

Saiful Rahman, S.Pd., M.Pd.
Dr. Abdulkadir Rahardjanto, M.Si.
Husamah, S.Pd., M.Pd.

Mengenal Padang Lamun (Seagrass Beds)

Mengenal Padang Lamun (Seagrass Beds)

Lamun (seagrass) merupakan tumbuhan berbunga (Magnoliophyta) yang dapat hidup, tumbuh, dan berkembang pada perairan laut dangkal. Seperti halnya tetumbuhan yang hidup di darat, lamun juga memerlukan intensitas sinar yang cukup agar dapat mengubah zat-zat anorganik menjadi materi organik. Kebutuhan cahaya minimal agar lamun dapat melakukan fotosintesis berkisar 11% - 25%.

Buku ini disusun dengan pendekatan populer ilmiah agar memberikan wacana baru. Kebermanfaatan buku ini diharapkan tidak hanya di dunia pendidikan, namun juga untuk masyarakat umum agar lebih mengenal padang lamun yang ada di pesisir pantai Indonesia. Padang lamun merupakan salah satu komponen penyusun ekosistem pesisir, selain mangrove dan karang. Ketiga ekosistem tersebut memiliki peran yang penting dan saling terkait di wilayah pesisir sehingga kerusakan pada satu ekosistem kemungkinan dapat memberikan dampak negatif pada ekosistem lainnya. Kehadiran buku ini dapat memberikan informasi mengenai kondisi padang lamun di Indonesia.

Mengenal Padang Lamun

MENGENAL PADANG LAMUN (*SEAGRASS BEDS*)

Saiful Rahman, S.Pd., M.Pd.

Dr. Abdulkadir Rahardjanto, M.Si.

Husamah, S.Pd., M.Pd.

Mengenal Padang Lamun (Seagress Beds)

©Dream Litera Buana

Cetakan pertama, mei 2022

90 halaman; 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-5775-51-7

Penulis:

Saiful Rahman, S.Pd., M.Pd.

Dr. Abdulkadir Rahardjanto, M.Si.

Husamah, S.Pd., M.Pd.

Diterbitkan atas kerja sama:

Penerbit Dream Litera

Anggota IKAPI No. 158/JTI/2015

Kepuharjo, Karangploso, Malang, Jawa Timur

Website: www.dreamlitera.com

Dan

CV Perkasa Satu

Jl Pantai Bimo, Wongsorejo, Banyuwangi, Jawa Timur

Terbitan buku ini dilindungi oleh undang-undang RI. No 19/2002 tentang hak cipta. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Distributor:

Dream Litera Buana



KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, kami panjatkan puji syukur pada Allah yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq, Hidayah, Inayah, serta Ma'unah kepada kita semua. Shalawat dan salam selalu kita haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Rasa syukur kepada Allah sehingga kami dapat menyelesaikan buku ini.

Allah SWT telah memberikan anugerah terbesarNya kepada bangsa Indonesia dengan menempatkan Indonesia pada daerah katulistiwa. Indonesia memiliki pulau yang dibakukan dan disubmisi ke PBB pada tahun 2020 sejumlah 16.771. Berdasarkan telaah Pemerintah mencatat jumlah pulau di Indonesia hingga 2021 menjadi 17.000. Penambahan pulau tersebut nantinya akan didaftarkan dalam pertemuan United Nation Group of Expert on Geographical Names (UNGEGN) tahun 2022. Indonesia memiliki panjang garis pantai 108.000 km., terletak diantara samudera luas: Samudra Hindia pada sisi barat, dan samudra Pasifik pada sisi timur. Semua pulau-pulau di Indonesia mendapatkan cahaya matahari yang melimpah yang dibutuhkan tumbuhan sebagai sumber energi, begitu pula tumbuhan yang berada di perairan dangkal.

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan berbunga (Magnoliophyta) yang dapat hidup, tumbuh, dan berkembang pada perairan laut dangkal. Seperti halnya tetumbuhan yang hidup di darat, lamun juga memerlukan intensitas sinar yang

cukup agar dapat mengubah zat-zat anorganik menjadi materi organik. Kebutuhan cahaya minimal agar lamun dapat melakukan fotosintesis berkisar 11% - 25%.

Buku ini disusun dengan pendekatan populer ilmiah agar memberikan wacana baru. Kebermanfaatan buku ini diharapkan tidak hanya di dunia pendidikan, namun juga untuk masyarakat umum agar lebih mengenal padang lamun yang ada di pesisir pantai Indonesia. Padang lamun merupakan salah satu komponen penyusun ekosistem pesisir, selain mangrove dan karang. Ketiga ekosistem tersebut memiliki peran yang penting dan saling terkait di wilayah pesisir sehingga kerusakan pada satu ekosistem kemungkinan dapat memberikan dampak negatif pada ekosistem lainnya. Kehadiran buku ini dapat memberikan informasi mengenai kondisi padang lamun di Indonesia.

Kami ucapakan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Terlepas dari semua itu, kami menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya, oleh karena itu dengan tangan terbuka kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki buku ini. Akhir kata kami berharap semoga buku yang membahas tentang **Mengenal Padang Lamun (*Seagrass beds*)** ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca. Semoga Allah memberikan keluasan ilmu kepada kita semua.

Malang, Maret 2022

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
BAB II MORFOLOGI JENIS LAMUN	7
2.1 Akar	9
2.2 Rhizoma dan Batang.....	10
2.3 Daun	12
2.4 Bunga	16
2.5 Buah.....	16
2.6 Jenis – Jenis Lamun.....	17
BAB III PERANAN PADANG LAMU.....	34
3.1 Kondisi Padang Lamun di Indonesia	34
3.2 Ancaman Kerusakan Padang Lamun di Indonesia.....	37
3.3 Faktor – faktor lingkungan pada lamun	43
3.4 Fungsi dan Manfaat Lamun.....	51
BAB IV PROSEDUR PENGAMBILAN LAMUN	57
4.1 Alat dan Bahan	58
4.2 Penentuan Transek dan Pengambilan Data	59
4.3 Cara Kerja	61
4.4 Monitoring tahun selanjutnya	64
BAB V PENUTUP	65
DAFTAR PUSTAKA	67
GLOSARIUM	75
INDEKS	79

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Morfologi Lamun8
- Gambar 2. Morfologi Akar Lamun10
- Gambar 3. Rhizoma11
- Gambar 4. Morfologi Ujung Daun12
- Gambar 5. Pola Posisi dan Letak Tulang Daun13
- Gambar 6. Bentuk Tepi Daun14
- Gambar 7. Pelepah Daun14
- Gambar 8. Berbagai Posisi Pelekat Daun15
- Gambar 9. Bunga Betinda dan Bunga Jantan16
- Gambar 10. Variasi Morfologi Buah17
- Gambar 11. Morfologi *Enhalus acoroides*. B. Bentuk ujung daun19
- Gambar 12. Morfologi *Halophila decipiens*20
- Gambar 13. A. Morfologi *Halophila ovalis*. B. Bentuk ujung daun21
- Gambar 14. Morfologi *Halophila minor*22
- Gambar 15. A. Morfologi *Halophila spinulosa*. B. Bentuk ujung daun23
- Gambar 16. A. Morfologi *Thalassia hemprichii*. B. Bentuk ujung daun24
- Gambar 17. A. Morfologi *Cymodocea rotundata*. B. Bentuk ujung daun25
- Gambar 18. A. Morfologi *Cymodocea serrulata*. B. Bentuk ujung daun26
- Gambar 19. A. Morfologi *Halodule pinifolia*. B. Bentuk ujung daun27
- Gambar 20. A. Morfologi *Halodule uninervis*. B. Bentuk ujung daun28
- Gambar 21. A. Morfologi *Syringodium isoetifolium*. B. Bentuk ujung daun29
- Gambar 22. A. Morfologi *Thalassodendron ciliatum*. B. Bentuk ujung daun30

- Gambar 23. Siklus hidup lamun secara umum31
- Gambar 24. Hasil evaluasi terhadap kondisi padang lamun dan potensi ancaman ekosistem padang lamun di Indonesia35
- Gambar 25. Siklus intensitas Cahaya pada Lamun47
- Gambar 26. Produktivitas padang lamun dibanding ekosistem lainnya.52
- Gambar 27. Padang lamun menangkap dan menstabilkan substrat53
- Gambar 28. Contoh transek60
- Gambar 29. Lembar kerja lapangan62

DAFTAR TABEL

- Tabel 1. Menunjukkan jenis-jenis lamun yang dapat ditemukan di perairan17
- Tabel 2. Penilaian penutupan lamun dalam kotak kecil penyusunan kuadrat63
- Tabel 3. Penilaian dominansi jenis lamun63

#Bab I



Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang tinggi, termasuk keanekaragaman hayati laut. Salah satu organisme yang banyak dijumpai seluruh pantai di Indonesia adalah lamun (*seagrass*) sebagian besar hidup di perairan laut. Wilayah Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa terkenal memiliki kekayaan dan keanekaragaman sumberdaya hayati dan non hayati laut. Menurut Esther (2010) secara geofisik, laut memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi, struktur kimia atmosfer, serta keseimbangan iklim dan cuaca. Di sisi lain, Indonesia memiliki ekosistem pesisir dan laut yang merupakan himpunan integral dari komponen hayati (organisme hidup) dan nirhayati (fisik) yang saling berinteraksi secara fungsional merupakan ekosistem yang unik, saling terkait, dinamis, dan produktif.

Permasalahan utama yang mempengaruhi lamun di seluruh dunia adalah kerusakan lamun akibat kegiatan pengerukan dan penimbunan (reklamasi), pencemaran air, *wasting disease* (penyakit), tingginya laju sedimentasi, kegiatan penambatan perahu, dan kegiatan budidaya laut. Kerusakan hilangnya lamun (*Seagrass*) di suatu tempat tidak hanya berakibat buruk terhadap biota-biota laut lainnya, tetapi juga berisiko terjadinya pengikisan pantai oleh aksi ombak dan arus meningkat. Menurut Simon (2013) pengamatan struktur komunitas lamun telah dilakukan sejak tahun 1984, namun hingga sekarang ini informasi yang tersedia tentang ekosistem lamun dan ekologiinya dari berbagai perairan di Indonesia belum mencapai 20% dari luas wilayah perairan Indonesia.

Padang lamun merupakan ekosistem laut dangkal yang didominasi oleh vegetasi lamun. Ekosistem padang lamun memiliki peran penting dalam ekologi kawasan pesisir, karena menjadi habitat berbagai biota laut yang menjadikan tempat mencari makanan (*feeding ground*) bagi penyu hijau, dugong, aneka jenis ikan, *Echinodermata* dan *Gastropoda*. Peran lain dari padang lamun ialah menjadi *barrier* (penghalang) bagi ekosistem terumbu karang dari ancaman sedimentasi yang berasal dari daratan (Bortune, 2002).

Namun demikian padang lamun merupakan ekosistem yang rentan (*fragile ecosystem*). Berbagai aktivitas manusia dan industri akan memberi dampak terhadap ekosistem padang lamun, baik secara langsung maupun tidak langsung. Mengingat pentingnya lamun, maka perlu segera dilakukan upaya-upaya pengelolaan yang tepat dan konservasi lamun. Sumber daya laut yang cukup potensial untuk dimanfaatkan secara ekologi, lamun mempunyai beberapa fungsi penting di

daerah pesisir. Banyak organisme yang secara ekologis dan biologis sangat tergantung pada keberadaan lamun. Ekosistem lamun sangat berhubungan erat dan berinteraksi serta sebagai mata rantai (*link*) dan sebagai penyangga (*buffer*) dengan hutan mangrove di pantai dan terumbu karang ke arah laut (Harpiansyah, 2014).

Pertumbuhan lamun dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya suhu, salinitas, kedalaman, kecepatan arus, kekeruhan, dan substrat. Substrat yang menjadi salah satu faktor penting dalam mempengaruhi pertumbuhan lamun memiliki beberapa tipe yaitu substrat pasir, pasir berlumpur lunak, dan karang (Karunia, 2010). Adanya perbedaan pertumbuhan lamun yang berada di substrat pasir dan yang berada di substrat lunak (pasir berlumpur atau lumpur berpasir). Hal ini disebabkan adanya perbedaan kondisi nutrisi pada masing-masing substrat. Secara ekologis berfungsi sebagai produsen primer, pendaur unsur hara, penstabil substrat, penangkap sedimen, habitat dan makanan serta tempat berlindung organisme laut lainnya. Semakin tinggi kepadatan lamun di suatu perairan, maka semakin tinggi pula kepadatan/kelimpahan organismenya (Kiswara & Hutomo, 1985; Nienhuis, 1993).

Ekosistem lamun berada di daerah pesisir pantai dengan kedalaman kurang lebih dari 5 m saat pasang. Namun, beberapa jenis lamun dapat tumbuh lebih dari kedalaman 5 m sampai kedalaman 90 m selama kondisi lingkungannya menunjang pertumbuhan lamun tersebut ekosistem lamun di Indonesia biasanya terletak di antara ekosistem mangrove dan karang, atau terletak di dekat pantai berpasir dan hutan pantai. Sebagai produsen primer, kontribusi padang lamun sangat tergantung pada struktur komunitas. Perbedaan lamun dapat memberikan

kontribusi yang bervariasi terhadap produktivitas tersebut. Hal ini dimungkinkan karena biomassa dari masing - masing jenis lamun juga berbeda sebagai akibat dari perbedaan pertumbuhan dan kerapatannya (Alie, 2010).

Lingkungan yang sangat mendukung di perairan pesisir menjadikan ekosistem lamun dapat hidup dan berkembang secara optimal. Namun kondisi ini juga menjadi ancaman jika nutrisi dalam konsentrasi yang terlalu tinggi. Akibatnya terjadi pengayaan nutrisi (*eutrophication*) yang dapat menyebabkan meledaknya populasi alga (*algae bloom*). Ekosistem lamun menurut Philips dan Menez (1988) adalah salah satu ekosistem bahari yang produktif di perairan dangkal yang berfungsi untuk menstabilkan sedimen dari arus gelombang (*sediment trap*), memberikan perlindungan terhadap hewan di padang lamun.

Eksistensi lamun merupakan adaptasi terhadap salinitas tinggi, kemampuan menancapkan akar di substrat, dan kemampuan untuk tumbuh dan bereproduksi pada saat terbenam. Jenis lamun mencapai 58 spesies di seluruh dunia (Kuo & McComb, 1989) dengan konsentrasi utama di wilayah Indonesia-Pasifik. Dari jumlah tersebut 16 spesies dari 7 genus ditemukan di Asia Tenggara. Di Indonesia ditemukan jenis lamun sebanyak 8 genus dan 13 species lamun di perairan Indonesia coastal waters. Jenis tersebut antara lain *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Syringodium isoetifolium*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila spinulosa*, *Halophila decipiens*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Halophila minor*, *Thalassodendron ciliatum* and *Ruppia maritima*. Jenis *R. maritima* records berdasarkan rekaman spesies di Herbarium Bogoriense yang dikoleksi di Ancol-Jakarta dan Pasir Putih-Jawa Timur (Seagrasswatch, 2022).

Lebih lanjut menurut Seagrasswatch (2022) keanekaragaman lamun di Indonesia hampir sama dengan negara tetangga (misalnya Filipina=13 spesies, Papua Nugini=13 dan Australia utara=156,7,8 meskipun keragaman habitat termasuk yang tertinggi di dunia. Sebaran lamun di seluruh Kepulauan Indonesia belum diketahui secara lengkap dengan luas wilayah termasuk pantai Papua yang belum terpantau¹¹. Setidaknya 30.000 km² diketahui terjadi di seluruh kepulauan Indonesia. Ilmuwan mengidentifikasi sembilan faktor yang mempengaruhi persebaran lamun. Ini termasuk: cahaya, kedalaman air, pasang surut dan pergerakan air, salinitas, suhu, dampak manusia, perubahan iklim, ketersediaan bahan reproduksi yang layak (misalnya biji dan fragmen) dan persaingan dari tanaman lain. Di daerah tropis, habitat utama lamun terdapat pada platform terumbu tepi dangkal dan teluk dangkal yang terlindung di mana distribusinya juga didorong oleh topografi mikro fisik lokasi. Meskipun studi tentang distribusi geografis lamun di seluruh Kepulauan Indonesia masih langka, lokasi spesies tidak diragukan lagi merupakan konsekuensi dari semua atau sebagian dari faktor-faktor ini.

Juga telah dikemukakan bahwa keanekaragaman spesies di Indonesia mungkin sebagian merupakan konsekuensi dari arus laut yang secara efektif membentuk penghalang geografis bagi penyebaran lamun. Arus berkecepatan tinggi (misalnya, >5,0 m.sec-1; misalnya, Selat Sape) yang mengalir di antara pulau-pulau melalui banyak selat sempit (biasanya dalam arah utara-selatan) dapat menjelaskan beberapa perbedaan membujur dalam komposisi spesies perairan dangkal komunitas bentik, terutama di sepanjang Busur Sunda Besar.

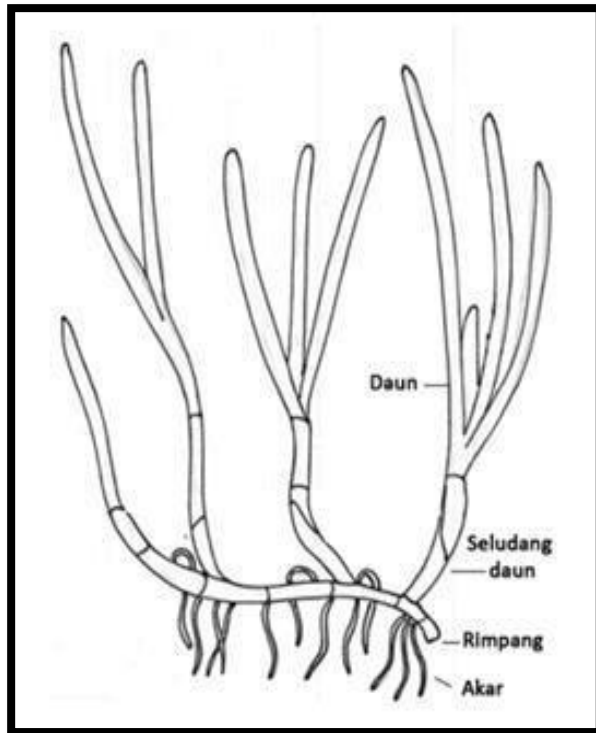
Pemanfaatan lamun sebagai bioindikator monitoring keberadaan logam berat, antara lain jenis *Cymodecae rotundata*, *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii*, untuk logam berat Cu, Cd, Pb dan Zn di perairan Teluk Xincun, Cina Selatan (Li & Huang, 2012). *Zostera capricorni* sebagai bioindikator Cd, Cu, Pb, Se dan Zn di ekosistem lamun Lake Macquarie, Australia (Rappe 2010). *Halophila ovalis* sebagai bioindikator perairan estuaria (River Science, 2013). Berdasarkan peranan dan fungsi tersebut maka ekosistem lamun dijadikan bioindikator lingkungan berdasarkan kriteria Kepmen LH Nomor 200 Tahun 2004 tentang kriteria baku kerusakan dan pedoman penentuan padang lamun atau ekosistem lamun.

#Bab II



Morfologi Jenis Lamun (Sea Grass)

Lamun adalah tumbuhan berbunga (Angiospermae) yang hidup terendam dalam kolom air dan berkembang dengan baik diperairan laut dangkal dan estuari. Tumbuhan lamun terdiri dari dua daun dan seludang, batang menjajar yang biasanya disebut rimpang (rhizome), dan akar yang tumbuh pada bagian rimpang (Gambar 1). Di Indonesia terdapat 13 jenis lamun yang tersebar di hampir seluruh perairan Indonesia, dengan perkiraan luas 30.000 Km² (Nienhuis, 1993; Kuo, 2007).



Gambar 1. Morfologi Lamun

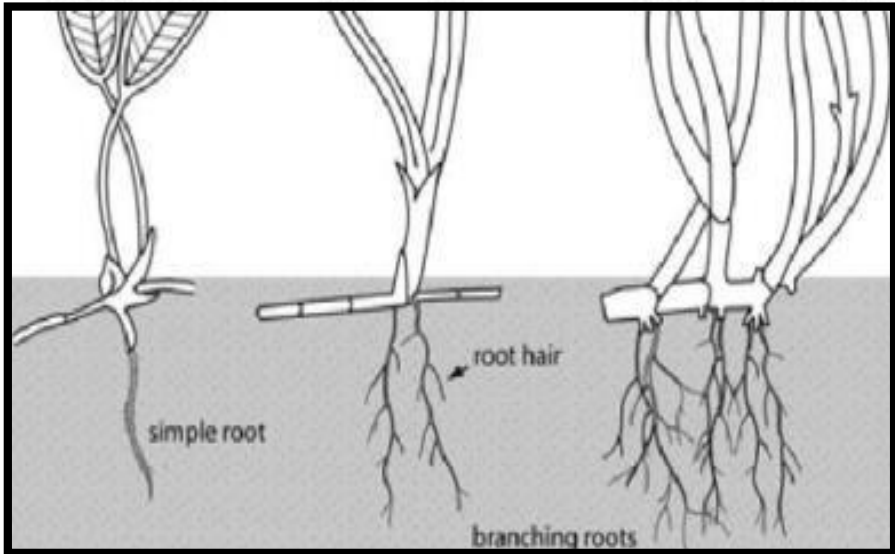
Satu jenis lamun atau beberapa jenis lamun umumnya membentuk hamparan luas yang disebut komunitas padang lamun. Kemudian, komunitas padang lamun berinteraksi dengan biota yang hidup didalamnya dan dengan lingkungan sekitarnya membentuk ekosistem padang lamun. Pada pantai yang didominasi oleh hutan bakau, komunitas lamun sering berfungsi sebagai penghubung fungsional dan daerah penyangga antara terumbu karang (ke arah laut) dengan hutan bakau (ke arah darat). Padang lamun tergolong dalam ekosistem laut yang paling produktif dan mempunyai peran penting dalam dinamika nutrisi pesisir (Friedhelm, 2012).

Berdasarkan studi tentang Lamun dan agar tidak akan adanya kesalah fahaman maka lamun dan rumput laut berikut ini

disajikan istilah atau definisi tentang Lamun, padang Lamun, dan ekosistem Lamun (*Sea grass*) merupakan satu- satunya kelompok tumbuhan laut berbunga (*Angiospermae*) yang memiliki rhizoma, daun, dan akar sejati yang hidup terendam dilaut serta beradaptasi secara penuh yang salinitasnya cukup tinggi atau hidup terbenam didalam air. Hal ini juga lamun (*Sea grass*) sebagai tumbuhan air berbunga, hidup di dalam air laut, berpembuluh, berdaun, berimpang, berakar, dan berkembang biak dengan biji dan tunas, sedangkan padang lamun (*Sea grass bed*) hamparan vegetasi lamun yang menutupi suatu area pesisir/laut dangkal yang terbentuk oleh satu jenis lamun atau lebih dengan kerapatan tanaman yang padat atau jarang, dan ekosistem lamun (*Sea grass ecosystem*) satu sistem (organisasi) ekologi padang Lamun yang di dalamnya terjadi hubungan timbal balik antara komponen abiotik (air dan sedimen) dan biotik (hewan dan tumbuhan).

2.1 Akar

Lamun memiliki sistem perakaran serabut yang berfungsi untuk menancapkan tumbuhan ke substrat serta menyerap zat-zat hara. Akar lamun umumnya pendek dengan beberapa percabangan/*branching root* atau bahkan tidak memiliki percabangan/*simple root* seperti pada Gambar 2.



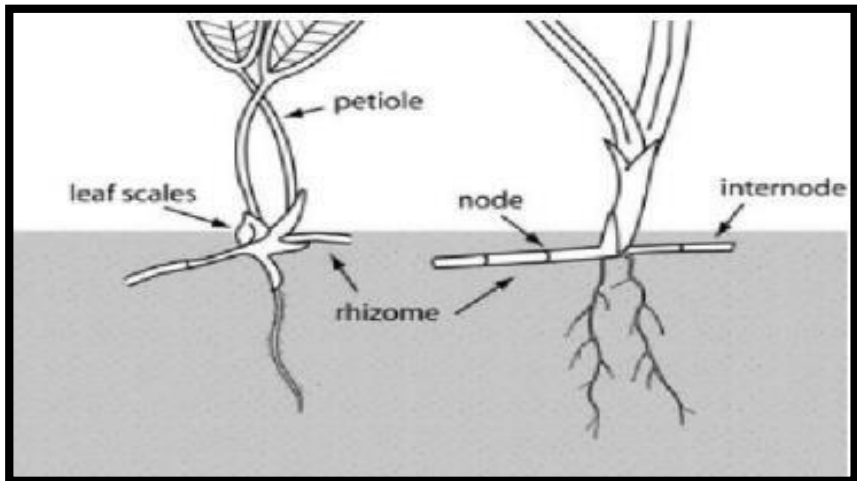
Gambar 2. Morfologi Akar lamun (Mckenzie & Yoshida, 2009)

Terdapat perbedaan morfologi dan anatomi akar yang jelas antar jenis lamun yang dapat digunakan dalam kajian taksonomi lamun. Akar pada beberapa jenis seperti *Halophila* dan *Halodule* memiliki karakteristik tipis (fragile) seperti rambut, sedangkan jenis *Thalassodendron* memiliki akar yang kuat dan berkayu dengan sel epidermal. Akar pada lamun memiliki pusat stele yang dikelilingi oleh endodermis. Stele mengandung phloem atau jaringan transport nutrien, dan xylem atau jaringan yang menyalurkan air (Tuwo, 2011).

2.2 Rhizoma dan Batang

Batang lamun berbentuk silinder dan tumbuh menjalar di bawah permukaan tanah/substrat disebut dengan rhizoma. Meskipun rhizome tumbuh secara horisontal, beberapa spesies memiliki rhizoma yang tumbuh vertikal. Rhizoma memiliki

buku-buku (*node*) yang mengandung jaringan meristem yang berfungsi untuk membentuk daun dan akar. Buku/node yang satu dengan yang lain dipisahkan oleh ruas-ruas (*internode*). Selain berfungsi sebagai tempat tumbuhnya daun dan akar, rhizoma juga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan secara aseksual. Rhizoma lamun ditunjukkan seperti Gambar 3.



Gambar 3: Rhizoma (Mckenzie & Yoshida, 2009)

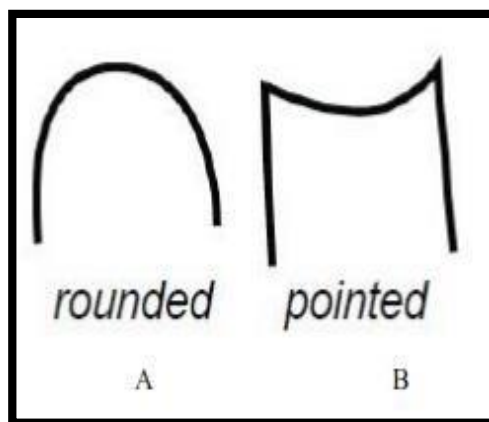
Struktur rhizoma dan batang lamun memiliki variasi yang sangat tinggi tergantung dari susunan di dalam stele masing-masing lamunnya. Rhizoma seringkali terbenam di dalam substrat yang dapat meluas secara ekstensif dan memiliki peran yang utama pada reproduksi secara vegetatif (merupakan hal yang penting untuk penyebaran dan pembibitan lamun). Volume rhizoma merupakan 60-80% dari biomasa lamun (Tuwo, 2011).

2.3 Daun

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

1. Ujung Daun

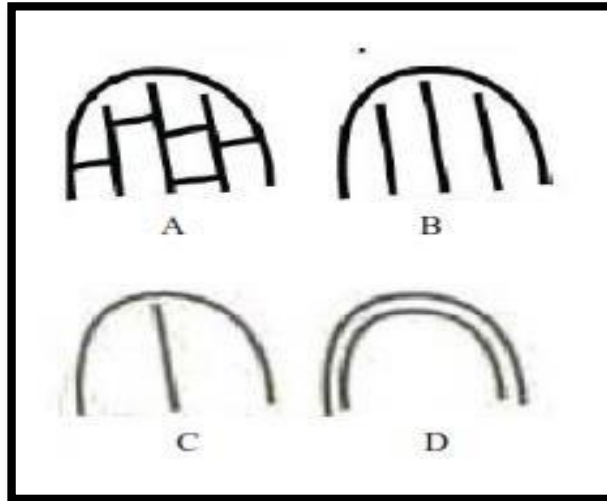
Bentuk ujung daun pada lamun bisa membulat atau meruncing. Ujung daun mudah rusak atau terpotong sehingga untuk mengamati ujung daun lebih baik menggunakan daun lamun yang masih muda. Gambar 4 berikut menunjukkan variasi bentuk ujung daun pada lamun.



Gambar 4. Morfologi ujung daun A. Bulat; B. Runcing
(Mckenzie & Yoshida, 2009)

2. Tulang Daun

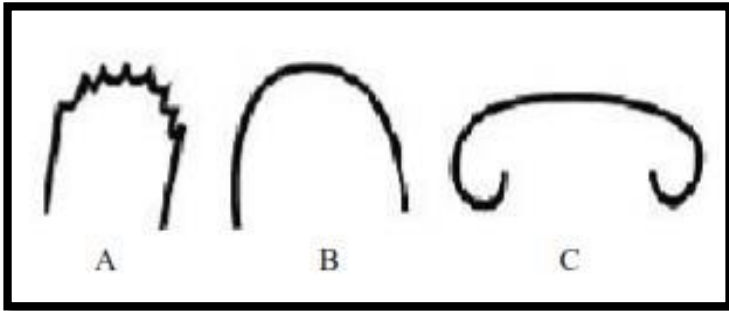
Tulang daun memiliki pola, arah dan letak yang berbeda-beda pada lembaran daun sehingga dapat digunakan untuk identifikasi. Tulang daun bisa menyilang (membentuk garis tegak lurus dengan panjang daun), sejajar (membentuk garis sejajar searah panjang daun), ditengah (memiliki tulang daun utama yang terletak persis ditengah-tengah daun), dan intramarginal (mengelilingi sisi dalam tepian daun).



Gambar 5. Pola, Posisi, dan Letak Tulang Daun. A. Menyilang, B. Sejajar, C. Tengah, D. Intramarginal (Mckenzie & Yoshida, 2009)

3. Bentuk Tepi Daun

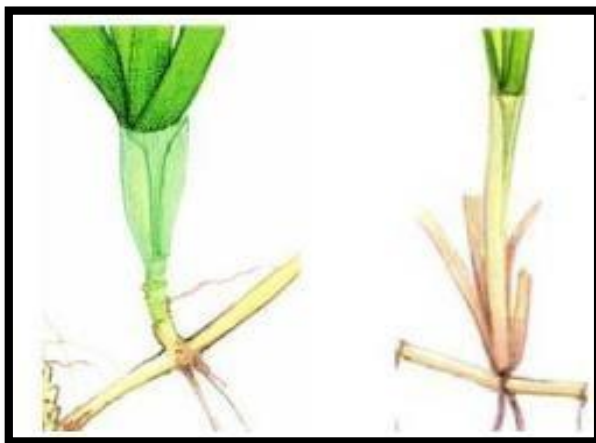
Tepi daun bisa bergerigi (*serrated*), halus (*smooth*), atau menggulung kedalam (*Intrrolled*). Gambar 6 berikut ini adalah bentuk tepi daun



Gambar 6. Bentuk tepi daun: A. (*serrated*), B. (*smooth*), dan C. (*Intrrolled*) (Mckenzie Yoshida, 2009).

4. Pelepah/Pembungkus Daun

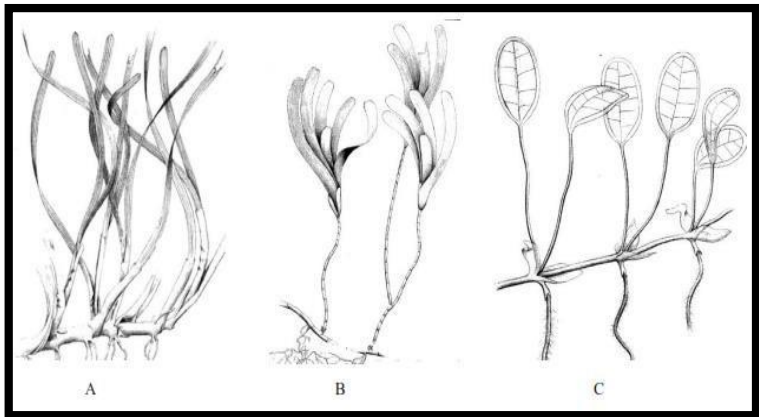
Pelepah berfungsi untuk melindungi daun muda yang sedang tumbuh. Ketika daun sudah mati, pelepah akan tertinggal membentuk serat-serat pada rhizoma. Pelepah lamun ditunjukkan seperti Gambar 7.



Gambar 7. Pelepah Daun (Mckenzie & Yoshida, 2009)

5. Pelekatan Daun

Daun lamun dapat melekat langsung ke rhizoma atau dari rhizoma yang tumbuh tegak atau dari tangkai daun (petiole) seperti dilustrasikan pada Gambar 8.



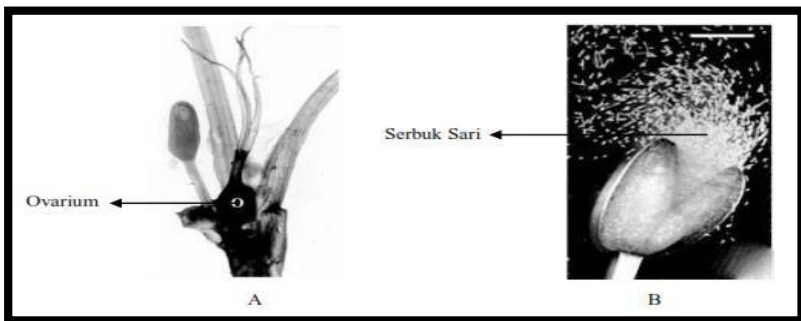
Gambar 8. Berbagai poisisi pelekatan daun: A. Daun langsung tumbuh dari rhizoma, B. Daun pada rhizoma yang tumbuh tegak. C. Daun yang memiliki petiole (Lanyon, 1986)

Daun lamun berkembang dari meristem basal yang terletak pada rhizoma dan percabangannya. Secara morfologi daun pada lamun memiliki bentuk yang hampir sama secara umum, dimana jenis lamun memiliki morfologi khusus dan bentuk anatomi yang memiliki nilai taksonomi yang sangat tinggi. Daun lamun mudah dikenali dari bentuk daun, ujung daun dan ada tidaknya ligula (lidah daun). Daun lamun memiliki dua bagian yang berbeda yaitu pelepah dan daun. Secara anatomi, daun lamun memiliki ciri khas dengan tidak memiliki stomata dan memiliki kutikel yang tipis (Tuwo, 2011).

2.4 Bunga

Bunga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan generatif. Struktur bunga pada lamun biasanya lebih sederhana dibandingkan dengan bunga tumbuhan darat (Kuo dan den Hartog, 2006). Bagian bunga lamun umumnya terdiri dari perianth (mahkota dan kelopak tidak dapat dibedakan) benang sari, putik, dan tangkai bunga.

Benang sari adalah alat kelamin jantan sedangkan putik adalah alat kelamin betina. Benang sari dapat dibedakan lagi atas tangkai sari dan kepala sari sedangkan putik terdiri atas ovarium (bakal buah) dan kepala putik. Bunga jantan adalah bunga yang hanya memiliki alat kelamin jantan (benang sari) sedangkan bunga betina adalah bunga yang hanya memiliki alat kelamin betina (putik) saja. Gambar 9 berikut ini adalah struktur bunga jantan dan bunga betina pada lamun.

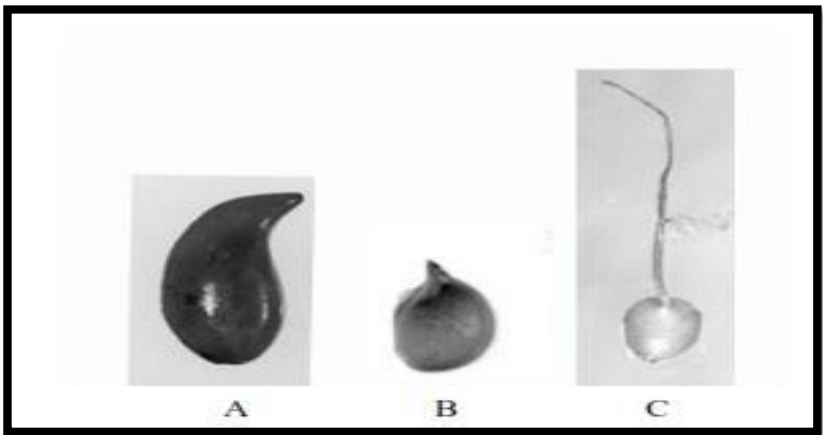


Gambar 9. A. Bunga betina, B. Bunga jantan (Kuo & den Hartog, 2006).

2.5 Buah

Setelah proses pembuahan, ovarium berkembang menjadi buah. Pada lamun, struktur dan perkembangan buah

tergantung dari struktur pembungaan. Kelompok Posidoniaceae memiliki daging buah lunak dan berair sedangkan kelompok Cymodoceae (*Cymodocea* dan *Halodule*) memiliki lapisan buah yang keras (Kuo dan den Hartog, 2006). Di dalam buah kemungkinan terdapat satu biji atau beberapa biji tergantung dari spesies lamun. Beberapa bentuk buah lamun ditunjukkan seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Variasi Morfologi Buah. A. *Posidonia hartogii*. B. *Halodule uninervis*. C. *Cymodocea nodosa* (Kuo & den Hartog, 2006)

2.6 Jenis – Jenis Lamun

Tabel : 1 Menunjukkan jenis-jenis lamun yang dapat ditemukan di perairan.

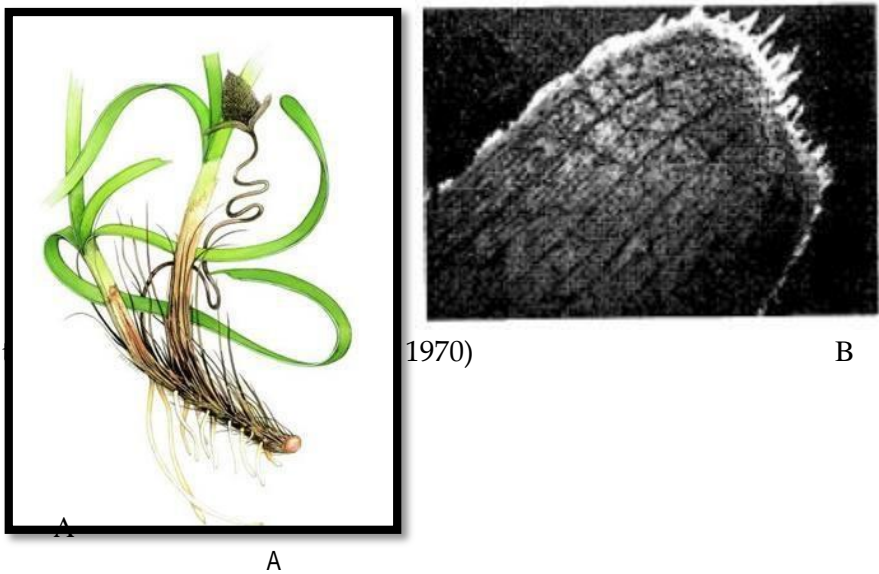
Suku	Marga	Jenis	Singkatan
Cymodoceaceae	<i>Halodule</i>	<i>Halodule pinifolia</i> (Miki) den Hartog	Hp
		<i>Halodule uninervis</i> (Forsskal) Ascherson et Magnus	Hu

	<i>Cymodocea</i>	<i>Cymodocea serrulata</i> (R.Brown) Ascherson et Magnus	Cs
		<i>Cymodecea rotundata</i> Ehrenberg et Hemprich ex Ascherson	Cr
		<i>Syringodium isoetifolium</i> (Ascherson) Dandy	Si
		<i>Thalassodendrom ciliatum</i> (Forsskal) den Hartog	Tc
Hydrocharitaceae	<i>Enhalus</i>	<i>Enhalus acoroides</i> (Linnaeus f.) Royle	Ea
	<i>Thalassia</i>	<i>Thalassia hemprichii</i> (Ehrenberg) Ascherson in Petermann	Th
	<i>Halophila</i>	<i>Halophila ovalis</i> (R. Brown) J. D. Hooker	Ho
		<i>Halophila minor</i> (Zollinger) den Hartog	Hm
		<i>Halophila decipiens</i> Ostenfeld	Hd
		<i>Halophila spinulosa</i> (R. Brown) Ascherson	Hs
		<i>Halophila sulawesii</i> kuo	Hsl

1. *Enhalus acoroides*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia *Hydrocharitaceae*. *Enhalus acoroides* (Gambar 11) memiliki ciri yang sangat khas dan mudah dikenali secara visual, dengan ukuran panjang daun mencapai menyerupai pita (P = 30-150 cm; L = 1,25,1,75 cm) memiliki daun panjang daun tebal dan kuat berwarna hijau gelap. dengan ujung daun membulat, serta rhizhoma besar dan tebal (paling tipis 1 cm) memiliki serabut serabut hitam. Buah berukuran 4-6 cm untuk diameter (Waycott, 2004). *Enhalus*

acoroides umum ditemukan hidup pada habitat perairan semi tertutup, tenang, dengan substrat yang padat, seperti di daerah



Gambar 11. Morfologi *Enhalus acoroides*. B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

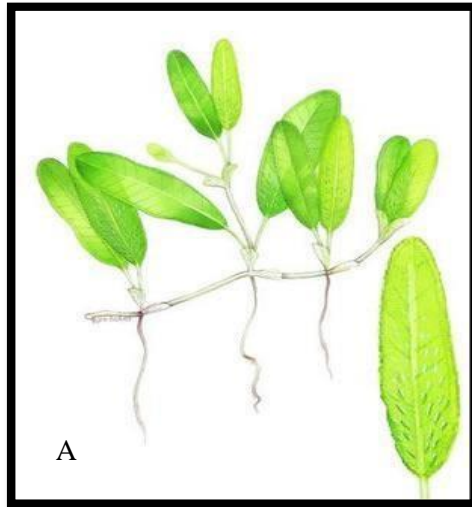
Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikas sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divison	: Angiospermae
Class	: Liliopsida
Order	: Hydrocharitales
Family	: Hydrocharitaceae
Genus	: <i>Enhalus</i>
Species	: <i>Enhalus acoroides</i> nz

2. *Halophila dicipein*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia Hydrocharitaceae. Daun berbentuk elips dengan panjang 1 - 2,5 cm dan lebar 0,05 cm. Daun muncul dari buku secara berpasangan tepi daun bergerigi. Tulang daun tengah terlihat menyolok. Memiliki 6-9 pasang cross

vein. Di temukan sepanjang daerah tropis dan subtropis (Lanyon, 1986). Morfologi *Halophila decipiens* ditunjukkan seperti Gambar 12.



Gambar 12. Morfologi *Halophila decipiens*

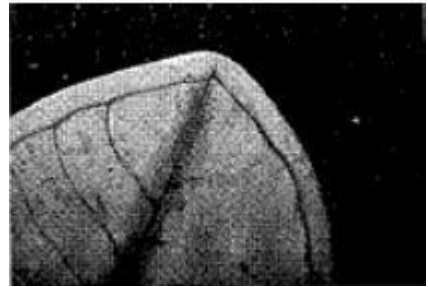
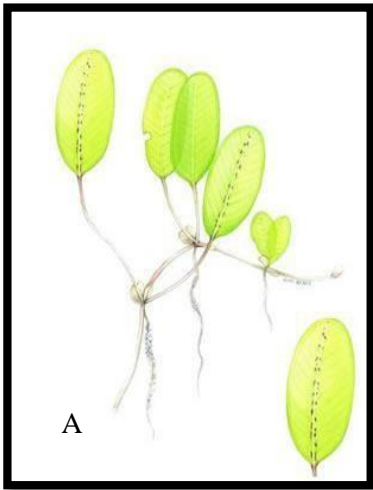
Berdasarkan (Waycott *et al.*, 2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Hydrocharitales
Family : Hydrocharitaceae
Genus : *Halophila*
Species : *Halophila decipiens*

3. *Halophila ovalis*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia Hydrocharitaceae.

Daun berbentuk oval. Panjang daun 1-4 cm dan lebar 0,5-2 cm. Memiliki 10-25 pasang tulang daun yang saling menyilang (cross vein). Cross vein membentuk sudut 45-60 derajat. Selain cross vein, pada *H. ovalis* juga memiliki vena intramarginal. Rhizoma tipis dan halus (Lanyon, 1986). Morfologi *Halophila ovalis* seperti pada gambar berikut.



B

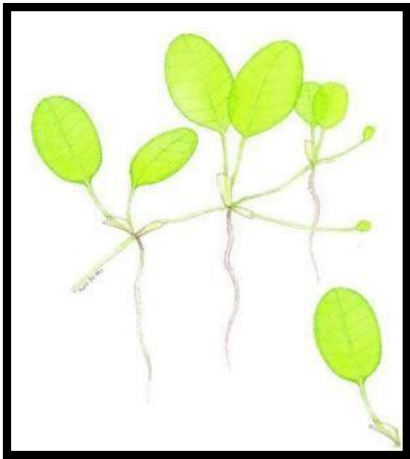
Gambar 13. A. Morfologi *Halophila ovalis*. B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan (Waycott *et al.*, 2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Hydrocharitales
Family : Hydrocharitaceae
Genus : *Halophila*
Species : *Halophila ovalis*

4. *Halophila minor*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia *Hydrocharitaceae*. Daun memiliki petiole. Daun berbentuk oval dengan ukuran yg lebih kecil dari *H. ovalis* dimana lebar daun kurang dari 0,5 cm dan panjang berkisar 0.51.5cm. Memiliki *cross vein* kurang dari 10 pasang. Rhizoma tipis dan halus (Lanyon, 1986). Morfologi *Halophila minor* tampak seperti pada Gambar 14.



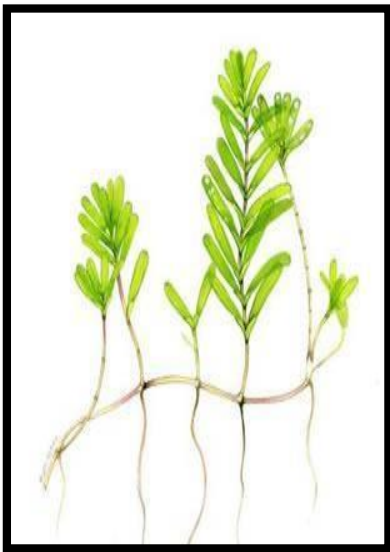
Gambar 14. Morfologi *Halophila minor* (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

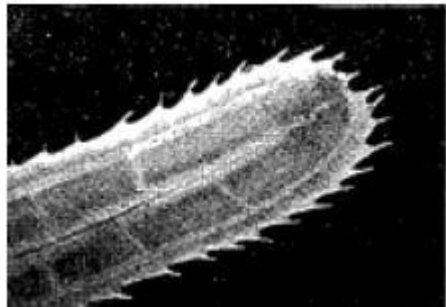
Kingdom	: Plantae
Division	: Angiospermae
Class	: Liliopsida
Order	: Hydrocharitales
Family	: Hydrocharitaceae
Genus	: <i>Halophila</i>
Species	: <i>Halophila minor</i>

5. *Halophila spinulosa*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia Hydrocharitaceae. Memiliki tunas lateral tegak dengan panjang mencapai 15 cm. Tiap tunas lateral berisi 10-20 pasang daun. Daunnya berbentuk lonjong dengan panjang 1,5 - 2,5 cm dan lebar 0,3 - 0,5 cm. Tepi dau bergerigi. *H. spinulosa* memiliki bentuk yang menyerupai tanaman paku (fern like) (Lanyon, 1986). Morfologi *Halophila spinulosa* tampak seperti Gambar 15.



A



B

Gambar 15 A. Morfologi *Halophila spinulosa*.
B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

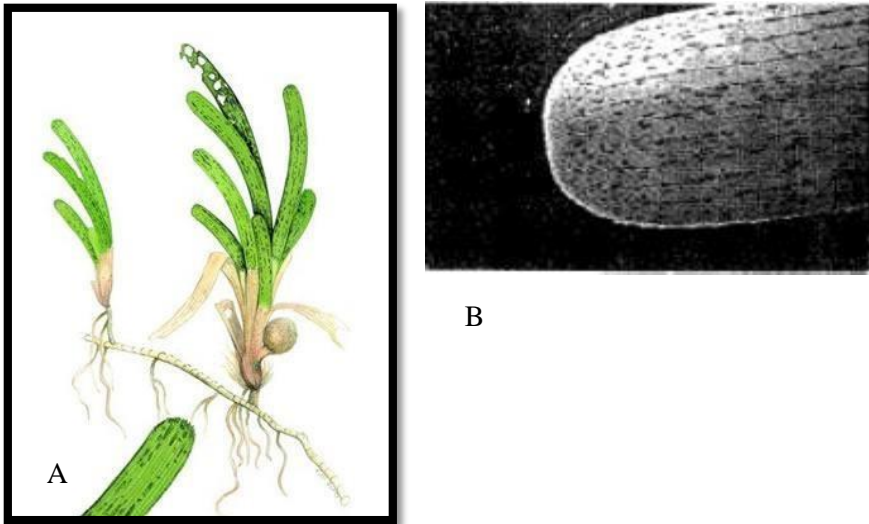
Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Angiospermae
Class	: Liliopsida
Order	: Hydrocharitales

Family : Hydrocharitaceae
Genus : *Halophila*
Species : *Halophila spinulosa*

6. *Thalassia hemprichii*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia *Hydrocharitaceae*. *Thalassia hemprichii* memiliki bentuk daun seperti selendang (*strap-like*) yang muncul dari stem yang tegak lurus dan penutup penuh oleh sarung daun (*leaf sheath*). Panjang daun umumnya 10 – 40 cm dan sedikit melengkung. Lebar daun umumnya 0,4-1,0 cm. Ujung daun membulat. Memiliki 10-17 buah tulang daun (*vein*) yang tersusun secara longitudinal. Daun memiliki sel tannin yg dapat dilihat secara jelas dengan mata telanjang (Lanyon, 1986). Morfologi *Thalassia hemprichii* seperti Gambar 16.



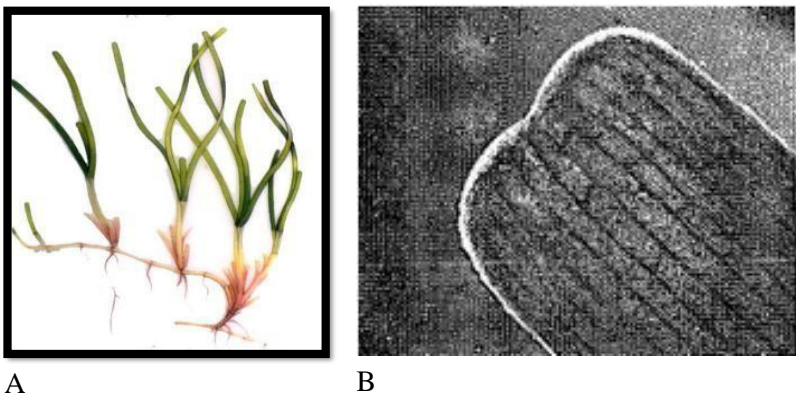
Gambar 16 A. Morfologi *Thalassia hemprichii*.
B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Hydrocharitales
Family : Hydrocharitaceae
Genus : *Thalassia*
Species : *Thalassia hempricii*

7. *Cymodocea rotundata*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia *Cymodoceaceae*. *Leaf sheat* berkembang dengan baik (1,5 - 5,5 cm). Membentuk batang tegak di tiap buku dengan daun berjumlah 2 – 7 daun per batang. Panjang daun sekitar 7 - 15 cm dan lebar daun 0,2 - 0,4 cm. Jumlah vena (tulang daun) sekitar 7 - 15 buah dengan posisi longitudinal. Daun sedikit melengkung dengan ujung daun membulat (*rotundus*) atau membentuk lekukan jantung (Lanyon, 1986). Morfologi *C. rotundata* ditunjukkan seperti Gambar 17.



Gambar 17 A. Morfologi *Cymodocea rotundata*.
B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Potamogetonales
Family : Potamogetonaceae
Genus : *Cymodocea*
Species : *Cymodocea rotundata*

8. *Cymodocea serrulata*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia Cymodoceaceae. Leaf sheath pada *C. serrulata* berwarna ungu dan terlihat agak sempit di bagian pangkal. Tiap batang memiliki sekitar 2- 5 daun. Panjang daun 6 - 15 cm dan lebar 0,4 - 0,9 cm. Ujung daun dapat terlihat jelas bergerigi (serrated) (Lanyon, 1986). Morfologi *C. serrulata* ditunjukkan seperti pada Gambar 18.



A



B

Gambar 18. A. Morfologi *Cymodocea serrulata*. B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Potamogetonales
Family : Potamogetonaceae
Genus : *Cymodocea*
Species : *Cymodocea serrulata*

9. *Halodule pinifolia*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia *Cymodoceaceae*. *H. pinifolia* memiliki ukuran paling kecil dalam genus *Halodule*. Panjang daun kurang dari 20 cm dan lebar daun kurang lebih 0,25 mm. Ujung daun agak membulat, bergerigi dan terbagi atas tiga titik. *Central vein* yang berwarna agak gelap membelah di ujung daun menjadi dua (Lanyon, 1986). Morfologi *Halodule pinifolia* seperti pada Gambar 19.



A

Gambar 19.A. Morfologi *Halodule pinifolia*.

B

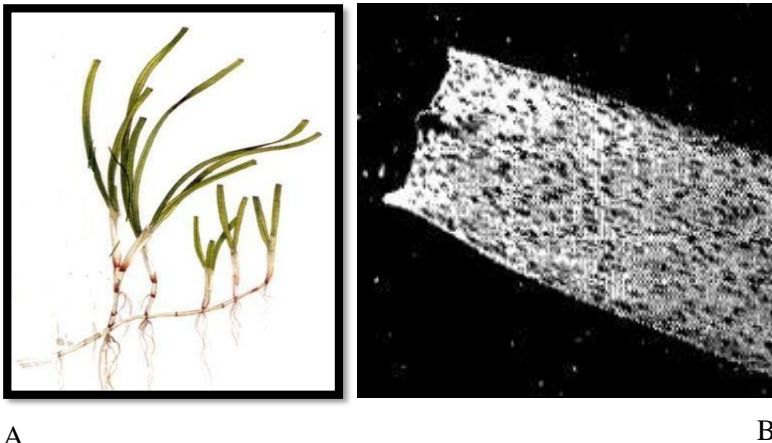
B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Potamogetonales
Family : Potamogetonaceae
Genus : *Halodule*
Species : *Halodule pinifolia*

10. *Halodule uninervis*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia Cymodoceaceae. Ukuran daun lebih besar dibandingkan *H. Pinifolia*. Lebar daun 0,25 – 0,5 mm. Struktur daun hampir sama dengan *H. Pinifolia* tetapi ujung daunnya berbeda dimana ujung daun selalu berakhir dengan tiga titik dan vena sentral tidak membelah menjadi dua seperti *H. pinifolia* (Lanyon, 1986). Morfologi *Halodule uninervis* seperti Gambar 20.



Gambar 20. A. Morfologi *Halodule uninervis*.
B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Potamogetonales
Family : Potamogetonaceae
Genus : *Halodule*
Species : *Halodule uninervis*

11. *Syringodium isoetifolium*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia *Cymodoceaceae*. Daun berbentuk silindris dengan diameter 0,1 - 0,2 cm dan panjang daun 7 – 30 cm. Memiliki selubung daun dengan panjang 1,5 - 4,0 cm (Lanyon, 1986). Morfologi *Syringodium isoetifolium* seperti Gambar 21.



Gambar 21. A. Morfologi *Syringodium isoetifolium*. B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986).

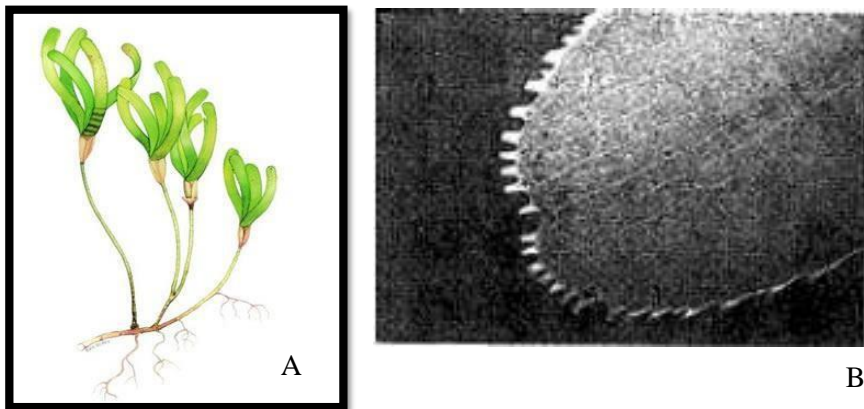
Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Potamogetonales

Family : Potamogetonaceae
Genus : *Syringodium*
Species : *Syringodium isoetifolium*

12. *Thalassodendrom ciliatum*

Lamun ini termasuk ke dalam Familia Cymodoceaceae. Sering ditemukan menempel di substrat berbatu atau karang. Ketebalan rhizome 0,5 cm. Memiliki tunas tegak dengan panjang antara 10 - 65 cm. Panjang daun 10 - 15 cm dan lebar 0,5 - 1,4 cm. Pada daun terdapat 17-27 longitudinal vein. Ujung daun bulat dan bergerigi (Lanyon, 1986). Morfologi *Thalassodendron ciliatum* seperti pada Gambar 22.



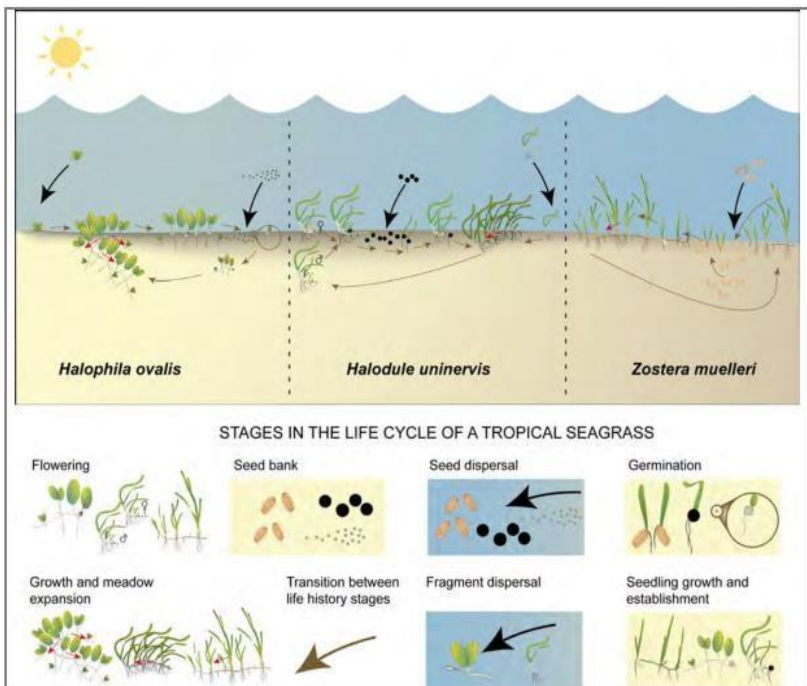
Gambar 22. A. Morfologi *Thalassodendron ciliatum*. B. Bentuk ujung daun (Lanyon, 1986)

Berdasarkan Waycott *et al* (2004) klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Angiospermae
Class : Liliopsida
Order : Potamogetonales

Family : Potamogetonaceae
 Genus : *Thalassodendron*
 Species : *Thalassodendron ciliatum*

Gambar 23 menunjukkan siklus hidup lamun secara umum. Ekosistem lamun umumnya berada di daerah pesisir pantai dengan kedalaman kurang dari 5 m saat pasang. Akan tetapi, beberapa lamun dapat tumbuh lebih dari kedalaman 5 m sampai kedalaman 90 m selama kondisi lingkungannya menunjang pertumbuhan lamun. Ekosistem lamun di Indonesia biasanya terletak di antara ekosistem mangrove dan karang, atau terletak di dekat pantai berpasir dan hutan pantai.



Gambar: 23 Siklus hidup lamun secara umum

Padang lamun memiliki berbagai macam fungsi, antara lain:

1. Sebagai media untuk filtrasi atau penjernihan perairan laut dangkal
2. Sebagai tempat tinggal berbagai biota laut, termasuk biota laut yang bernilai ekosistem, seperti ikan baronang/lingkis, berbagai macam kerang, rajungan atau kepiting, teripang dll. Keberadaan biota tersebut bermanfaat bagi manusia sebagai sumber bahan makanan.
3. Sebagai tempat pemeliharaan anakan berbagai jenis biota laut. Pada saat dewasa, anakan tersebut akan bermigrasi, misalnya ke daerah yang kering.
4. Sebagai tempat mencari makan bagi berbagai macam biota laut, terutama (*Dugong dugon*) dan penyuh yang hamper punah keberadaannya.
5. Mengurangi besarnya energy gelombang di pantai dan berperan sebagai penstabilan sedimen sehingga mampu mencegah erosi di pesisir pantai
6. Berperan dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Kennedy & Bijork 2009; McKenzie, 2008; Dorenbosch *et al.*, 2005; Green & Short, 2003; Nagelken *et al.*, 2002; Nagelkerken *et al.*, 2000).

Ekosistem lamun merupakan salah satu ekosistem yang produktif. Di samping itu, ekosistem lamun mempunyai peranan penting dalam menunjang kehidupan dan perkembangan jasad hidup di laut dangkal. Menurut hasil penelitian, diketahui bahwa peranan lamun sebagai berikut:

1. Produsen Primer:

Lamun mempunyai tingkat produktivitas primer tertinggi bila dibandingkan dengan ekosistem lainnya yang ada di laut dangkal seperti ekosistem terumbu karang;

2. Habitat biota:

Lamun memberikan tempat perlindungan dan tempat menempel berbagai hewan dan tumbuh-tumbuhan (alga). Di samping itu, padang lamun merupakan daerah pemijahan (*spawning ground*), padang pengembalaan (*nursery ground*) dan mencari makan (*feeding ground*) bagi berbagai jenis ikan herbivora dan ikan-ikan karang (*coral fishes*) (Nur, 2011).

#Bab III

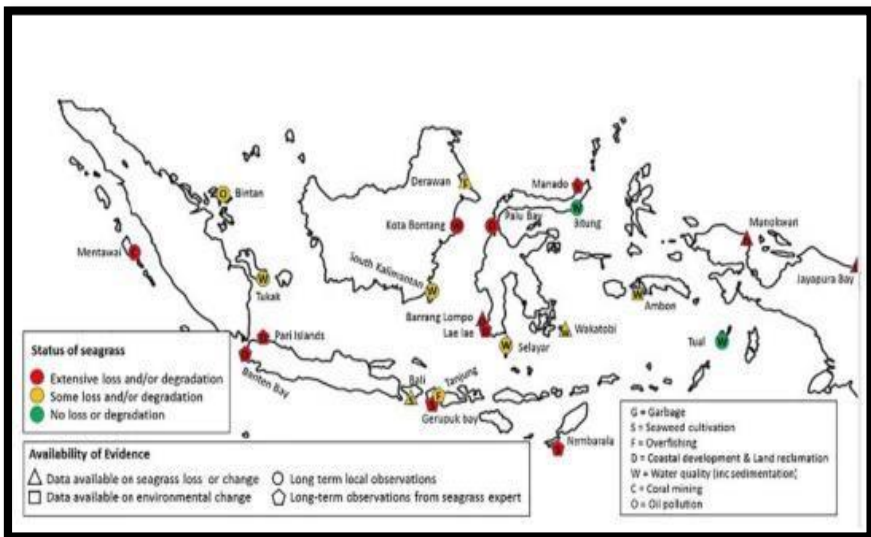
Peranan Padang Lamun



3.1 Kondisi Padang Lamun di Indonesia

Di Indonesia, kondisi padang lamun telah dikategorikan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 200 tahun 2004. Dalam Kepmen tersebut, kondisi padang lamun terbagi menjadi 3 kategori, yaitu sehat, kurang sehat dan miskin. Kategori sehat jika penutupan lamun di suatu daerah $> 60\%$, kurang sehat jika $30-59,9\%$ dan tidak sehat jika penutupan antara $0-29,9\%$. Penghitungan kondisi lamun dilakukan dengan menggunakan beberapa sumber data. Sumber data pertama berasal dari data monitoring kondisi lamun yang dilakukan oleh P2O-LIPI melalui proyek COREMAP-CTI. Sumber data kedua, berasal dari hasilhasil penelitian oleh berbagai institusi, universitas, LSM dan sebagainya. Secara umum persentase tutupan lamun di Indonesia yang dihitung dari 166 stasiun pengamatan adalah $41,79\%$. Apabila nilai tersebut digolongkan mengikuti Kepmen LH 200 tahun 2004, maka status padang lamun di Indonesia termasuk dalam kondisi 'kurang sehat'.

Hasil asesmen terhadap kondisi padang lamun di Indonesia menunjukkan bahwa Pembangunan pesisir (17%) adalah penyebab paling umum hilangnya lamun, dengan reklamasi lahan (12,5%) dan sedimentasi sebagai akibat dari deforestasi (8%) juga menjadi faktor yang signifikan. Penyebab lainnya termasuk pertanian rumput laut (8%), penambangan pasir dan karang (8%) dan eksploitasi berlebihan herbivora (4%). Sebagian besar ahli berpendapat pemulihan lamun bersifat terbatas atau tidak ada sama sekali. Ilustrasi terhadap kondisi padang lamun di Indonesia diperlihatkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Hasil evaluasi terhadap kondisi padang lamun dan potensi ancaman ekosistem padang lamun di Indonesia (Unsworth et al., 2018)

Kondisi padang lamun dinyatakan dalam berbagai parameter ekologis, antara lain persentase tutupan dan kerapatan lamun. Status lamun adalah tingkat kondisi pada lamun pada suatu lokasi dalam waktu tertentu berdasarkan kriteria baku kerusakan padang lamun menggunakan persentase luas tutupan (KEPMEN-LH, 2004)

1. Penutupan Lamun

Menurut Harpiansyah (2012) penutupan lamun di perairan Desa Pengudang didapat berkisar pada 34,8% 52,62% dengan rata-rata total tutupan lamun adalah sebesar 43,45, dengan nilai penutupan tersebut dapat dikategorikan bahwa penutupan lamun di perairan Desa Pengudang tergolong sedang. Penutupan jenis tertinggi di dapat pada jenis *Thalassia hemprichii* dengan nilai penutupan rata-rata totalnya sebesar 15,84% dari keseluruhan titik pengamatan dan tutupan yang terendah didapat pada jenis *Halodule uninervis* dengan nilai penutupan rata-rata sebesar 1,87%. Tingginya penutupan dikarenakan perbedaan morfologi daun dan diikuti oleh jumlah tegakan. Menurut Citra, S (2012) penutupan total lamun di perairan Teluk Banten sangat variatif, berkisar antara 62.5% hingga 90%. Penutupan total lamun terendah ditemukan di Pulau Panjang dan didominasi oleh jenis *Enhalus acoroides*, sedangkan penutupan total lamun tertinggi ditemukan di Pulau Kalih dan didominasi lamun jenis *Enhalusacoroides*. Penutupan total lamun di Pulau Tunda cukup tinggi, yaitu 86.5% didominasi oleh jenis *Cymodoceaserrulata*.

Persentase tutupan dan penutupan relatif, menunjukkan bahwa spesies dengan nilai tertinggi hingga terendah, yakni *Enhalus acoroides*, spesies *Thalasia hemprichii*, spesies *Cymodocea serrulata*, spesies *Cymodocea rotundata*, dan yang paling terendah yakni spesies *Halophila ovalis*. Kemudian untuk total persen tutupan, diperoleh nilai sebesar 88,63% kondisi lamun di Perairan Pantai Waemulang masih dalam kategori baik (Samson, 2020).

2. Kerapatan Lamun

Kerapatan lamun akan menggambarkan berapa jumlah individu lamun yang ditemukan dalam satu satuan luas di sebuah lokasi pengamatan. Tingginya kerapatan total lamun di Pulau

Tunda diduga karena Pulau Tunda memiliki dua tipe substrat dengan karakteristik yang berbeda, yaitu pasir dengan pecahan karang dan pasir berlumpur. Perbedaan karakter fisik substrat tersebut memberikan peluang yang lebih besar pada beberapa jenis lamun untuk hidup didalamnya. Lokasi padang lamun di Pulau Tunda yang berdekatan dengan ekosistem mangrove juga menjadi alasan besarnya nilai kerapatan lamun di lokasi tersebut, dimana pasokan nutrisi yang tinggi dari ekosistem mangrove dapat dimanfaatkan oleh lamun, sehingga pertumbuhan dan perkembangbiakan lamun meningkat (Satriya, 2012).

3.2 Ancaman Kerusakan Padang Lamun di Indonesia

Secara total, 29 persen lamun dari total lamun di dunia telah hilang sehingga lamun merupakan salah satu ekosistem laut yang paling terancam. Padang lamun terus menghilang hingga mencapai 7% dari total luas global per tahun. Degradasi habitat dan sumber daya lamun akan mengakibatkan kerugian ekologi dan ekonomi. Ancaman kerusakan padang lamun dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti:

a. Aktivitas Manusia (Antropogenik)

Aktivitas manusia yang dapat menimbulkan kerusakan padang lamun dapat berupa kerusakan fisik misalnya karena penebangan mangrove, penghancuran terumbu karang dan padang lamun itu sendiri. Selain itu, kerusakan lamun juga dapat disebabkan oleh pencemaran dan eksploitasi sumber daya laut secara berlebihan (seperti ikan, moluska, teripang dan lainnya).

b. Pemanasan Global (*Global Warming*)

Global Warming atau Pemanasan Global merupakan ancaman yang relative baru terhadap ekosistem lamun. Sebelumnya, kegiatan manusia yang cenderung desktruktif merupakan faktor yang memicu hilangnya lamun-lamun di dunia. Green & Short, 2003 mengatakasn menurunnya luas lamun dunia merupakan kombinasi faktor alami dan hasil aktivitas manusia. Dalam beberapa dekade belakangan ini perubahan suhu bumi, yang meningkat diduga mempengaruhi ekosistem lamun baik secara langsung maupun tidak langsung. Potensi ancaman terhadap lamun muncul sebagai akibat kenaikan permukaan air laut, perubahan sistem pasang surut (arus), penurunan salinitas local, radiasi sinar ultraviolet serta kejadian-kejadian alam ekstrim lainnya yang tidak terduga yang merupakan dampak dari pemanasan global.

Komponen – komponen yang memicu perubahan global (pemanasan global) dapat mempengaruhi habitat lamun sebagai berikut:

1. Peningkatan CO

Konsentrasi CO₂ di atmosfer telah meningkat dari 280 (ppm) pada tahun 1880 menjadi hampir 380 ppm pada tahun 2005, meskipun sekitar 30% dari seluruh CO₂ di atmosfer yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil telah diambil oleh laut (IPCC, 2007). Peningkatan CO₂ pada batasan normal dapat meningkatkan produktivitas lamun (Green & Short, 2003), namun kenaikan secara terus menerus dapat mengakibatkan penurunan nilai pH (pengasaman air laut) sehingga dapat mempengaruhi fotosintesis dan pertumbuhan lamun (Bjork *et al*, 2008). Kombinasi

genetik dan kerentanan terhadap perubahan iklim dan faktor lingkungan membuat lamun sangat rentan terhadap pemanasan global (Eveleth, 2010).

2. Penurunan pH perairan

Peningkatan kadar CO₂ terlarut menurunkan pH air laut atau dengan kata lain terjadi pengasaman air laut. Derajat keasaman atau pH air laut yang rendah berpengaruh positif terhadap lamun yaitu dapat meningkatkan fotosintesis dan produktivitas lamun.

3. Peningkatan Suhu

Sejak tahun 1880, suhu bumi semakin meningkat yaitu sekitar 0,6-0,8°C (Houghton et al 2001.) dan diproyeksikan akan semakin tinggi menjadi 2-4°C pada tahun 2100. Peningkatan suhu akan berdampak terhadap pergeseran distribusi lamun, perubahan pola reproduksi seksual, perubahan tingkat pertumbuhan dan metabolisme, dan perubahan keseimbangan karbon (Short et al, 2001). Suhu yang tinggi juga dapat meningkatkan pertumbuhan alga dan epifit, yang tumbuh terlalu cepat lamun dan dapat mengurangi ketersediaan sinar matahari bagi lamun yang membutuhkan untuk bertahan hidup.

Tanggapan lamun terhadap meningkatnya suhu air akan tergantung pada toleransi suhu setiap spesies yang berbeda-beda (Neckles & Short, 1999). *Zostera marina* di sebelah utara dan selatan pantai Atlantik dan Pasifik dapat tumbuh dan toleran dengan temperatur yang tinggi dan rendah. Di Alaska pada daerah pasang-surut di tern ukan *Zostera marina* yang memperlihatkan kenaikan fotosintesa pada temperatur 35°C. Sedangkan di bawah daerah

pasang-surut, fotosintesa menurun pada 30°C. Lebih lanjut Zieman (1975) melaporkan bahwa fotosintesa pada *Thalassia* menurun jika dibawah atau di atas dari 28-30°C. Sedangkan pada penelitian Thqrhaug & Sterns (1972) pada temperatur yang tinggi, *Thalassia* dapat berbunga tetapi tidak berbuah. Di samping itu akibat temperatur yang tinggi akan mengakibatkan banyaknya daun yang hilang dan akan menaikkan temperature sedimen Kenaikan temperatur sedimen akan membuat tanaman mati (Wood & Zieman, 1969). Untuk lamun tropis, fotosintesis menjadi rusak pada temperature 40-45 ° C (Campbell et al., 2005). Temperatur yang tinggi memiliki kemungkinan menyebabkan kematian skala besar *Amphibolis antarctica* dan *Zostera* spp. Di selatan Australia (Seddon et al., 2000).

4. Radiasi Sinar Ultra Violet (UV)

Perubahan iklim global dapat membawa perubahan dalam radiasi. Di satu sisi, pola cuaca yang berubah dapat menyebabkan lebih banyak awan untuk membentuk, sehingga mengurangi radiasi photosynthetically aktif (*Photosynthetically Active Radiaton/*PAR) dari gelombang cahaya tampak. Hal ini kemudian dapat merugikan lamun. Apabila tren radiasi UV meningkat terus, maka lamun yang tumbuh di perairan dangkal akan menderita efek yang merugikan. Respon dari lamun untuk radiasi UV-B akan bervariasi menurut spesies (Short et al., 2006). Percobaan laboratorium menunjukkan bahwa *Zostera capricorni*, *Cymodocea serrulate*, dan *Syringodium isoetifolium* toleran terhadap radiasi UV dan mampu beradaptasi dengan UV yang meningkat yaitu dengan memproduksi pigmen (Dennison 2009). Penelitian lain menunjukkan bahwa fotosintesis *Halodule wrightii* memiliki toleransi yang tinggi terhadap UV-B, *Syringodium filiforme* memiliki toleransi moderat, sedangkan *Halophila engelmanni*,

Halophila ovalis dan *Halodule uninervis* memiliki toleransi yang sangat rendah (Dawson & Dennison, 1996). Hader (1993) juga mengamati beberapa bukti bahwa pertumbuhan epifit pada lamun dapat melindungi lamun dari UV-B

5. Badai

Badai di wilayah pesisir dapat menyebabkan pergerakan sedimen yang besar dan memiliki efek buruk pada padang lamun seperti tercabutnya atau terbenamnya lamun (Short et al., 2006). Peningkatan curah hujan dan debit dari sungai dapat meningkatkan luapan sedimen, yang juga dapat mengakibatkan penurunan tingkat cahaya atau mencekik ekosistem lamun. Sekitar 1.000 Km² lamun di Queensland, Australia, yang hilang oleh gangguan pencabutan dan / atau sedimen setelah dua banjir besar dan satu topan dalam waktu 3 minggu.

6. Banjir

Perubahan ekstrim dari pola cuaca juga dapat menyebabkan banjir, yang menyebabkan peningkatan kekeruhan perairan dan laju sedimentasi. Misalnya, kekayaan jenis lamun dan biomassa daun di Filipina dan Thailand menurun tajam bila menerima masukan lumpur dan sedimen tanah liat lebih dari 15% (Terrados et al., 1998). Peristiwa banjir yang ekstrim di Afrika Timur, telah terbukti menyebabkan kerugian dalam skala besar habitat lamun (Bandeira & Gell 2003). Demikian pula, lamun di Queensland, Australia, yang hilang dalam peristiwa banjir, dan butuh waktu tiga tahun bagi lamun untuk pulih (McKenzie 2004).

Hujan lebat juga dapat mempengaruhi lamun dengan mengencerkan air laut ke salinitas rendah. Dampak dari peristiwa hujan ekstrem juga menyebabkan proses pemulihan yang lambat

dari *Thalassia testudinum* di Venezuela (Chollett et al., 2007). Sedimen hipoksia dan anoksia: Anoxia merupakan gangguan besar di perairan pesisir yang dapat menyebabkan kematian dalam skala besar terhadap kehidupan benthik (Kemp et al., 1992; Viaroli et al., 2001), lamun lebih sensitive terhadap sedimen yang anoxia, misalnya makroalga pertumbuhannya tergantung pada sistem akar yang sehat yang luas dalam sedimen. Kebanyakan sedimen alami bersifat hipoksia, dan padang lamun memiliki kemampuan untuk mentransfer O₂ dari tunas ke akar sehingga melawan efek negatif hipoksia. Di sisi lain, gangguan akibat badai dan banjir kemungkinan akan mengurangi cahaya untuk fotosintesis dan karenanya produksi O₂ berkurang dan distribusi ke akar semakin berkurang. Kasus berkepanjangan anoxia seringkali mengarah pada pembentukan sulfida dalam sedimen, yang beracun bagi lamun (misalnya Borum et al., 2005) dan dapat menyebabkan kematian tanaman.

7. Kenaikan permukaan laut dan perubahan arus

Pemanasan global di masa depan diperkirakan akan menaikkan muka air laut 1-5 pada tahun 2100 (Overpeck et al., 2006). Kenaikan permukaan laut dapat mempengaruhi lamun akibat peningkatan kedalaman air (sehingga mengurangi cahaya). Perubahan arus dapat menyebabkan erosi dan peningkatan kekeruhan air dan intrusi air laut yang lebih tinggi ke darat atau ke muara sungai (Short et al., 2001). Perubahan pola arus dapat mengikis padang lamun atau membuat daerah baru bagi kolonisasi lamun. Di lain sisi, peningkatan kecepatan arus dalam batas tertentu dapat menyebabkan peningkatan produktivitas tercermin yang dalam biomassa daun, lebar daun, dan tinggi tajuk (Short, 1998).

3.3. Faktor- faktor Lingkungan pada Lamun

1) Pasang Surut

Pasang surut (pasut) adalah proses naik turunnya muka laut secara hampir periodik karena gaya tarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Naik turunnya muka laut dapat terjadi sekali sehari (pasut tunggal), atau dua kali sehari (pasut ganda), sedangkan pasut yang berperilaku di antara keduanya disebut pasut campuran (Dahuri, 1996). Pasang surut yang terjadi di bumi ini tidak hanya dipengaruhi oleh bulan dan matahari, tetapi ada faktor lain yang mempengaruhi keadaan pasut di bumi Indonesia.

Romimohtarto dan Juwana (2001) menyatakan faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada saat pasang surut adalah:

- a. Tingkah laku gerakan air
- b. Kecondongan bulan dan matahari yang berubah-ubah mengakibatkan perbedaan tingginya paras air saat pasang disaat siang dan malam hari. Kecondongan luar biasa menyebabkan terjadinya ketidak samaan jarak waktu, baik antara air pasang dan air surut berikutnya maupun antara air surut dengan air pasang berikutnya.
- c. Berubah-ubah jarak bulan dan bumi selama perputaran bulan mengelilingi bumi menyebabkan gaya tariknya berubah-ubah juga.
- d. Susunan dan letak antara daratan dan lautan juga mempengaruhi pasut.
- e. Perbedaan tinggi rendahnya paras laut pada saat

pasang dan surut berikutnya yang dinamakan arus pasut.

2) Suhu

Suhu suatu perairan dipengaruhi oleh radiasi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan serta proses interaksi antara air dan udara, serta air panas (heat), penguapan, dan hembusan angin. Daerah intertidal biasanya dipengaruhi oleh suhu udara selama periode yang berberda-beda dan suhu ini mempunyai kisaran yang luas, baik harian atau musiman. Kisaran ini dapat melebihi batas toleransi organisme laut, jika pasang turun terjadi ketika suhu maksimal (tropik) batas letak dapat terlampaui dan organisme dapat mati. Suhu air di perairan Indonesia umumnya berkisaran antara 27-31°C (Nontji, 1993).

Dahuri (1996) menyatakan suhu air diperairan nusantara kita pada umumnya berkisar antara 28-38 °C, sedangkan suhu permukaan laut (SPL) Indonesia secara umum berkisar antara 19-26°C. Karena perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin musim, maka SPL-nya pun mengikuti perubahan musim. Menurut Todum (1992) suhu adalah suatu ukuran dari energi kinetik rata-rata dari molekul-molekul. Dengan suhu yang tinggi, aksi molekul yang meningkatkan tekanan, menyebabkan mengembangnya material. Suatu keseimbangan yang berukuran baru timbul dengan suatu tekanan pengembangan dan tenaga penghambatnya. Suhu dari suatu sistem apa pun, merupakan hasil dari keseimbangan panas dan radiasi, yang masuk dan yang ke luar. Parameter suhu merupakan salah satu faktor lingkungan

yang dapat mempengaruhi pertumbuhan lamun. (Tahlil, 2011).

3) Salinitas

Salinitas adalah derajat jumlah garam dalam gram yang terkandung dalam satu kilogram air laut. Perairan Indonesia yang termasuk iklim tropis, salinitas meningkat dari arah barat ke timur dengan kisaran antara 30-35 ‰. Perubahan salinitas sangat rentan terhadap perilaku biota. Biota dengan kemampuan mentolerir fluktuatif kadar garam akan sulit beradaptasi dengan lingkungan perairan disekitarnya. Salinitas air pada sampling bulan Juni dan September berturut-turut 32 dan 32,89‰. Salinitas secara umum dapat disebut sebagai jumlah kandungan garam dari suatu perairan, yang dinyatakan permil. Kisaran salinitas air laut berada antara 0-40‰ yang berarti kandungan garam berkisaran antara 0-40 g/Kg air laut. Secara umum, salinitas permukaan perairan Indonesia rata-rata berkisar 32-34‰ (Dahuri, 1996).

Menurut Nontji (1987) menunjukkan sebaran salinitas dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan (evaporasi), curah hujan (presipitasi) dan aliran sungai (*run off*) yang ada di sekitarnya. pH merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H⁺) yang mencir ikan keseimbangan asam dan basa. Nilai pH juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas perairan (Retno, 2012).

4) pH (Potential of Hydrogen)

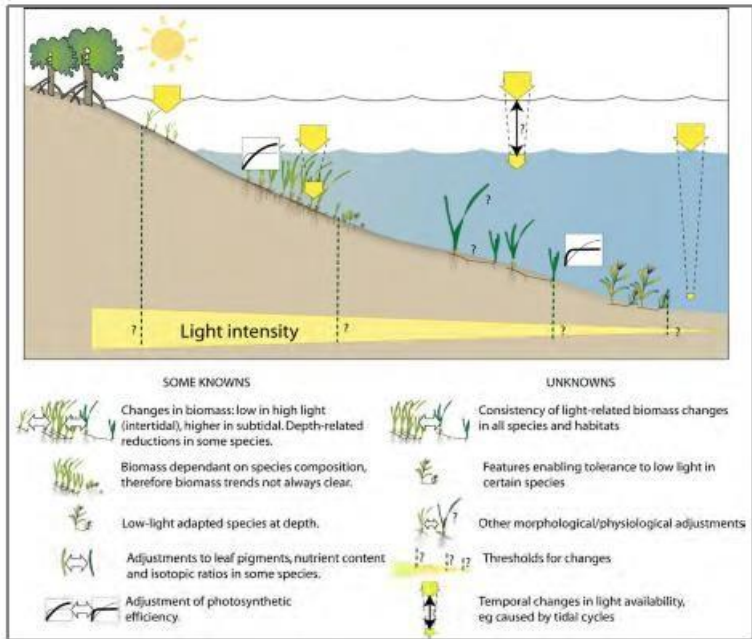
Derajat keasaman atau *potential of hydrogen* (pH) adalah salah satu ukuran dari konsentrasi ion hoidrogen

dan menunjukkan suasana asam atau basa. Nilai pH menunjukkan derajat keasaman suatu perairan (Ardi, 2012). Derajat keasaman merupakan faktor penting perubahan pH dapat mempengaruhi fungsi fisiologis hewan yang berhubungan dengan respirasi.

5) Cahaya

Cahaya matahari sebagai sumber energi sangat berpengaruh terhadap lamun karena cahaya diperlukan untuk melangsungkan proses fotosintesis dan berperan sebagai sinyal lingkungan yang dapat merangsang proses pertumbuhan pada lamun (Jelantik, 2005). Cahaya merupakan faktor yang dominan dalam menentukan distribusi vegetasi tumbuhan akuatik.

Cahaya adalah variabel kunci dalam mengontrol produksi primer di lautan. Kedalaman penembusan cahaya memang memengaruhi produksi primer di zona fotik laut. Menurut Campbell (2008) cahaya merupakan variabel utama yang membatasi produksi primer di lautan, produksi akan meningkat menurut gradien dari kutub ke arah ekoator, yang menerima intensitas cahaya terbesar. Bahwa tidak ada gradien semacam itu. Faktor lain pastilah mempengaruhi produksi primer di laut. Walau nyatanya sinar matahari memancar setiap hari tidak kurang dari 10 jam pada semua wilayah daerah tropis.



Gambar 25. Siklus intensitas Cahaya pada Lamun

6) Kecepatan Arus

Kecepatan arus berdasarkan hasil pengukuran di perairan Pulau Panjang yaitu 13,1 cm/dtk. Kondisi ini menunjukkan kecepatan arus lambat, sesuai dengan pernyataan Mason (1981), dimana kecepatan arus perairan dikelompokkan berarus sangat cepat (>100 cm/dtk), cepat (50–100 cm/dtk), sedang (25-50 cm/dtk), lambat (10-25 cm/dtk), dan sangat lambat (<10 cm/dtk). Padang lamun, kecepatan arus mempunyai pengaruh yang sangat nyata, produktifitas padang lamun tampak dari pengaruh keadaan kecepatan arus perairan, dimana mempunyai kemampuan maksimum menghasilkan “*standing crop*” pada saat kecepatan arus 0,5 m/detik (Dahuri, 1996).

Kondisi perairan yang relatif tenang akan menyebabkan permukaan daun lamun akan mudah

ditumbuhi alga epifit dan ditutupi oleh sedimen yang terperangkap pada dasar perairan, terutama pada lamun yang berada di substrat lumpur. Disamping itu, pergerakan air juga menyebabkan daun merunduk dan membentuk kanopi yang rapat sehingga mengurangi penetrasi cahaya, hal ini menyebabkan efektivitas fotosintesis yang menurun akibat jumlah cahaya yang mengenai kloroplas berkurang (Susetiono, 2004).

7) Kekeruhan

Kekeruhan atau turbiditas disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang bervariasi dari ukuran koloidal sampai dispersi kasar tergantung dari derajat turbulensinya. Hasil pengukuran turbiditas perairan padang lamun wilayah kajian diberbagai titik amatan berbeda-beda dan cenderung meningkat tergantung asosiasi dan tingkat kepadatan lamun. Berdasarkan hasil pengukuran turbiditas perairan terendah yaitu 6,67 NTU (*Nephelometric Turbidity Unity*) berada pada perairan lamun dengan status tingkat kepadatan tergolong sangat padat dan berasosiasi dengan mangrove sedangkan tertinggi yaitu 9,00 NTU pada padang lamun dengan status tingkat kepadatan tergolong tidak padat yang berasosiasi dengan terumbu karang. Perbedaan relatif nilai turbiditas wilayah kajian boleh jadi disebabkan oleh perbedaan partikel-partikel tersuspensi dan substrat dasar perairan, karena substrat yang halus cenderung mempunyai nilai turbiditas yang rendah (Tahlil, 2011).

8) Substrat Sedimen

Keberadaan substrat sangat penting bagi lamun, sebagai tempat hidup dan pemasok nutrisi. Padang lamun di Indonesia dikelompokkan dalam enam kategori berdasarkan tipe substratnya, yaitu lamun yang hidup pada substrat lumpur, lumpur pasir, pasir, pasir lumpuran, puing karang, dan batu karang. Jenis substrat pada seluruh transek pengamatan berupa pasir dengan diameter yang beragam, terdapat perbedaan ($P < 0,01$) pada ukuran diameter pasir (Yunitha, 2014).

Lamun *Cymodoceasp* mampu tumbuh pada berbagai substrat mulai dari kisaran liat berlumpur hingga pecahan karang yang kasar, pada lingkungan tenang dan substrat berpasir lamun ini membentuk padang monospesifik yang luas dan padat. *Halodule sp* umumnya ditemukan pada substrat lumpur atau pasir kalkaeuse berukuran halus. Lamun *Thalassia hemprichi* ditemukan melimpah pada substrat pasir hingga pecahan-pecahan karang (Arifin, 2001). Lamun hidup diberbagai tipe substrat sedimen, mulai dari lumpur lunak, sedimen dasar yang terdiri dari 40 % endapan lumpur dan lumpur halus (*fine mud*), hingga substrat batu-batuan. Lamun yang paling luas dan melimpah ditemukan pada substrat yang lunak (Dahuri *et al.*, 1996).

9) Jenis Substrat

Meneurut Romimohtarto dan Juwana (2001), jenis substrat dasar perairan juga mempengaruhi

jenis hewan laut yang dapat hidup pada atau di dalam laut. Berdasarkan atas tipe dasar atau substrat tersebut, maka klasifikasi mintakat/zona pantai sebagai berikut:

a. Mintakat Lumpur

Mintakat ini terjadi karena adanya aliran air yang mengandung lumpur dari darat. Lumpur yang terbawa tersebut mengendap di perairan yang tenang atau estuari. Kandungan oksigen dilingkungan ini rendah, karena partikel lumpur ini padat dan tidak meninggalkan rongga atau oksigen. Zat-zat organik yang memusuk juga menghabiskan keberadaan oksigen. Kebanyakan yang hidup di mintakat ini adalah bakteri.

b. Mintakat Pasir

Pasir mempunyai ukuran yang lebih besar dari pada partikel lumpur. Dasar pasir ini memungkinkan air mengalir melalui partikel-partikel pasir sehingga ada pertukaran oksigen sampai lapisan bawah dasar air. Gelombang laut dapat memindahkan pasir saat menuju pantai. Perpindahan pasir ini cenderung untuk bertindak sebagai pengerus. Oleh sebab itu, hewan yang hidup di lingkungan ini harus dilengkapi dengan cangkang yang kuat, mampu bergerak bersama butiran pasir, atau memendam dalam bawah permukaan pasir.

c. Mintakat Bebatuan/cadas

Pantai bercadas atau berbatu merupakan lingkungan yang mudah bagi banyak biota laut untuk menyesuaikan diri. Daerah cerdas ini memperoleh oksigen yang bagus, banyak makanan dan tempat perlindungan yang bagus. Jenis organisme yang hidup disini umumnya jenis melekat. Melekat dengan alat lekat yang kuat seperti lamun, melekat dengan kaki hisapnya seperti beberapa keong atau bersembunyi di sela-sela alat pelekat lamun seperti jenis-jenis cacing.

d. Mintakat Timbunan

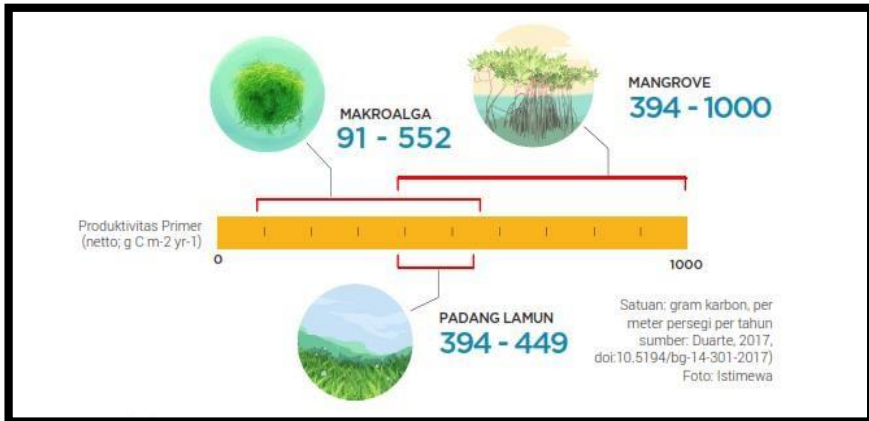
Mintakat timbunan disini adalah tumpukan-tumpukan kayu dermaga, galangan kapal dan bangunan-bangunan lain buatan manusia. Lingkungan ini dianggap terpisah karena lingkungan ini tidak menunjang jenis kehidupan yang terdapat di lingkungan lain. Contohnya tira, pengebor, *Teredo*.

3.4 Fungsi Dan Manfaat Lamun

Fungsi dan manfaat padang lamun di ekosistem perairan dangkal adalah sebagai produsen primer, habitat biota, stabilisator dasar perairan, penangkap sedimen dan pendaur hara. Berikut penjelasan lebih lanjut dari peran-peran tersebut:

A. Sebagai Produsen Primer

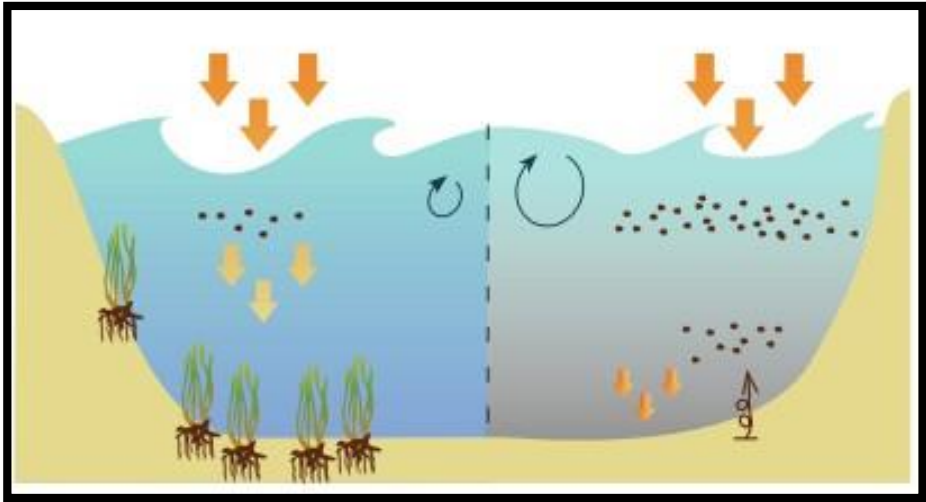
Sebagai tumbuhan autotrofik, lamun mengikat karbondioksida (CO₂) dan mengubahnya menjadi energi yang sebagian besar memasuki rantai makanan, baik melalui pemangsaan langsung oleh herbivora maupun melalui dekomposisi sebagai serasah. Produktivitas primer padang lamun relatif tinggi di pesisir (Sjafrie et al., 2018). Gambar 26 menunjukkan produktivitas padang lamun dibanding ekosistem lainnya.



Gambar 26. Produktivitas padang lamun dibanding ekosistem lainnya.

B. Sebagai Penangkap Sedimen serta Penahan Arus dan Gelombang

Daun lamun yang lebat akan memperlambat aliran air yang disebabkan oleh arus dan ombak, sehingga perairan di sekitarnya menjadi tenang. Di samping itu, rimpang dan akar lamun dapat menahan dan mengikat sedimen, sehingga dapat menguatkan dan menstabilkan dasar permukaan. Daun lamun yang berfungsi sebagai penangkap sedimen serta penahan arus dan gelombang yang berperan dalam mencegah erosi pantai (Gambar 27).



Gambar 27. Padang lamun menangkap dan menstabilkan substrat

Padang lamun merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sangat produktif dan bersifat dinamik. Padang lamun menyediakan habitat bagi banyak hewan laut dan bertindak sebagai penyeimbang substrat. Faktor-faktor lingkungan yaitu faktor fisik, kimia dan biologi secara langsung berpengaruh terhadap ekosistem padang lamun (Setiawati, 2018). Padang lamun menangkap dan menstabilkan sedimen, sehingga air menjadi lebih jernih. Ketika gelombang air mengenai padang lamun, energinya menjadi turun, sehingga sedimen yang terlarut di air bisa mengendap ke dasar laut. Ketika sedimen terendapkan di dasar, sistem perakaran padang lamun menjebak dan menstabilkan sedimen.

Bukti bahwa lamun berfungsi sebagai peredam gelombang telah dilakukan oleh Manca et al (2012). Di laboratorium Canal Investigació i Experimentació Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spanyol, mereka melakukan percobaan dengan menggunakan lamun buatan dari spesies *Posidonia oceanica*. Hasilnya menunjukkan bahwa *P. oceanica* buatan dapat meredam gelombang, sehingga dapat dijadikan sebagai pelindung pantai dari erosi.

C. Sebagai Pendaaur Zat Hara

Lamun memegang fungsi yang utama dalam daur berbagai zat hara dan elemen- elemen langka (mikro nutrien) di lingkungan laut. Fosfat yang

diambil oleh daun- daun lamun dapat bergerak sepanjang helai daun dan masuk ke dalam algae epifitik. Akar lamun dapat menyerap fosfat yang keluar dari daun yang membusuk yang terdapat pada celah-celah sedimen. Zat hara tersebut secara potensial dapat digunakan oleh epifit apabila mereka berada dalam medium yang miskin fosfat.

D. Sebagai Penyerap Karbon

Padang lamun juga berperan seperti hutan di daratan dalam mengurangi karbondioksida (CO_2). Seperti tanaman darat lainnya, lamun memanfaatkan karbondioksida (CO_2) untuk proses fotosintesa dan menyimpannya dalam bentuk biomasa. Hasil penelitian Pusat Penelitian Oseanografi LIPI diketahui bahwa padang lamun dapat menyerap rata-rata 6,59 ton C/ha/tahun atau setara dengan 24,13 ton CO_2 /ha/tahun. Salah satu peran utama lamun adalah sebagai penyimpanan karbon (carbon sink) dengan karakteristik uniknya (Kennedy & Björk, 2009). Berdasarkan analisis carbon budget, pengukuran metabolisme (Gattuso et al.), dan estimasi kapasitas penimbunan karbon, komunitas lamun menunjukkan sifat autotrofik sehingga berperan sebagai penyimpan karbon (Duarte et al., 2010).

Lamun memiliki kapasitas yang cukup besar untuk mengakumulasi karbon karena waktu pergantian komponennya yang relatif lambat dan lama. Selain itu, lamun dapat menimbun kelebihan

produksi karbon di dalam sedimen yang tersimpan dalam kurun waktu ribuan tahun. Menurut Akumulasi karbon di dalam padang lamun diperoleh secara langsung dari fiksasi karbon (fotosintesis) berlebih, sebagian dialokasikan secara langsung ke dalam sedimen sebagai rimpang dan akar (Kiswara, 2012).

#Bab IV



Prosedur Pengambilan Lamun

Parameter utama yang diukur dalam monitoring lamun adalah persentase penutupan lamun. Adapun indikator atau acuan dalam monitoring lamun selama kegiatan berlangsung adalah *No Net Loss on Seagrass* artinya tidak terjadi penurunan kondisi dan luasan lamun. Nilai persentase penutupan lamun pada tahun 2015 merupakan data awal yang menjadi dasar untuk menilai keberhasilan program pada akhir periode kegiatan (2019). Selama kegiatan berlangsung, kondisi dan luasan lamun diharapkan meningkat atau paling tidak tetap (Mabuat, 2020, Mahesa, 2021).

Sebagai data tambahan, parameter lain yang diukur adalah komposisi jenis lamun dan dominansinya, kerapatan atau Jumlah lamun jenis *E. acoroiedes*, serta jenis substrat yang dibagi menjadi tiga karakter, yaitu berlumpur, berpasir, dan pecahan karang (*rubble*). Kerapatan jenis acoroides menjadi

salah satu parameter tambahan karena jenis ini memiliki bentuk yang relatif besar namun ramping sehingga pengamatan persentase penutupan relatif selalu rendah (Hidayat,2018).

Metode yang digunakan pada kegiatan monitoring lamun di lokasi COREMAP - CTI adalah transek kuadrat (tegak lurus garis pantai) yang dimodifikasi dari metode Seagrass Watch. Pertimbangan dari pemilihan Seagrass Watch sebagai acuan adalah metode ini sesuai untuk kegiatan monitoring yang dilakukan oleh masyarakat umum atau sukarelawan karena pelaksana monitoring padang lamun pada kegiatan COREMAP – CTI tidak hanya peneliti atau teknisi bidang lamun saja. Metode transek kuadrat terdiri dari transek dan frame berbentuk kuadrat. Transek adalah garis lurus yang ditarik di atas padang lamun, sedangkan kuadrat adalah frame/ bingkai berbentuk segi empat sama sisi yang diletakan pada garis tersebut. Teknis pelaksanaan di lapangan akan diuraikan lebih rinci pada bagian cara kerja (Hutomo, 2014).

4.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan monitoring padang lamun adalah sebagai berikut:

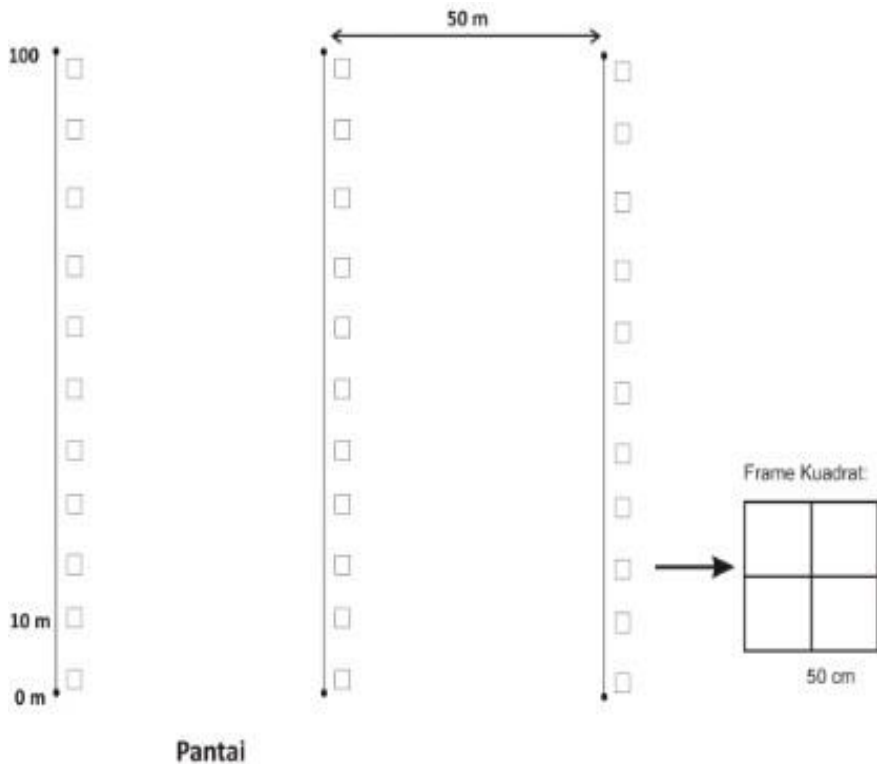
- 1) Peralatan pribadi seperti baju selam (*wetsuit*) atau celana panjang dan baju lengan panjang, sarung tangan berbahan katun, sepatu koral dan alat selam dasar (*snorkel dan goggle/masker, serta fin*).
- 2) Alat *Global Positioning System* (GPS), dibungkus rapat dengan plastik agar air tidak terkena air laut, jangan sampai GPS terendam air laut karena GPS tidak kedap

air.

- 3) Roll meter atau meteran gulung dengan panjang 100 m.
- 4) Kuadrat berukuran 50 x 50 cm, terbuat dari paralon/PVC ($\frac{1}{2}$ inch). Kemudian, kuadrat PVC dibagi menjadi 4 kotak kecil.
- 5) Lembar kerja lapangan dari kertas tahan air (bahan *newtop*) dan papan tulis tahan air beserta pensil yang diikatkan ke papan.
- 6) Patok besi (Gambar 5g) dan pelampung kecil
- 7) Tali rafia atau tali plastik.
- 8) Bak hitam dan pelampung bundar untuk wadah peralatan penelitian di lapangan

4.2 Penentuan Transek Dan Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada tiga transek dengan panjang masing-masing 100 m dan jarak antara satu transek dengan yang lain adalah 50 m sehingga total luasannya 100 x 100 m . Frame kuadrat diletakkan di sisi kanan transek dengan jarak antara kuadrat satu dengan yang lainnya adalah 10 m sehingga total kuadrat pada setiap transek adalah 11. Titik awal transek diletakkan pada jarak 5 – 10 m dari kali pertama lamun dijumpai dari arah pantai (Gambar 28).



Gambar 28. Contoh transek

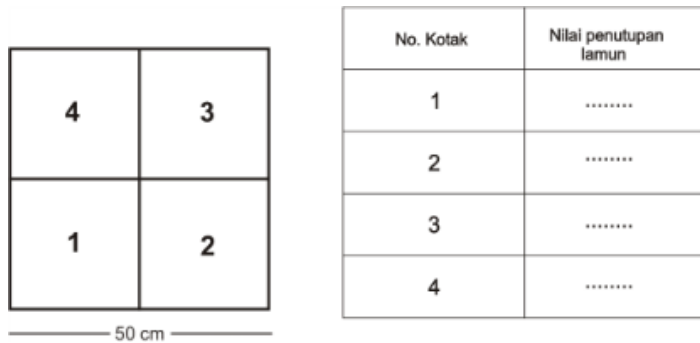
-Apabila luas lamun tidak mencapai $100 \times 100 \text{ m}^2$, maka pertama disarankan untuk mencari lokasi yang sesuai dengan kriteria disekitar stasiun yang telah ditetapkan.

- Apabila tidak terdapat kondisi lamun yang sesuai untuk monitoring, panjang transek dan jarak antar transek disesuaikan dengan luas padang lamun.

4.1 Cara kerja:

- 1) Cek waktu pasang surut sebelum menentukan waktu ke lapangan atau cari informasi mengenai pasang surut dari penduduk lokal/ nelayan di lokasi monitoring. Pelaksanaan monitoring umumnya lebih mudah dan aman apabila dilakukan pada saat surut.
- 2) Isi lembar kerja lapangan (Contoh Lampiran 1a dan 1c) yang terdiri dari nama pengamat, lokasi (nama pantai dan nama daerah/kabupaten) dan kode stasiun, tanggal dan waktu pengamatan, nomor transek, serta informasi umum (kedalaman air, kejernihan air, ada/tidaknya pelabuhan, ada/tidaknya sungai, ada/tidaknya mangrove dan perkiraan jarak dari mangrove, ada/tidaknya karang dan perkiraan jarak dari karang, ada/tidaknya penduduk, aktivitas penduduk), dan informasi lain yang bermanfaat.
Penulisan kode stasiun
Contoh: KRILM04
Artinya: KRI = Kepulauan Riau, LM = Lamun, 04= stasiun 4
- 3) Tentukan posisi transek dan catat koordinat (Latitude dan Longitude) serta kode di GPS pada lembar kerja lapangan. Titik ini merupakan titik awal transek nomor 1 dan meter ke-0.
- 4) Tandai titik awal transek dengan tanda permanen seperti patok besi yang dipasang pelampung kecil, serta keramik putih agar mudah menemukan titik awal transek pada monitoring tahun selanjutnya.

- 5) Buat transek dengan menarik roll meter sepanjang 100 meter ke arah tubir. Pengamat yang lain mengamati pembuatan transek agar transek lurus.
- 6) Tempatkan kuadrat 50 x 50 cm pada titik 0 m, disebelah kanan transek. Pengamat berjalan disebelah kiri agar tidak merusak lamun yang akan diamati.
- 7) Tentukan nilai persentase tutupan lamun pada setiap kotak kecil dalam frame kuadrat, berdasarkan penilaian pada Tabel 2 dan catat pada lembar kerja lapangan (Gambar 30).



Gambar 29. Lembar kerja lapangan

Tabel 2. Penilaian penutupan lamun dalam kotak kecil penyusunan kuadrat 50x50 cm²

Kategori	Nilai Penutupan Lamun
Tutupan Penuh	100
Tutupan $\frac{3}{4}$ kotak kecil	75
Tutupan $\frac{1}{2}$ kotak kecil	50
Tutupan $\frac{1}{4}$ kotak kecil	25
Kosong	0

- 8) Pada setiap kotak kecil, catat komposisi jenis lamun dengan bantuan “panduan identifi kasi lamun” dan nilai penutupan setiap jenis lamun (Lampiran 1a dan 1b). Penilai penutupan lamun per jenis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilain dominansi jenis lamun



Kategori	Nilai Penutupan Lamun
Tutupan Penuh	100
Tutupan $\frac{3}{4}$ kotak kecil	75
Tutupan $\frac{1}{2}$ kotak kecil	50
Tutupan $\frac{1}{4}$ kotak kecil	25
Kosong	0

- 9) Amati karakteristik substrat secara visual dan dengan memilinya menggunakan tangan, lalu catat. Karakteristik substrat dibagi menjadi: berlumpur, berpasir, *Rubble* (pecahan karang).
- 10) Setelah itu, bergerak 10 meter ke arah tubir dan ulangi tahap 6 – 9.
- 11) Pengamatan dilakukan setiap 10 meter sampai meter ke-100 (0m, 10m, 20, 30m, dst.) atau sampai batas lamun, apabila luasan padang lamun kurang dari 100 m.

- 12) Pasang patok dan penanda pada titik terakhir.
- 13) Tandai posisi titik terakhir dengan GPS dan catat koordinat (*Latitude* dan *Longitude*) serta kode di GPS pada lembar kerja lapangan.
- 14) Ulangi tahap 3 – 13 untuk transek ke-2 dan ke-3.

4.2 Monitoring tahun selanjutnya:

Pada saat monitoring tahun selanjutnya, titik permanen dicari kembali sesuai titik koordinat yang dicatat sebelumnya. Pencarian tersebut dilakukan dengan bantuan GPS dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Catat posisi (titik koordinat) stasiun/ transek permanen pada lokasi/ kabupaten yang akan dilakukan monitoring.
- b. Masukkan posisi tersebut ke dalam GPS dan namai dengan kode stasiun/ transek permanen, misalnya 001 (stasiun 1), 002 (stasiun 2), dst. lalu simpan.
- c. Cari posisi stasiun/ transek permanen yang telah disimpan dengan menekan tombol [FIND] pada GPS, lalu tekan [Waypoint]. Waypoint berisi data posisi yang telah anda simpan dengan kode yang anda buat, misalnya 001 (stasiun 1), 002 (stasiun 2), dst.
- d. Pilih stasiun/ transek yang dicari dengan panah atas  dan bawah .
- e. Tekan tombol [ENTER] pada kode posisi yang dikehendaki.
- f. Pilih [Go To], kemudian GPS akan menunjukkan arah posisi stasiun/ transek permanen tersebut dari posisi anda berada.



#Bab v

Penutup

Padang lamun (*seagrass*) adalah satu dari tiga ekosistem penting di daerah pesisir dan pulau-pulau yang ada di Indonesia. Terdapat tiga ekosistem pesisir yang khas dan saling terkait. Ekosistem mangrove dimulai dari darat ke laut, kemudian disambung ekosistem padang lamun, setelah itu ekosistem terumbu karang. Ekosistem padang lamun – bersama ekosistem mangrove dan terumbu karang – merupakan penyangga (*buffer*) bagi kehidupan laut dan darat, karena berada di daerah peralihan laut dan darat. Sebagai ekosistem pesisir, keberadaan padang lamun sangat penting, namun padang lamun juga menjadi salah satu ekosistem yang terus diganggu sehingga mengalami kerusakan. Keberadaan padang lamun perlu dilindungi karena fungsinya yang sangat penting bagi keseimbangan ekosistem dan biota-biota air laut yang hidup. Padang lamun juga menyediakan habitat bagi biota laut dan berperan sebagai penyeimbang substrat.

Sebagai upaya konservasi dan kelestariannya dalam rangka tetap mempertahankan lingkungan dan penggunaan yang berkelanjutan, maka dikembangkan pendekatan terpadu yang melibatkan berbagai pihak untuk membuat solusi tepat dalam

mempertahankan fungsi ekologis dari ekosistem yaitu pengelolaan pesisir secara terpadu atau *Integrated Coastal Management* (ICM). Agar padang lamun tetap mampu memberikan manfaat bagi masyarakat secara berkelanjutan, Penulisan buku ini merupakan upaya penyebaran informasi mengenai potensi padang lamun, demi mencegah terjadinya kerusakan.

Seperti tercantum pada Al-Qur'an surat Al A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ
اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alie, A. 2010. Pertumbuhan dan Biomassa Lamun *Thalassia hempricii* di Perairan Pulau Bone Batang, Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. *Jurnal:Sains MIPA*. Vol.16, hal.02.
- Arifin, A. 2001. *Ekosistem Padang Lamun*. Jurusan Ilmu Kelautan. FIKP. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Ardi, A. 2012. *Pemanfaatan Makrozobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir*. Bandung: IPB Press.
- Barbour, M.G.; Burk, J.H; Pitts, W.D. 1999. *Terrestrial Plant Ecology*. 3rd Edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. xii + 642pp.
- Bandeira, S.O. and Gell, F. 2003. The seagrasses of Mozambique and southeastern Africa. In: (E.P. Green and F.T. Short, eds.). *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Los Angeles. pp. 93-100.
- Bortone, S.A. 2000. *Seagrasses: monitoring, ecology, physiology and management*. CRC Press. Boca Raton, Florida. 318p.
- Bjork M, Short F, Mcleod E. and Beer S. 2008. *Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Borum, J., Pedersen, O., Greve, T.M., Frankovich, T.A., Zieman, J.C., Fourqurean, J.W. and Madden, C.J. 2005. The potential role of plant oxygen and sulphide dynamics in die-off events of the tropical seagrass, *Thalassia testudinum*. *Journal of Ecology* 93: 148–

- Campbell, R. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Erlangga.
- Citra, S. 2012. *Keragaman Lamun di Teluk Banten. Provinsi Banten*.
Jurnal : Teknologi Perikanan dan Kelautan. ISSN.
2087-4971. Vol. 3. No. 1.
- Dahuri R, Sitepu J.M. 1996. *Pengelolaan sumberdaya Wilayah Pesisir
dan Laut Secara Terpadu*. Jakarta : Gramedia Pustaka.
- Den Hartog, C. 1970. *The seagasses of the world*. North-olland.
Amsterdam. PP. 275.
- Dennison WC. 2009. Global Trajectories of Seagrass, the Biological
Sentinels Coastal Ecosystem. In *Global Loss of
Coastal Habitat Rates, Causes and Consequencies*
(Duarte C.M. ed.): 91-107.
- Dorenbosch, M., M. G. G. Grol, M. J. A. Christianen, I.
Nagelkerken, G. Van der Velde. 2005. *Indo-Pacifi c
seagrass beds and mangroves contribute to fi sh density
and diversity on adjacent coral reefs*. *Marine Ecology
Progress Series*, 302; 63-76.
- Duarte, C. M., N. Marbà, E. Gacia, J. W. Fourqurean, J. Beggins,
C. Barrón & E.T. Apostolaki. 2010. Seagrass
community metabolism: Assessing the carbon sink
capacity of seagrass meadows. *Global
Biogeochemical Cycles*, 24 (GB4032): 1-8.
- Ester, 2010. *Profil Dunia Kelautan Dalam Perspektif Siswa Indonesia
Tingkat Sekolah Dasar*. Jurnal : Penelitian Pendidikan.
ISSN. 11412-565x. Vol.II. No.01.
- Eveleth R. 2010. Seagrass : A Potential Carbon
Sink. <http://Sustainability.resourcercenter.ucsd.edu>

- Friedhelm, dkk. 2012. *Ecology of Insular Southeast Asia The Indonesia Archipelago*. Salemba
Teknika : Jakarta Selatan.
- Green, E.P. & F.T. Short. 2003. *World atlas of seagrasses*. University of California Press. USA.310 pp.
- Harpiansyah, 2014. Struktur Komunitas Padang Lamun Diperairan Desa Pegudang Kabupaten Butan. Universitas Maritim Raja Ali Riau.
- Hidayat, 2018. *Komposisi Jenis Lamun (Seagress) dan Karakteristik BiofisikPerairan di Kawasan Pelabuhan Desa CelukanBawang Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Bali*. *Jurnal Penididikan Biologi Undhiksa*. Vol.5.No.3
- Hogarth P. 2007. *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford University Press, New York.
- Karunia, 2010. *Pertumbuhan dan BiMassa Lamun Thalossia Heprichi Diperairan Pulau Bone Batang, Kepulauan Spermond Sulawesi Selatan*. *Jurnal : Sains MIPA*. ISSN. 1978-1873. Vol. 16. No. 2.
- Kennedy, H. & M. Björk. 2009. *Seagrass meadows*. In: D. Laffoley & G. Grimsditch (Eds). *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. IUCN, Gland, Switzerland: 23-29.
- Kennedy, H., J. Beggins, C. M. Duarte, J. W. Fourqurean, M. Holmer, N. Marbà & J. Middleburg. 2010. *Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constrain*. *Global Biogeochemical*, 24 (GB4026): 18.
- Kiswara, W., M. Hutomo. 1985. Habitat dan sebaran geografik lamun. *Oseana*, 10: 21-30.
- KEPMEN. LH No. 51., 2004. *Tentang Baku Mutu Kualitas Air*

Laut. Menteri Lingkungan Hidup: Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup.Jakarta.

- Kemp, W.M., Sampou, P.A., Garber, J., Tuttle, J. and Boynton, J.A. 1992. Seasonal depletion of oxygen from bottom waters of Chesapeake Bay: role of benthic and planktonic respiration and physical exchange processes. *Marine Ecology Progress Series* 85: 137–152.
- Kiswara, 2012. Adangan Karbon Dan Kemampuan Sebagai Penyimpan Karbon Pada Vegetasi Tunggal Enhalus Acoroides Di Pulau Pari, Jakarta. Vol.38.No. 1
- Kuo J.J., den Hartog, C. 2006. Seagrass morphology, anatomy, and ultrastructure in Seagrasses:*Biology, Ecology and Conservation*. Netherlands:Springer Verlag.
- Lanyon J. 1986. *Seagrass of the Great Barrier Reef*. Queensland: Nadicprint Services Pty. Ltd Ludwing dan Reynolds, 1988. *Statistical Ecology A Primer On Methods and Computing*.University, California.
- Luning., 1990. *Seaweeds, Their Environment, Biogeography And Ecophysiology*. John Wiley and Sons. New York.
- Mabuat, 2020. *Inventarisasi Padang Lamun di Melonguane Timur, Kabupaten Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara*. Jurnal: *Kalwedo Sains*.Vol.1.No.1.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Australia: Blackwell Publising Company.
- Mahessawara, 2021. *Struktur Komunitas Padang Lamun di Perairan Pantai Pandawa, Bali*.*Simbiosis IX* (1):12-21.
- Mason,W.R.M. 1981. *The polyphyletic nature of Aponteles Foerster (Hynenoptera: Braconidae): a phylogeny and reclas*

sification of *Microgastrinae*. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 115:1 -147

- Nagelkerken, I., G. Van der Velde, M. W. Gorissen, G. J. Meijer, T. van't Hof & C. den Hartog. 2000. *Importance of Mangrove, Seagrass Beds and the Shallow Coral Reef as a Nursery for Important Coral Reef Fishes, Using a Visual Census Technique*. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 51: 31-44.
- McNaughton, S.J dan Wolf, Larry. L. 1992. *Ekologi Umum*. Edisi - 2. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press, Diterjemahkan oleh Pringgoseputro, Sunaryo dan Srigundono, B.
- McKenzie, L. J. 2008. *Seagrass Educator Handbook*. Seagrass-Watch, Queensland, Australia.
- Nagelkerken, I. , C. M. Roberts, G. Van der Velde., M. Dorenbosch, M. C. Van Riel, E. Cocheret de la Moriniere, P. H. Nienhuis. 2002. *How important are mangroves and seagrass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an island scale*. *Marine Ecology Progress Series*, 244; 299-305.
- Nienhuis, P.H. 1993. *Structure and functioning of Indonesia seagrass ecosystem, dalam Moosa, M.K., H.H. de Longh, H.J.A. Blaauw, M.K.J. Norimarna (eds), Proceeding Coastal Zone Management of Small Island Ecosystem, Ambon: 7-10 April 1993. Ambon: University Pattimura and Foundation of AIDENvironment.*
- Nontji, Anugrah. 1993. *Laut Nusantara*. Jakarta : Djambatan.
- Nur, C. 2011. *Inventarisasi Jenis Lamun dan Gastropoda Yang Berasosiasi di Perairan Pulau Karangpuang, Mamuju, Propinsi Sulawesi Barat*. Program Studi

Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Uversitas Hasanuddin, Makasar.

Odum,P.E. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Phillips, RC., & EG. Menéz 1988. *Seagrasses. smithsonian contributions to the marine sciences*.Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

Retno. H, dkk. 2012. *Struktur Komunitas Padang Lamun Diperairan Pulau Kumban, Kepulauan Kalimantan*. Jurnal : Ilmu Kelautan. ISSN. 0853-7291. Vol. 17. No. 4.

Rohmimohartato dan Juwana. 2001. *Biologi Laut Pengetahuan Biota Laut*. Jakarta : Djambatan

Satrya, dkk. 2012. *Keragaman Lamun Di Teluk Banten, Provinsi Banten*. Jurnal : Teknologi Perikanan dan Kelautan. ISSN. 2087-4871. Vol.3. No.1.

Samson, dkk. 2020. *Kajian Kondisi Lamun Pada Perairan Pantai Waemulang Kabupaten Buru Selatan*. Jurnal. *Biology science dan Education*. Vol.9 No.1.

Setawati, 2018. *Studi Morfologi Beberapa Jenis Lamun di Pantai Timur dan Pantai Barat, Cagar Alam Pangandaran*. Jurnal. *Pro-life*.Vol.5 No.1

Seddon, S., Connolly, R.M. and Edyvane, K. S. 2000 Large-scale seagrass dieback in northern Spencer Gulf, South Australia. *Aquatic Botany* 66: 297-310.

Simom, 2013. *Struktur Komunitas Padang Lamun Diperairan Pulau Mantehage SulawesiUtara*. Jurnal : Ilmiah Platax. ISSN. 2302-3589. Vol. 1. No. 4. Hal. 178.

Short, F.T. and Neckles, H.A. 1998. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany* 63: 169-196.

Short, F.T., Neckles, H.A., 1999. The effects of global climate

- change on seagrasses. *Aquat.Bot.*63: 169-196.
- Short FT, and Coles RG. 2001. *Global Seagrass Research Methods*. Amsterdam: Elsevier.
- Sjafrie,dkk. 2018. *Status Padang Lamun Indonesia*. LIPI.
- Susetiono. 2004. *Fauna Padang Lamun*. LIPI. Jakarta.
- Soegianto, 1994. *Ekologi Kuantitatif*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Tahril, dkk. 2011. *Analisis Besi dalam Ekosistem Lamun dan Hubungannya dengan Sifat Fisikokimia Perairan Pantai Kabupaten Donggala*. *Jurnal: Natur Indonesia*. ISSN. 1410-9379. No. 65.
- Terrados, J., Duarte, C.M., Fortes, M.D., Borum, J., Agawin, N.S.R., Bach, S., Thampanya, U., KampNielsen, L., Kenworthy, W.J., Geertz-Hansen, O. Vermaat, J. 1998. Changes in community structure and biomass of seagrass communities along gradients of siltation in SE Asia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46: 757-768.
- Terroodus, 1998. Changes in community structure and biomass of seagrass communities along gradients of siltation in Se.Asia.
- Todum, 1992. *Ekologi Sistem Suatu Pengantar*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Tuwo, 2011. *Pengelolaan Ekowisata Pesisir dan Laut*. Surabaya : Brilian Internasional.
- Unsworth RKF, Ambo-Rappe R, Jones BL, La Nafie YA, Irawan A, Hernawan UE, Moore AM, Cullen-Unsworth LC. 2018. Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *634*: 279-286.

- Waycott, M., K. McMahon, J. Mellors, A. Calladine, and D. Kleine, 2004. *A Guide to Tropical Seagrasses of the Indo- West Pacific*. James Cook University, Townsville Queensland Australia.
- Wood, E. J. F., W.E. Odum and J. C. Zieman. 1969. *Influence of the seagrasses on the productivity of coastal lagoons, laguna Costeras*. Un Simposio Mem.Simp.Intern. U.N.A.M. - UNESCO, Mexico,D.F., Nov., 1967. pp 495 - 502.

GLOSARIUM

Anatomi yang khas dari daun lamun : ketiadaan stomata dan keberadaan kutikel yang tipis. Kutikel daun yang tipis tidak dapat menahan pergerakan ion dan difusi karbon sehingga daun dapat menyerap nutrisi langsung dari air laut.

Biodiversitas : kekayaan jenis biota laut.

Bioindikator : untuk memantau tingkat pencemaran suatu perairan

Cuaca : kondisi atau keadaan udara yang terjadi di suatu daerah atau wilayah dalam periode waktu tertentu.

Ekologi : ilmu yang mempelajari seluruh pola hubungan timbal balik antar makhluk hidup dan juga antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

Ekosistem : suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem sebagai suatu tatanan kesatuan yang secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup dan saling mempengaruhi.

Fitrasi : suatu proses yang sangat berguna untuk memisahkan padatan dari cairan.

Gelombang : pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita

sebut sebagai gelombang

Habitat: tempat suatu spesies atau jenis tinggal dan berkembang

Iklim : rata-rata cuaca dimana keadaan atmosfer pada suatu saat di waktu tertentu, sebagai ukuran rata-rata dan variabilitas kuantitas yang relevan dari variabel tertentu (seperti temperatur, curah hujan atau angin), pada periode waktu tertentu.

Mangrove : jenis tanaman dikotil yang hidup di habitat air payau dan air laut.

Mitigasi : tindakan berkelanjutan yang diambil untuk mengurangi atau menghilangkan risiko jangka panjang terhadap kehidupan dan properti dari bahaya atau salah satu cara untuk menanggulangi bencana.

Monopodial : Sistem percabangan dengan satu sumbu utama yang tumbuh terus di ujung dan pada arah yang tetap sama, sedangkan cabang-cabangnya dibentuk satu per satu dari bawah ke atas berselang-seling

Pencemaran air : peristiwa masuknya zat atau komponen lain ke dalam perairan

Perkembangbiakan vegetatif : cara berkembang biak tanpa adanya proses perkawinan. Pada tanaman, perkembangbiakan vegetatif bisa dilakukan secara alami dan buatan.

Kelimpahan : pengukuran sederhana jumlah spesies yang terdapat dalam suatu komunitas atau tingkat trofik. Kelimpahan relatif (relative abundance) yaitu proporsi yang dipresentasikan oleh masing-masing spesies dari seluruh individu dalam komunitas.

Kerapatan atau Densitas (Density) organisme : jumlah suatu organisme (populasi) yang hidup dalam suatu lingkungan per satuan luas atau volume di dalam lingkungan itu sendiri

Kenekaragaman hayati : variasi makhluk hidup mulai dari spesies hingga ekosistem pada suatu wilayah. Keragaman hayati yang terjadi dalam sebuah sistem hidup meliputi dua aspek besar yaitu: aspek lingkungan (ruang tempat hidup) dan aspek organisme hayati.

Kontribusi kesuburan perairan : Eksportir nutrien, bahan makanan organik, detritus dan zat hara ke ekosistem laut.

Konservasi : kawasan perlindungan ekosistem lamun yang memiliki fungsi ekologi-sosial –ekonomi-budaya guna mendukung pembangunan.

Komunitas : sekumpulan populasi yang hidup pada lingkungan tertentu, berinteraksi satu sama lain dan bersama-sama membentuk tingkat trofik metaboliknya. Sebagai suatu kesatuan, komunitas memiliki seperangkat ciri yang hanya mencerminkan keadaan dalam komunitasnya saja, bukan pada masing-masing organisme pendukungnya.

Komponen hayati : suatu komponen yang terdiri atas populasi makhluk hidup.

Komponen abiotik : berperan sebagai sumber energi, nutrien, dan sumber air. Tumbuh-tumbuhan tidak dapat menyediakan energi dan menyediakan molekul organik yang kompleks tanpa energi sinar matahari atau tanpa adanya serangkaian bahan makanan anorganik.

Pembiakan generatif : perkembangbiakan tumbuhan secara kawin atau pembuahan. Proses Baik tumbuhan ataupun hewan dapat mengalami pembiakan secara generatif

Penguapan air : terjadi adanya suhu tinggi ditambah tekanan tertentu yang mengakibatkan air dalam wujud cair berubah menjadi uap air dalam wujud gas.

Produktifitas : Laju produktifitas primer yang dimiliki oleh sistem

ekologi kawasan, dan merupakan kontribusi terhadap kesuburan perairan disekitar ekosistem lamun

Reklamasi : upaya meningkatkan sumber daya alam lahan dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dengan cara pengeringan lahan atau pengurukan tanah dengan menambah tanah sejumlah volume tertentu ke dalam laut dan daerah pesisir pantai.

Salinitas : tingkat kadar garam terlarut dalam air. Jenis garam yang terdapat di dalamnya antara lain 55% klorida, 31% natrium, 8% sulfat, 4% magnesium, dan 2% garam lainnya

Sedimentasi : proses pengendapan material hasil erosi di tempat tertentu. Bahan yang terendap tersebut dapat disebabkan oleh banyak kondisi, misalnya material yang terbawa aliran air.

Spesies : salah satu dasar klasifikasi yang ada di dalam ilmu biologi. Klasifikasi spesies lebih mengacu kepada kelompok-kelompok organisme yang memiliki kesamaan secara fisik. Spesies menjadi tingkatan taksonomi yang paling rendah. Nama organisme dalam spesies biasanya terdiri dari dua suku kata saja.

Siklus hidrologi atau daur air : yang dikenal juga dengan istilah siklus air adalah sirkulasi air yang menggambarkan pergerakan molekul air (H_2O) dari atmosfer ke bumi dan sebaliknya, yang tidak pernah berhenti sehingga membentuk rangkaian melingkar perjalanan molekul air di bumi yang disebut siklus.

Sistem klasifikasi lamun : berada pada kingdom Plantae, Sub kelas Monocotyledoneae, kelas Angiospermae

Suhu : faktor penting bagi kehidupan organisme di laut karena mempengaruhi aktivitas metabolisme ataupun perkembangbiakan organisme tertentu.

INDEKS

A

Alga, 3, 27, 32, 38, 43.

B

Bioindikator, 4,

Biomassa, 33, 34,

Biota laut, 1, 26, 36, 50

C

Cahaya, 3, 33, 34, 37, 38,

Cuaca, 32, 33,

E

Ekosistem lamun, 1, 2, 4, 5, 6,
25, 27, 30, 31, 33, 40, 42,

Ekologi, 2, 6, 30, 50.

Eksplorasi, 28,

F

Fotosintesis, 31, 32, 33, 37, 38,

G

Gelombang, 3, 26, 40, 41, 42,

Geografis, 4, 35,

H

Habitat, 1, 2, 3, 4, 13, 27, 33,
40, 42,

I

Identifikasi, 3, 8,

Intramarginal, 8, 15,

Iklim, 3, 26, 31, 32, 36,

J

Jenis Lamun, 2, 3, 5, 6, 7, 11,
30, 33, 44, 48.

K

Karakteristik, 7, 30, 43, 48,

Karbon dioksida, 31, 32, 41, 43,

Keanekaragaman hayati, 1,

Kecepatan arus, 34, 38,

Kedalaman air, 2, 3, 34, 46,

Kejernihan air, 46,

Kekeruhan air, 33, 34, 38,

Kerapatan lamun, 30, 44,

Kerusakan lamun, 4, 30,
 Kepadatan lamun, 2, 38,
 Klasifikasi, 39,
 Komunitas, 4, 5, 43,
 Komponin Abiotik, 6,
 Kondisi lamun, 28, 29,
 Konservasi lamun, 2,

L
 Logitudinal, 19, 24,
 Lumpur berpasir, 2,

M
 Magrove, 2, 25, 30, 38, 46, 50,
 Metabolisme, 32, 43,
 Metode, 44,
 Monitoring, 4, 44, 45, 46, 47,
 50,

N
 Nutrien, 2, 3, 5, 7, 30, 39, 43,

O
 Organisasi, 2,
 Organisme laut, 35, 40,
 Oksigen, 34, 39, 40,

P
 Padang lamun, 1, 2, 3, 4, 5, 27,
 28, 30, 33, 34, 38, 42,
 43, 44, 45, 48, 50,
 Parameter, 29, 36, 44,
 Pasang surut, 3, 31, 32, 34, 35,
 46,
 Pantai berpasir, 25, 44, 48,
 Pasir berlumpur, 2, 30, 39, 44,
 48,
 Pecahan karang, 30, 39, 44, 48,
 Perairan dangkal, 3, 26, 32, 40,
 Perairan pesisir, 3, 34,
 Pendaaur unsur hara, 40, 43,
 Penguapan, 35,
 Penutupan Lamun, 29, 44, 48,
 Pemanasan global, 30, 31, 34,
 Perubahan arus, 34,
 Produktif, 1, 3, 5, 27, 42,
 Produktifitas lamun, 2, 31, 34,
 36, 38, 41,
 Produser primer, 2, 27, 37, 40,

R
 Reklamasi, 1, 28,
 Reproduksi Vegetatif, 8,
 Reproduksi Generatif, 11,
 Respirasi, 36,

S
 Salinitas, 2, 3, 32, 33, 36,
 Sediman, 1, 3, 26, 32, 33, 34,
 39, 40, 41, 43,

Siklus hidrologi, 1
Spesies lamun, 3, 8, 12, 29, 42,
Substrat, 2, 6, 7, 8, 13, 24,
39,42, 44, 48, 50.
Suhu, 2, 3, 31, 32, 35, 36,

T

Taksonomi, 7, 11,
Transek kuadrat,44, 45, 47, 48,
49,

Terumbu karang, 1, 2, 5, 30,
38,
Topografi, 4,
Tropis, 36.
Turbiditas, 38, 39,

V

Vegetatif, 8
Vegetasi, 6, 37,

PENULIS



SAIFUL RAHMAN, lahir pada 16 Juli 1994 di Pulau Kangean Kabupaten Sumenep Provinsi Jawa Timur. Lahir dan tumbuh bersama keluarga yang memegang erat dalam dunia Pertanian dan Pendidikan dari pasangan suami-istri Mihadi dan Suhamina. Ia menyelesaikan Pendidikan Dasar (SD) sampai Menengah Atas (SMA) di salah satu daerah yang sama ialah Pulau Kangean Kec. Arjasa. Kemudian melanjutkan Studi Strata – 1

Mengambil Jurusan Pendidikan Biologi di Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) yang berlokasi di Daerah Kota Malang. Tahun 2020, melanjutkan kuliah strata-2 pada tahun 2018. ia lulus Studi Strata-2 (S2) di Kampus yang sama, yakni Universitas Muhammadiyah 2 Malang. Ia salah satu Mahasiswa Wisudawan Terbaik pada tahun 2020.

Berbagai kegiatan organisasi intern mahasiswa telah diikuti mulai Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Pendidikan Biologi, Tenaga Laboratorium Biologi, begitu juga dengan kegiatan eksternal Mahasiswa yang telah diikuti.

Sebelum lulus strata-S1 sudah menjadi pendidik di salah satu sekolah yaitu SMP Muhammadiyah 2 Malang pada tahun 2016, tidak hanya menjadi seorang pendidik saja bahkan diamanahi Urusan Kurikulum pada tahun 2019 sampai sekarang.

Buku ini merupakan karya Kedua semenjak lulus Starata -2 (S2) di salah satu Universitas Muhammadiyah Malang, Buku

pertama tentang Strategi Manajemen Budaya Gerakan Literasi Sekolah dan Karakter, selain karya berupa buku, ia juga aktif menulis Opine di media cetak tentang Pendidikan di Masa Pandemi Covid-19, A Leader' Policy, Merdeka Belajar New or Never dan Jurnal Nasional : 1). Identifikasi Penilaian Literasi Sains Menurut Kerangka PISA: Jenis, Bentuk, Serta Aspek & Proporsinya; 2) Penilaian Literasi Sains Berdasarkan Rancangan PISA.



ABDULKADIR RAHARDJANTO, lahir di Banyuwangi pada tanggal 2 Desember 1963. Jenjang S1 Pendidikan Biologi di tamatkan di IKIP Negeri Yogyakarta (sekarang menjadi UNY) tahun 1990, S2 Biolodi di Institut Teknologi Bandung tahun 1997, dan S3 Ilmu Lingkungan dari Universitas Indonesia tahun 2015. Aktivitas penelitian, pengabdian pada masyarakat, dan publikasi aktif dilaksanakan di tengah-

tengah tugasnya sebagai dosen mata kuliah Ekologi dan Pengetahuan Lingkungan di Prodi Pendidikan Biologi FKIP UMM.

Berbagai buku telah ia hasilkan, beberapa di antaranya adalah (1) Model Komunikasi Lingkungan Berperspektif Gender dalam Menyelesaikan Konflik Lingkungan di Perkotaan (Peran aktivis Perempuan dalam Pengelolaan Konflik Lingkungan Secara Berkelanjutan) (Lokus Tiara Wacana Group, 2014), (2) Modul Ekologi Tumbuhan (Hibah DITENDIK DIKTI, 2011-2012), (3) Petunjuk Praktikum Ekologi Tumbuhan (Lab. Biologi UMM), dan Ekologi (UMM, 2012), (4) Ekologi Hewan Tanah (Teori dan Praktik), (5) Buku Panduan Mudahnya Budidaya Teripang (Kota Tua, 2018), (6) Model Pendampingan Masyarakat Kepulauan Berbasis Rumput Laut (Kota Tua, 2018), (7) Etika Lingkungan (Teori dan Praktek Pembelajarannya) (UMM Press, 2019), (8) Bioindikator: teori dan implementasinya dalam biomonitoring (UMM Press, 2019), (9) Tumbuhan untuk Pengobatan (UMM Press

dan Kehati, 2008), (10) Kesehatan Sungai Pengaruhnya terhadap Struktur dan Fungsi Makroinvertebrata pada Daerah Hulu (Bildung, 2020), (11) Memahami Kearifan Lokal pada Konservasi DAS Daerah Hulu (Continuing Development Medical Education (CDME) FK-UMM, 2021), dan (12) Biodiversitas Dan Fungsi Ekosistem Mangrove Di Taman Nasional Baluran (Analisis Struktur dan Fungsi Ekosistem Peralihan) (Pohon Cahaya, 2019)



HUSAMAH, dilahirkan pada tanggal 18 Oktober 1985 di Pulau Pangerungan Kecil, Sapeken-Sumenep. Ia menamatkan pendidikan di SDN Pangerungan Kecil III Sumenep, SMPN 2 Sapeken Sumenep, dan SMAN 1 Banyuwangi. Gelar sarjana diperoleh tahun 2008 dari Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang. Pendidikan S2 diselesaikan tahun 2014 di Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Negeri Malang. Saat ini ia sedang menyelesaikan Program Doktorat di Prodi Pendidikan Biologi FMIPA UM.

Ia pernah menjadi Juara I Mahasiswa Berprestasi UMM dan Kopertis VII Jawa Timur tahun 2008. Ia juga beberapa kali menjuarai lomba penulisan ilmiah kategori mahasiswa dan umum, baik tingkat lokal, regional, maupun nasional. Tahun 2021 ia dinobatkan sebagai Dosen Berprestasi I di tingkat FKIP UMM. Ratusan artikelnya telah dimuat di jurnal ilmiah nasional-internasional (SCOPUS, Terakreditasi, DOAJ, dan nasional ber-ISSN), prosiding seminar nasional-internasional, dan media massa lokal-nasional.

Saat ini ia adalah dosen tetap di Prodi Pendidikan Biologi FKIP UMM. Ia diamanahi sebagai Kepala Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan UMM (2015-2017), dan Sekretaris Prodi Pendidikan Biologi FKIP UMM (2017-2021). Saat ini ia aktif mengelola tiga jurnal ilmiah, yaitu JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), Journal of Community Service and Empowerment, dan jurnal Research and Development in Education. Ia juga aktif menjadi editor dan reviewer di berbagai jurnal nasional dan internasional.

Sembari mengajar, meneliti, mengabdikan, mengelola jurnal, dan membimbing mahasiswa, ia telah berhasil menerbitkan puluhan buku yang disebutnya sebagai “karya-karya kecil untuk menginspirasi Indonesia” baik sebagai penulis tunggal, penulis utama, kontributor, maupun editor. Buku yang telah diterbitkan antara lain (1) *Cerdas Menjadi Juara Karya Ilmiah* (Pinus Group, 2010), (2) *Teacherpreneur, Cara Cerdas Menjadi Guru Banyak Penghasilan* (Pinus Group, 2011), (3) *KIR Itu Selezat Ice Cream* (Pinus Group, 2011), (4) *Kamus Penyakit pada Manusia* (ANDI, 2012), (5) *Guru Profesional Perspektif Siswa Indonesia* (Aditya Media, 2012), (6) *Pembelajaran Luar Kelas/Outdoor Learning* (Prestasi Pustaka Raya, 2013), (7) *Desain Pembelajaran Berbasis Pencapaian Kompetensi* (Prestasi Pustaka Raya, 2013), (8) *Science for Grade I* (Aditya Media, 2013), (9) *Pembelajaran Bauran: Blended Learning* (Prestasi Pustaka Raya, 2014), (10) *Kamus Super Biologi* (Prestasi Pustaka Raya, 2014), (11) *Talau Ngaluppanan, Renungan Generasi Muda Kepulauan* (Insan Cendekia, 2014); (12) *Modul Panduan Guru: Pengembangan Model Pendidikan Karakter pada Pembelajaran MIPA melalui Konsep Integratif di SMP Muhammadiyah Se-Malang Raya* (UMM Press & FKIP UMM, 2014); (13) buku dwibahasa *Motif Batik Khas Jawa Timur* (LK-UMM Press dan Dekranasda Jatim, 2014). (14) *A to Z, Kamus Super Psikologi* (ANDI, 2015), (15) *Pencerahan Pendidikan Masa Depan* (FKIP UMM & UMM Press, 2015), (16) *Pengantar Pendidikan* (UMM Press, 2015), (17) *Belajar dan Pembelajaran* (UMM Press, 2016), (18) *Pemahaman Lingkungan Secara Holistik* (UMM Press & PSLK UMM, 2016), (19) *Go Green & Clean School Berbasis Diet Sampah* (UMM Press & PSLK UMM, 2016), (20) *Mengurai Sengkarut Bencana Lingkungan (Refleksi Jurnalisme Lingkungan & Deep Ecology di Indonesia)* (UMM Press & PSLK UMM, 2017), (21) *Menyelamatkan Masa Depan Generasi Emas Bangsa (Catatan Kritis dan Sharing Pengalaman Guru Indonesia)* (UMM Press & PSLK UMM, 2017), (22) *Sumber Belajar Penunjang Kompetensi Profesional Mata Pelajaran Biologi* (MNC Publisher, 2017), (23) *Katalog Tumbuhan di Lingkungan SMP Negeri Malang* (Penerbit Kota Tua, 2018), (24) *Ekologi Hewan Tanah (Teori dan Praktik)*, (25) *Buku Panduan Mudahnya Budidaya Teripang* (Kota Tua, 2018), (26) *Model Pendampingan Masyarakat Kepulauan Berbasis Rumput Laut* (Kota Tua, 2018), (27) *Etika Lingkungan (Teori dan Praktek Pembelajarannya)* (UMM Press, 2019), (28) *Bioindikator: teori dan implementasinya dalam biomonitoring* (UMM Press, 2019), dan (29) *Belajar dan Pembelajaran di Era Milenial* (UMM Press, 2020). Bersama tim, ia berhasil menyusun *Modul Ekologi Tumbuhan (Hibah DITTENDIK DIKTI 2011-2012)*, *Petunjuk Praktikum Ekologi Tumbuhan*, *Petunjuk Praktikum Ekologi Hewan*, dan *Petunjuk Praktikum Ekologi (Lab. Biologi UMM)*