MODUL

EKOSISTEM LAMUN





Disusun Oleh:

PKSPL-IPB UNIVERSITY

untuk Program FOCUS

(Fisherfolks Empowerment for Climate Resilience and Sustainability)

2024

MODUL PELATIHAN

EKOSISTEM LAMUN

Penyusun:

Yoppie Christian
Andy Afandy
Ahmad Solihin
Fery Kurniawan
Isdahartati
Andan Hamdani
Desmiwati
Budi Prabowo
Atika Salsabila Fajria
Robba Fahrisy Darus
Amelian Dinisia
Retia Revany
Rifki Aldi Ramadhani
Cindy Syaza Fhadilla
Dwianka Rahman Maisalda

FOCUS

Norway humanis KIARA PKSPL-IPB WALHI

Copyright© 2024

Diterbitkan oleh konsorsium *Fisherfolks Empowerment for Climate Resilience and Sustainabillity* (FOCUS) yang terdiri atas Yayasan Humanis dan Inovasi Sosial, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB, Wahana Lingkungan Hidup Indonesia, dan Koalisi Rakyat untuk Keadilan Perikanan.

Daftar Isi

Kata Pengantar ..... **i**

Ekosistem Lamun ..... **I**

Pengantar ..... **I**

Waktu ..... **I**

Tujuan Pembelajaran ..... **I**

Alat dan Bahan **2**

Metode **2**

Materi **2**

Fungsional Ekosistem Pesisir 4

Ancaman terhadap Ekosistem Pesisir 5

Upaya Mengatasi Ancaman terhadap Ekosistem Pesisir 6

Pengelolaan Ekosistem Lamun 6

Upaya Pemulihan dan Pengelolaan Ekosistem Padang Lamun 15

Daftar Pustaka **19**

Daftar Tabel

Tabel 1. Kondisi Ekosistem Lamun pada Periode 2018-2021 9

Daftar Gambar

Gambar 1. Sebaran Padang Lamun yang telah Tervalidasi 7

Gambar 2. Jenis-Jenis Lamun yang ditemukan di Indonesia 9

Kata Pengantar

Modul Pengelolan Pesisir Terpadu (*Integrated Coastal Management*) ini disusun sebagai upaya untuk mengkonstruksi dasar pengetahuan mengenai pengelolaan wilayah pesisir bagi aktor-aktor yang menggunakan sumber daya dan area pesisir di Indonesia. Dari sisi tata kelola wilayah dan sumber daya pesisir, terdapat dua tingkat pengambilan keputusan yang dibutuhkan yakni *level* pembuat kebijakan dan *level* pelaksana kebijakan. Modul ini lebih ditujukan bagi pelaksana kebijakan atau aktor-aktor yang akan terdampak langsung oleh suatu kebijakan terkait pesisir. Oleh karena itu,modul ini dapat digunakan bagi para birokrat, praktisi, akademisi, aktivis, pengusaha maupun masyarakat umum yang memanfaatkan wilayah maupun sumber daya pesisir.

Namun, modul ini juga memberikan peluang bagi para pihak di atas untuk menyusun perencanaan berbasis pengalaman dan pengetahuan praktis mengenai pengelolaan wilayah dan sumber daya pesisir. Perencanaan ini dapat menjadi masukan berharga bagi para pengambil kebijakan baik pada aras eksekutif maupun legislatif. Perencanaan yang akan disusun pada tahap akhir dari pelatihan ini juga bermanfaat bagi desain kelembagaan untuk mengelola wilayah dan sumber daya pesisir secara kolaboratif yang dalam pelatihan ini disebut dengan *Program Management Office* (PMO) dan *Program Coordinating Committee* (PCC).

Modul ini mengajak peserta untuk mengeksplorasi ragam sumber daya pesisir serta interkoneksinya dalam satu kesatuan ekologis. Dari sekian banyak sumber daya pesisir, ekosistem lamun merupakan entitas esensial yang menjadi bahan eksplorasi dalam pelatihan ICM. Setelah diskusi, peserta diharapkan mampu memahami karakter sumber daya pesisir serta hubungan antar sumber daya tersebut sebagai sebuah *coastal resource system*.

Modul pelatihan ICM ini merupakan bagian pertama dari rangkaian program pengembangan dan implementasi model pengelolaan pesisir terpadu sesuai yang telah dikembangkan oleh Kemitraan Pengelolaan Lingkungan bagi Lautan di Asia Timur (PEMSEA) pada tahun 2018. Masukan dan evaluasi serta kontekstualisasi pada modul serta bahan-bahan kajian dapat dilakukan oleh pemrakarsa sebagai upaya perbaikan modul ini secara terus menerus. Selain itu, pemetaan dan identifikasi studi-studi kasus pada tingkat lokal didorong untuk memperbanyak individu-individu yang terlatih di tingkat lokal dan nasional untuk mengimplementasikan *Integrated Coastal Management* (ICM).

Semoga modul ini dapat menjadi alat bantu bagi para pihak, khususnya pemerhati, pengambil kebijakan, peneliti, praktisi maupun masyarakat umum untuk memahami sumber daya dan wilayah pesisir. Pada akhirnya, umpan balik untuk perbaikan bagi modul ini sangat diharapkan agar semakin ke depan, formulasi bagi pengelolaan pesisir dapat makin mendekati apa yang diharapkan dari *Sustainable Development Goals* 2023. Selamat berlatih.

Bogor, Juli 2024

Penyusun



Ekosistem Lamun

Pengantar

Ekosistem pesisir menyediakan sumber daya alam hayati dan non hayati sebagai sumber pangan, tambang mineral, energi, dan rekreasi. Wilayah pesisir ini merupakan tumpuan harapan manusia dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya di masa yang akan datang. Ekosistem lamun merupakan salah satu komponen penting dalam ekosistem pesisir dan turut menyumbang pada kesehatan ekosistem pesisir secara utuh, namun yang paling sedikit diketahui oleh publik dibandingkan mangrove atau terumbu karang. Namun, seperti semua ekosistem pesisir lain, lamun sangat rentan terhadap tekanan dan ancaman baik dari faktor alami tetapi dari faktor antropogenik. Ketidaktahuan mengenai ekosistem lamun seringkali membuat lamun dihilangkan untuk kebutuhan lain padahal padang lamun adalah area penting bagi pengasuhan ikan. Maka dari itu, peningkatan pengetahuan, mitigasi kerusakan dan pengelolaan risikonya sangat penting dilakukan. Modul ini akan membahas rinci fungsi, ancaman, upaya mengatasi ancaman, dan pengelolaan ekosistem lamun di Indonesia.

Waktu

- Durasi penyampaian materi selama 120 menit.
- Durasi diskusi dan tanya jawab selama 60 menit.

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir pembelajaran, peserta diharapkan dapat:

- Mengetahui profil ekosistem lamun di Indonesia
- Memahami fungsi ekosistem lamun di pesisir.

- Menggambarkan ancaman yang dihadapi ekosistem lamun
- Mengidentifikasi upaya mengatasi ancaman ekosistem lamun dan pesisir.

Alat dan Bahan

- Alat tulis
- Alat bantu visual
- Video
- Slide presentasi

Metode

- Pemaparan dan diskusi
- Tukar pengalaman antar peserta
- Diskusi kelompok

Materi

Pesisir sebagai suatu Kesatuan Ekosistem

Wilayah pesisir adalah habitat bagi ekosistem yang khas, saling terkait, dinamis, dan produktif. Ekosistem pesisir terdiri dari ekosistem estuari, ekosistem mangrove, ekosistem lamun, ekosistem terumbu karang, ekosistem pantai, dan ekosistem pulau-pulau kecil (Bengen, 2004).

a) Ekosistem Estuari

Estuari adalah wilayah pesisir yang semi-tertutup, yang berinteraksi dengan laut terbuka dan menerima aliran air tawar dari daratan. Wilayah ini umumnya didominasi oleh substrat berlumpur. Berdasarkan karakteristik geomorfologinya, estuari dibagi menjadi empat tipe: estuari dataran pesisir, laguna, *fjords*, dan estuari tektonik. Berdasarkan pola sirkulasi dan stratifikasi air, estuari terbagi menjadi tiga tipe: estuari

berstratifikasi sempurna (baji garam), estuari berstratifikasi sebagian, dan estuari campuran. Beberapa karakteristik fisik penting dari estuari meliputi salinitas, substrat, sirkulasi air, pasang-surut, dan penyimpanan zat hara. Keunikan fisik ini mendukung keanekaragaman hayati yang khas, terutama fauna seperti ikan, kepiting, kerang, dan berbagai jenis cacing.

b) Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove atau "hutan mangrove" adalah komunitas vegetasi pantai tropis yang tumbuh di daerah intertidal dan supratidal yang mendapat aliran air cukup, terlindung dari gelombang besar, dan arus pasang-surut yang kuat. Ekosistem ini banyak ditemukan di pantai teluk dangkal, estuari, delta, dan kawasan pesisir yang terlindung. Ekosistem mangrove terdiri dari pohon-pohonan dan semak-semak yang termasuk dalam 12 genus, seperti *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, dan lainnya. Di Indonesia, terdapat 202 spesies mangrove, di antaranya 47 spesies yang spesifik sebagai mangrove.

c) Ekosistem Lamun

Lamun adalah tumbuhan berbunga (Angiospermae) dengan rhizoma, daun, dan akar sejati yang hidup terendam di laut sepanjang siklus hidupnya. Lamun dapat tumbuh di substrat berlumpur hingga berbatu, namun hamparan lamun yang luas sering ditemukan di substrat lumpur-berpasir antara hutan mangrove dan terumbu karang. Terdapat 55 jenis lamun di dunia, dengan 17 jenis yang ada di Indonesia, seperti *Cymodocea rotundata*, *Halodule pinifolia*, dan *Thalassia hemprichii*.

d) Ekosistem Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang adalah sistem ekologi yang terbentuk oleh terumbu karang, yang terdiri dari endapan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang dihasilkan oleh organisme karang. Secara umum, terumbu karang

dibedakan menjadi tiga tipe: terumbu karang tepi (*fringing reef*), terumbu karang penghalang (*barrier reef*), dan terumbu karang cincin (*atoll*).

e) Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai terletak antara garis air surut terendah dan air pasang tertinggi. Wilayah ini dapat terdiri dari substrat batu, kerikil, pasir, hingga liat dan lumpur. Jenis pantai meliputi pantai berbatu dan pantai berpasir.

f) Ekosistem Pulau-Pulau Kecil

Ekosistem pulau-pulau kecil terdapat pada pulau dengan luas maksimal 5.000 km^2, dan pulau yang lebih kecil dengan luas tidak lebih dari 100 km^2 atau lebar tidak lebih dari 3 km. Pulau-pulau kecil dapat dibedakan secara geologi menjadi pulau kontinental, vulkanik, karang timbul, daratan rendah, atoll, dataran, dan pulau bergunung, masing-masing dengan subkategori yang berbeda.

Fungsional Ekosistem Pesisir

Ekosistem pesisir memiliki berbagai fungsi penting bagi manusia. Fungsi utama meliputi penyedia sumber daya alam, penampung limbah, penyedia jasa pendukung kehidupan, dan jasa kenyamanan.

Sebagai penyedia sumber daya alam, ekosistem pesisir menghasilkan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, seperti perikanan, mangrove, terumbu karang, dan lamun, serta sumber daya alam non-hayati yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi dan gas alam.

Ekosistem pesisir juga berperan sebagai penyedia air bersih dan ruang untuk aktivitas manusia, serta tempat yang indah dan menyejukkan untuk rekreasi dan pariwisata. Sebagai hilir dari beragam aliran limbah, ekosistem pesisir memiliki batasan kapasitas dalam menyerap polusi. Jika

volume limbah yang masuk melebihi kapasitas, dapat terjadi kerusakan dan degradasi ekosistem.

Ancaman terhadap Ekosistem Pesisir

Ancaman terhadap ekosistem pesisir dapat dibagi menjadi ancaman alami dan antropogenik (yang disebabkan oleh manusia).

a) Ancaman Alami

Ancaman alami terhadap ekosistem pesisir sulit diprediksi dalam hal waktu, frekuensi, dan intensitas. Dibandingkan dengan ancaman antropogenik, ancaman alami dapat menyebabkan dampak yang cepat dan lebih besar pada ekosistem pesisir. Beberapa ancaman alami meliputi tsunami, gempa bumi, badai, dan perubahan iklim. Perubahan iklim menjadi ancaman alami yang semakin mendapatkan perhatian, ditandai dengan peningkatan konsentrasi CO_2 di laut, pemanasan air laut yang ekstrem, penurunan pH air laut, badai yang semakin kuat dan sering, erosi pantai, serta kenaikan permukaan air laut. Dampak dari perubahan iklim ini merugikan ekosistem pesisir dan kesejahteraan manusia.

b) Ancaman Antropogenik

Ancaman antropogenik banyak disebabkan oleh aktivitas manusia yang merusak, seperti pembukaan lahan untuk pertanian, perikanan budidaya, pertambangan, dan pembangunan pesisir. Semua ancaman ini terkait dengan pertumbuhan penduduk dan pembangunan di pesisir. Pembukaan lahan dapat menyebabkan sedimentasi dan pencemaran, di mana sungai membawa bahan pencemar dan sedimen menuju laut. Limbah pertanian yang mengandung nitrogen dan fosfor dapat menyebabkan eutrofikasi, merusak ekosistem pesisir. Sampah rumah tangga dan kota juga menjadi sumber polusi di pesisir.Erosi pantai sering kali diperburuk oleh penambangan terumbu karang, pembukaan ekosistem mangrove, serta faktor alami seperti angin, arus, dan gelombang. Selain itu, perikanan yang tidak ramah lingkungan, seperti

penggunaan bahan peledak atau sianida, mempercepat kerusakan terumbu karang. Aktivitas reklamasi pantai juga berpotensi mengubah struktur ekologi biota laut dan menurunkan keanekaragaman hayati di ekosistem pesisir.

Upaya Mengatasi Ancaman terhadap Ekosistem Pesisir

Untuk mengatasi ancaman terhadap ekosistem pesisir, diperlukan berbagai upaya perlindungan, perbaikan, dan pemulihan. Prinsip-prinsip yang dapat diterapkan adalah prinsip resiliensi dan keberlanjutan.

a) Prinsip Resiliensi

Prinsip resiliensi merujuk pada kemampuan ekosistem untuk pulih setelah kerusakan atau gangguan. Upaya pemulihan ekosistem pesisir dapat dilakukan melalui restorasi, rehabilitasi, atau konservasi. Restorasi dan rehabilitasi melibatkan intervensi langsung, seperti transplantasi terumbu karang atau penanaman mangrove. Sementara itu, konservasi bertujuan untuk melindungi ekosistem agar dapat pulih dengan sendirinya, dengan menghindari aktivitas yang merusak.

b) Prinsip Keberlanjutan

Keberlanjutan dalam konservasi memastikan bahwa ekosistem pesisir dijaga tanpa campur tangan fisik yang merusak. Contohnya adalah praktik lokal seperti *awig-awig* atau *sasi* di Indonesia Timur. Konservasi juga mencakup pengelolaan kawasan, jenis, dan genetik untuk mempertahankan ekosistem. Upaya pengelolaan berbasis daya dukung juga penting, yakni dengan membatasi aktivitas manusia di ekosistem pesisir sesuai kapasitas ekosistem dalam menampung limbah.

Pengelolaan Ekosistem Lamun

Lamun merupakan tumbuhan berbunga (Angiospermae) yang memiliki rhizome, daun, dan akar sejati yang hidup terendam di dalam laut selama

siklus hidupnya. Lamun dapat hidup dari substrat berlumpur hingga berbatu. Namun, hamparan lamun yang luas sering ditemukan di substrat lumpur-berpasir yang tebal antara hutan rawa mangrove dan terumbu karang.



Gambar 1. Sebaran Padang Lamun yang telah Tervalidasi (Sumber: LIPI 2020)

Jenis lamun di dunia sebanyak 55 jenis, dan Indonesia memiliki 17 jenis lamun. Jenis-jenis tersebut antara lain *Cymodocea rotundata, C. serrulata, Enhalus acoroides, Halodule pinifolia, H. decipiens, H. minor, H. ovalis, H. major, H. beccarii, Halodule uninervis, H. spinulosa, Syringodium isoetifolium, Thalassia hemprichii, Thalassodendron ciliatum, Ruppia maritima*, dan *R. brevipedunculata.* Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki padang lamun terluas di dunia (Spalding *et al.*, 2003). Sejak 2003, luas ekosistem lamun di Indonesia diprediksi 30.000 km^2 yang diperoleh dari perkiraan panjang garis pantai dan potensi luas area pesisir yang dapat ditumbuhi oleh lamun (Kuriandewa *et al.*, 2003). Dalam kurun

waktu hampir dua dekade, nilai tersebut menjadi rujukan berbagai artikel ilmiah dan dokumen lainnya.

Validasi luas lamun di Indonesia pertama kali dilakukan pada tahun 2018 oleh Kelompok Kerja (Pokja) Wali Data Lamun Indonesia. Luas ekosistem lamun hasil validasi tersebut adalah sekitar 2.935 km^2 yang sebagian besar melingkupi wilayah timur Indonesia dengan perkiraan sekitar 16-35% dari potensi luas lamun Indonesia. Dengan demikian potensi luas lamun di Indonesia diperkirakan 8.385-18.344 km^2. namun, untuk mendapatkan estimasi luas lamun di Indonesia yang lebih akurat, masih perlu dilakukan kajian terutama di wilayah pesisir bagian tengah dan barat (Rahmawati *et al*., 2022).

Dari 16 jenis lamun yang tercatat di Indonesia, hanya 14 jenis yang saat ini ditemukan di perairan pesisir Indonesia. Jenis lamun tersebut antara lain *Cymodocea rotundata, Oceana serrulata, Halodule pinifolia, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium, Thalassodendron ciliatum, Enhalus acoroides, Thalassia hemprichii, Halophila beccarii, Halodphila decipiens, Halophila major, Halophila minor, Halophila ovalis, Halophila sulawesii*, dan *Ruppia maritima*. Jenis *Halophila beccarii* dan *Ruppia maritima* tercatat dalam bentuk specimen herbarium di museum Herbarium Bogoriense Kota Bogor, Jawa Barat (Rahmawati *et al*., 2022).



Gambar 2. Jenis-Jenis Lamun yang ditemukan di Indonesia

Status padang lamun Indonesia dapat dilihat dari Indeks Kesehatan Ekosistem Lamun (IKEL). Kondisi kesehatan ekosistem lamun di Indonesia berdasarkan data terkini (2021) tergolong sedang (cukup baik) dengan nilai IKEL 0,66 (Rahmawati *et al*. 2022).

Tabel 1. Kondisi Ekosistem Lamun pada Periode 2018-2021

Parameter	**2018**	**2019**	**2021**
Jenis (kisaran jumlah jenis)	1 - 9	1 - 9	1 - 9
Tutupan (%) (rata-rata ± SD)	42 ± 19	40 ± 17	34 ± 18
Makroalga (%) (rata-rata ± SD)	10 ± 10	11 ± 11	10 ± 10
Epifit (%)	17 ± 18	28 ± 19	34 ± 19

Parameter	2018	2019	2021
(rata-rata ± SD)			
Kecerahan air (rata-rata ± SD)	1,63 ± 0,6	1,7 ± 0,4	1,8 ± 0,4
IKEL (rata-rata ± SD)	**0,69 ± 0,1**	**0,67 ± 0,1**	**0,66 ± 0,1**
Kategori	**Baik**	**Sedang**	**Sedang**

Catatan: Nilai IKEL pada tahun 2018 di buku ini memiliki nilai yang berbeda dengan artikel Hernawan *et al* (2021) karena ada penambahan data dari lokasi yang berbeda.

Fungsi Ekosistem Lamun

Ekosistem lamun sebagai komunitas tumbuhan laut berbunga (seagrass), memiliki fungsi yang sangat penting baik dari sisi ekologis, ekonomis, maupun sosial. Ekosistem ini ditemukan di perairan dangkal dengan substrat pasir atau lumpur, terutama di kawasan pesisir tropis dan subtropis. Lamun menjadi salah satu ekosistem pesisir yang memiliki produktivitas tinggi, memberikan manfaat langsung maupun tidak langsung kepada manusia dan lingkungan.

1. Fungsi Ekologis

Lamun berperan penting sebagai habitat bagi berbagai biota laut. Ia menjadi tempat pemijahan, pembesaran, dan perlindungan bagi ikan, moluska, krustasea, dan hewan laut lainnya. Kehadiran lamun meningkatkan keanekaragaman hayati, khususnya spesies yang bergantung pada ekosistem pesisir. Misalnya, ikan ekonomis seperti kakap dan kerapu sering ditemukan di area lamun selama tahap awal hidupnya.

Selain itu, lamun memiliki kemampuan menstabilkan substrat dasar laut, sehingga mengurangi erosi akibat gelombang dan arus laut. Akar dan rizoma lamun berfungsi menahan sedimen, mencegah keruhnya air, dan

menjaga kualitas perairan tetap optimal untuk kehidupan laut lainnya (Orth *et al.*, 2006).

2. Penyerap Karbon Efektif (Blue Carbon)
Ekosistem lamun dikenal sebagai salah satu penyerap karbon paling efisien. Kemampuannya untuk menyimpan karbon di bawah substrat sangat penting dalam mitigasi perubahan iklim. Menurut laporan IPCC (2019), lamun dapat menyimpan karbon hingga 10 kali lipat lebih banyak dibandingkan hutan tropis per satuan luas. Cadangan karbon ini tidak hanya disimpan di bagian tumbuhan lamun, tetapi juga terakumulasi dalam sedimen di bawahnya.

3. Fungsi Ekonomi
Lamun memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi masyarakat pesisir. Sebagai ekosistem yang mendukung perikanan, lamun membantu meningkatkan hasil tangkapan ikan yang bernilai ekonomi tinggi. Selain itu, lamun juga memberikan perlindungan alami terhadap abrasi pantai, sehingga mengurangi biaya untuk pembangunan infrastruktur perlindungan pantai seperti pemecah gelombang.

Bagi pariwisata, ekosistem lamun menjadi daya tarik tersendiri, terutama di daerah yang menawarkan aktivitas snorkeling atau menyelam. Kehadiran lamun yang sehat meningkatkan estetika kawasan wisata dan daya tarik ekosistem pesisir.

4. Fungsi Sosial dan Budaya
Ekosistem lamun memiliki nilai budaya yang penting, terutama di daerah yang bergantung pada laut untuk kehidupan sehari-hari. Banyak komunitas pesisir tradisional yang mengandalkan hasil laut dari kawasan lamun untuk kebutuhan konsumsi dan mata pencaharian. Lamun juga sering dianggap sebagai bagian dari warisan alam yang harus dilestarikan untuk generasi mendatang.

Ancaman pada Ekosistem Lamun

Ekosistem lamun adalah salah satu penopang kehidupan di wilayah pesisir. Namun, seiring meningkatnya tekanan dari aktivitas manusia dan perubahan lingkungan global, ekosistem ini semakin terancam. Kerusakan yang terjadi pada lamun bukan hanya mengancam kelestarian habitat itu sendiri, tetapi juga membawa dampak besar pada ekosistem laut lainnya, masyarakat pesisir, dan stabilitas iklim global. Adapun ancaman terhadap ekosistem lamun meliputi:

1. Pencemaran Laut
   Limbah domestik, industri, dan pertanian yang masuk ke laut membawa zat beracun, nutrien berlebih (eutrofikasi), dan sedimen. Eutrofikasi menyebabkan ledakan alga (algal bloom) yang menghalangi sinar matahari mencapai dasar laut, sehingga mengganggu proses fotosintesis lamun (Orth *et al*., 2006). Sedimen yang menutupi daun lamun juga menghambat pertumbuhannya.

2. Pembangunan di Wilayah Pesisir
   Aktivitas reklamasi, pembangunan pelabuhan, dan penggalian pasir sering kali merusak habitat lamun secara langsung. Perubahan struktur pantai akibat pembangunan ini juga mengubah pola arus dan sedimen, yang dapat menimbulkan erosi pada padang lamun (Waycott *et al*., 2009).

3. Penangkapan Ikan yang Merusak
   Metode penangkapan ikan seperti penggunaan pukat harimau atau alat berat lainnya sering kali merusak lamun secara fisik. Selain itu, ancaman ini berkelanjutan karena kerusakan mekanis pada lamun memerlukan waktu lama untuk pulih.

4. Perubahan Iklim
   Kenaikan suhu laut akibat perubahan iklim dapat memengaruhi pertumbuhan dan distribusi lamun. Suhu tinggi menghambat fotosintesis, sementara kenaikan muka air laut dapat membuat lamun kesulitan mendapatkan cukup cahaya. Selain itu, badai tropis yang semakin intensif juga menyebabkan kerusakan fisik pada padang lamun.

5. Invasi Spesies Asing
   Spesies laut asing yang masuk ke ekosistem lamun, baik secara alami maupun melalui aktivitas manusia seperti pelayaran, dapat mengganggu keseimbangan ekologis. Spesies invasif sering kali bersaing dengan lamun untuk ruang dan sumber daya, sehingga mengancam kelestariannya.

Dampak Degradasi Ekosistem Lamun

Degradasi ekosistem lamun adalah masalah serius yang membutuhkan perhatian segera. Ancaman terhadap lamun berasal dari aktivitas manusia maupun perubahan lingkungan global. Dampaknya tidak hanya merugikan ekosistem laut, tetapi juga memengaruhi kehidupan jutaan orang yang bergantung pada layanan ekosistem ini. Adapun dampak terhadap ekosistem lamun meliputi:

1) Penurunan Keanekaragaman Hayati
   Lamun adalah habitat penting bagi berbagai spesies laut, mulai dari ikan kecil hingga mamalia laut besar seperti duyung. Jika lamun rusak, banyak spesies yang kehilangan tempat berlindung dan sumber makanan, yang dapat mengakibatkan penurunan populasi secara signifikan (Duarte *et al.*, 2010).

2) Gangguan pada Perikanan

Kerusakan lamun berdampak langsung pada perikanan lokal. Padang lamun yang sehat menyediakan tempat bertelur dan pembesaran bagi banyak ikan komersial. Ketika lamun menghilang, stok ikan di sekitar wilayah pesisir juga menurun, yang berdampak pada mata pencaharian masyarakat nelayan.

3) Peningkatan Abrasi dan Erosi Pantai

Lamun berfungsi sebagai pelindung alami terhadap abrasi pantai dengan menahan sedimen dan mengurangi energi gelombang. Kehilangan lamun dapat menyebabkan pantai lebih rentan terhadap kerusakan akibat badai dan gelombang besar, yang pada gilirannya meningkatkan biaya perlindungan pantai (Orth *et al.*, 2006).

4) Pelepasan Karbon ke Atmosfer

Lamun menyimpan karbon dalam jumlah besar di akar dan sedimen bawah lautnya. Ketika lamun rusak, karbon ini dilepaskan ke atmosfer, yang memperburuk pemanasan global. Hilangnya ekosistem lamun di dunia diperkirakan melepaskan hingga 299 juta ton karbon setiap tahun (Waycott *et al.*, 2009).

5) Kerugian Ekonomi dan Sosial

Masyarakat pesisir, terutama yang menggantungkan hidup pada hasil laut, akan merasakan dampak langsung dari kerusakan ekosistem lamun. Kehilangan sumber daya perikanan dan meningkatnya biaya akibat abrasi pantai dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup dan ketimpangan ekonomi di kawasan pesisir.

Upaya Pemulihan dan Pengelolaan Ekosistem Padang Lamun

Kerusakan ekosistem lamun tidak hanya berdampak pada habitat lokal tetapi juga pada keseimbangan lingkungan global. Penurunan luas lamun yang signifikan telah dilaporkan di berbagai belahan dunia, dengan tingkat kehilangan mencapai 7% per tahun di beberapa wilayah (Waycott *et al*., 2009). Rehabilitasi lamun bertujuan untuk memulihkan ekosistem yang rusak agar kembali menjalankan fungsi-fungsinya, termasuk menyerap karbon, menyediakan habitat, dan mendukung kehidupan ekonomi masyarakat pesisir. Adapun model rehabilitasi ekosistem lamun meliputi:

1) Restorasi Pasif

Restorasi pasif berfokus pada penghentian aktivitas yang menyebabkan kerusakan ekosistem lamun. Dengan memberikan waktu dan ruang yang cukup, lamun secara alami dapat pulih dan kembali tumbuh. Contoh pendekatan ini adalah penghentian penggunaan alat tangkap yang merusak., pengaturan aktivitas wisata di wilayah padang lamun untuk mengurangi gangguan fisik, serta pengendalian pencemaran dan sedimentasi di daerah hulu yang mengalir ke kawasan pesisir.

2) Restorasi Aktif

Ketika kerusakan terlalu parah, langkah aktif diperlukan untuk memulihkan lamun. Restorasi aktif melibatkan upaya manusia secara langsung, seperti penanaman, transplantasi dan pengelolaan habitat. Pada penanaman bibit lamun, bibit lamun ditanam di area yang rusak untuk mempercepat pemulihan. Metode ini memerlukan pemahaman mendalam tentang spesies lamun yang cocok, substrat, dan kondisi lingkungan. Upaya lain adalah melalui pengelolaan habitat di mana ditambahkan struktur seperti pagar pelindung untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dari aktivitas manusia atau predator.

3) Pendekatan Berbasis Teknologi

Teknologi modern, seperti drone dan citra satelit, dapat digunakan untuk memetakan kondisi padang lamun dan memantau keberhasilan program rehabilitasi. Selain itu, bioengineering seperti penggunaan substrat buatan untuk menstabilkan bibit lamun juga mulai diterapkan di beberapa wilayah.

4) Kolaborasi Masyarakat Lokal

Partisipasi masyarakat lokal menjadi kunci keberhasilan program rehabilitasi. Melibatkan komunitas pesisir dalam pengelolaan lamun, baik melalui pelatihan, pemberdayaan, maupun pengawasan, dapat memastikan kelangsungan upaya rehabilitasi.

5) Model Pengelolaan Berbasis Ekosistem

Pendekatan ini mengintegrasikan rehabilitasi lamun dengan ekosistem pesisir lainnya, seperti mangrove dan terumbu karang. Hubungan erat antara ketiga ekosistem ini menciptakan sistem yang saling mendukung dan meningkatkan keberhasilan rehabilitasi lamun.

Dengan memperhatikan faktor-faktor penting dalam ekosistem padang lamun, aksi pengelolaan untuk meningkatkan resiliensi padang lamun sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan keragaman jenis, meningkatkan kondisi lingkungan/kualitas air, dan mempertahankan komponen biotik ekosistem. Upaya pengelolaan ekosistem padang lamun yang dapat dilakukan adalah dengan menurunkan tingkat ancaman, mempertimbangkan jenis lamun yang dilindungi, penerapan IKEL sebagai variabel keberhasilan pembangunan nasional, serta pembentukan kawasan konservasi berbasis ekosistem lamun (Unsworth *et al.*, 2019; Bernhardt dan Leslie 2013).

Tantangan Dalam Rehabilitasi Ekosistem Lamun

Salah satu upaya dalam pemulihan ekosistem padang lamun dapat dilakukan dengan cara rehabilitasi. Metode rehabilitasi lamun dapat dilakukan dengan cara tanpa sedimen, dengan sedimen, benih, dan bibit. Rehabilitasi tanpa sedimen dapat dilakukan dengan tunas (sprig planted), tunas dengan jangkar (*sprig anchored*), dan tunas diikatkan ke *frame* (TERFs/*transplanting eelgrass remotely with frames systems*). Rehabilitasi dengan sedimen dapat dilakukan dengan cara *plugs* (coring), *sods* (dengan sekop), *sods* (dengan nampan besi), *sods* (dengan pot). Cara menanam lamun dengan menggunakan benih dapat dilakukan dengan tunas manual, tunas yang telah berkecambah, dan benih dalam wadah dengan sedimen. Penanaman lamun menggunakan bibit dapat dilakukan dengan cara dikumpulkan dari pantai dan ditumbuhkan di bak laboratorium (*seedling bank*) (Gamble *et al*., 2021).

Rehabilitasi ekosistem lamun adalah upaya penting untuk menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir yang mendukung kehidupan laut dan masyarakat pesisir. Berbagai pendekatan restorasi, dari yang bersifat pasif hingga aktif, memiliki potensi untuk memulihkan ekosistem lamun yang telah rusak. Keberhasilan rehabilitasi sangat bergantung pada pemilihan metode yang tepat, penggunaan teknologi pemantauan yang efektif, dan keterlibatan aktif masyarakat. Dengan komitmen yang kuat dan kolaborasi antar pihak, rehabilitasi lamun dapat menjadi kunci dalam mengembalikan fungsi ekologis dan manfaat ekonomi dari ekosistem pesisir ini.

Terdapat beberapa tantangan utama yang dihadapi dalam rehabilitasi ekosistem lamun adalah:

1. Biaya dan Sumber Daya: Restorasi aktif membutuhkan biaya yang tidak sedikit, dan sering kali membutuhkan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, organisasi internasional, dan sektor swasta.

2. Perubahan Iklim: Meskipun rehabilitasi dapat memperbaiki kondisi ekosistem lamun, perubahan iklim, seperti kenaikan suhu laut dan peningkatan frekuensi badai, tetap menjadi ancaman yang signifikan bagi keberhasilan jangka panjang.
3. Keterbatasan Pengetahuan Lokal: Program rehabilitasi harus didasarkan pada pengetahuan lokal tentang ekosistem dan budaya pesisir. Tanpa pengetahuan ini, upaya restorasi bisa gagal.

Daftar Pustaka

Bernhardt JR dan Leslie RW. 2013. Resilience to climate change in coastal marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*. 5: 371-392

Duarte, C. M., Marba, N., Gacia, E., James, W., Fourquerean., Beggins, J., Barron, C., and Apostolaki, E.T. 2010. Seagrass Community Metabolism: Assessing the Carbon Sink Capacity of Seagrass Meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(4), 1-8.

Gamble C, Debney A, Glover A, Bertelli C, Green B, Hendy I, Liley R, Nuuttila H, Potouroglou M, Rgazzola F, Unsworth R, Preston J. 2021. *Seagrass Restoration Handbook*. Zoological Society of London, UK., London.

Hernawan, U.E., Rahmawati, S., Ambo-Rappe, R., Sjafrie, N.D.M., Hadiyanto, H., Yusup, D.S., Nugraha, A.H., La Nafie, Y.A., Adi, W., Prayudha, B., Irawan, A., Rahayu,Y.P., Ningsih, E., Ritniasih, I., Supriadi, I.H., & McMahon, K., 2021. The First Nation-Weed Assessment Identifies Valuable Blue-Carbon Seagrass Habitat in Indonesia is in Moderate Condition. *Science of The Total Environment*, 634:279-86. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146818.

IPCC. 2019. Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.

Jayathilake DRM dan Costello MJ. 2018. A modelled global distribution of the seagrass biome. *Biological Conservation*. 226: 120-126.

Kuriandewa TE, Kiswara W, Hutomo M, Soemodihardjo S. 2003. The seagrass of Indonesia. In: *World Atlas of Seagrasses*. Berkeley: University of California Press. p. 171-182.

Lee KS, Park SR, Kim YK. 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 350(1-2): 144-75.

Mateo MA dan Muychler T. 2006. Carbon flux in seagrass ecosystems. In: *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. 152-192.

Orth, R. J., et al. 2006. A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *BioScience*, 56(12), 987-996.

Rahmawati S, Lisdayanti E, Kusnadi A, Rizqi PM, Putra IP, Irawan A, Supriyadi IH, Prayudha B, Suyarso, Alifatri L. O, et al. 2022. *Status Ekosistem Lamun di Indonesia Tahun 2021*. Jakarta: Pusat Riset Oseanografi, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim. Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Short F, Carruthers T, Dennison W, Waycott M. 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 350(1-2): 3-20.

Spalding M, Taylor M, Ravillious C, Short F, Green E. 2003. Global overview: The distribution and status of seagrasses. 262: p. 5-26.

Unsworth RKF, Collier CJ, Waycott M, McKenzie LJ, Cullen-Unsworth LC. 2019. A framework for the resilience of seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. 100(1): 34-36.

Waycott, M., et al. 2009. Accelerating Loss of Seagrasses across the Globe Threatens Coastal Ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377-12381.


FOCUS