan tumbuhan akuatik yang telah beradaptasi untuk bisa bertahan hidup dalam lingkungan perairan. Tumbuhan ini memiliki kedekatan lebih besar dengan tumbuhan darat dibanding tumbuhan laut lainnya seperti alga. Hal ini karena lamun memiliki akar, rhizoma, batang, dan daun seperti halnya tumbuhan (rerumputan) darat pada umumnya. Lamun tumbuh subur di laut dan muara perairan dangkal di seluruh dunia, seperti daerah pasang surut, estuari, di depan formasi hutan bakau dan sering juga ditemui di terumbu karang. Umumnya tumbuh pada habitat berpasir, berlumpur dan berkarang. Adakalanya lamun membentuk komunitas yang hingga merupakan padang lamun (seagrass bed) yang cukup luas. Kurang lebih ada 58 jenis lamun di seluruh dunia dimana dari keseluruhan jenis tersebut, 12 jenis terdapat di Indonesia.

Peranan ekosistem lamun dalam menunjang kehidupan masyarakat khususnya masyarakat pesisir sangatlah penting, seperti mencegah abrasi, stabilisator sedimen, sebagai tempat berlindung dan berkembang biak beberapa jenis ikan, tempat hidup dan mencari makan dugong, yaitu hewan mamalia yang hampir punah juga sebagai sarana ekowisata yang dapat menarik wisatawan karena keberadaan lamun belum ada di semua daerah pesisir.

Oleh karena itu, isi buku teks ini terdiri dari delapan bab yang mencakup Bab 1 Latar belakang, Bab 2 Jenis-jenis lamun dan penyebarannya, Bab 3 Ekologi lingkungan hidup, Bab 4 Manfaat bagi pesisir, Bab 5 Lamun sebagai penyimpan karbon, Bab 6 Kerusakan dan pengendaliannya, Bab 7 Transplantasi lamun dan Bab 8 Konsep pengambilan data dan analisis.

UNIMAL PRESS

ISBN 978-602-464-041-5



9 786024 640415