

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Umum Lamun

Lamun merupakan satu-satunya tumbuhan berbiji tunggal dari kelas *angiospermae* yang secara penuh beradaptasi pada lingkungan perairan. Tumbuhan lamun hidup terbenam di dalam air laut, berpembuluh, berimpang (*rhizome*), berakar, dan berkembang biak secara generatif (biji) dan vegetatif. Rimpangnya berupa batang yang beruas-ruas yang tumbuh terbenam dan menjalar dalam substrat berupa pasir, lumpur dan pecahan karang (Sjafrie et al., 2018).

Lamun yang tumbuh membentuk hamparan luas yang menutupi area pasang surut (intertidal) maupun subtidal sehingga membentuk padang luas yang disebut padang lamun. Padang lamun dihuni oleh berbagai biota, mulai yang hidup di dasar perairan (bentos), hidup di perairan antara daun lamun (nekton dan plankton) serta yang menempel di daun baik yang menetap (peribiota) maupun yang tidak (Zurba, 2018). Menurut (Sjafrie et al., 2018) padang lamun adalah hamparan lamun yang menutupi area pesisir/laut dangkal yang dapat terbentuk oleh satu jenis lamun (*monospecific*) atau lebih (*mixed vegetation*) dengan kerapatan tanaman yang padat (*dense*) sedang (*medium*) atau jarang (*sparse*).

Klasifikasi tumbuhan lamun yang terdapat di Indonesia adalah sebagai berikut:

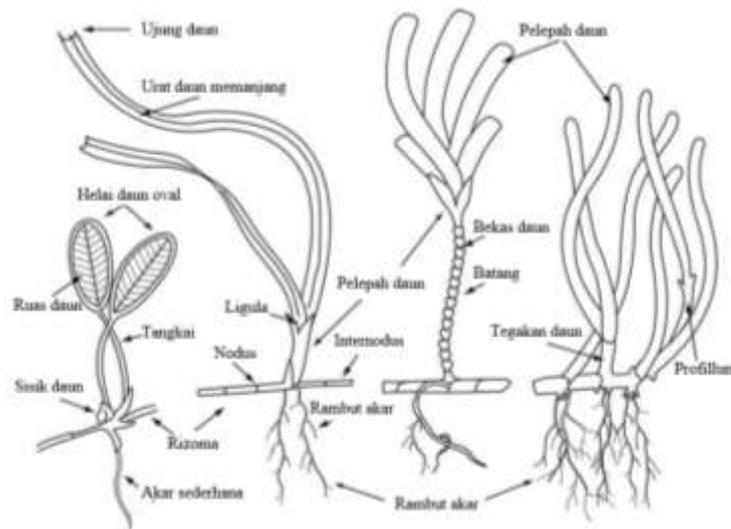
Tabel 2.1 Klasifikasi Lamun di Indonesia
Sumber. (ITIS, 2022)

<i>Class</i>	<i>Ordo</i>	<i>Family</i>	<i>Genus</i>	<i>Species</i>
Magnoliops- ida	Alismatales	Cymodoceac- eae	<i>Halodule</i>	<i>Halodule uninervis</i>
				<i>Halodule pinifolia</i>
			<i>Cymodocea</i>	<i>Cymodocea rotundata</i>
				<i>Cymodocea serulata</i>
			<i>Syringodium</i>	<i>Syringodium isoetifolium</i>
			<i>Thalassodend- ron</i>	<i>Thalassodendron ciltatum</i>

			<i>Enhalus</i>	<i>Enhalus acoroides</i>
			<i>Thalassia</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>
		Hydrocharita -ceae	<i>Halophila</i>	<i>Halophila spinulosa</i>
				<i>Halophila decipiens</i>
				<i>Halophila ovalis</i>
				<i>Halophila minor</i>

Lamun dapat berkembang biak dengan dua pola, yaitu pola vegetatif dan pola generatif. Pola vegetatif dengan rimpang merupakan cara utama dan terpenting dalam penyebaran lamun dibanding pola generatif dengan biji. Tumbuhan lamun bersifat *dioecious* yaitu bunga jantan dengan bunga betinanya terpisah. Penyerbukan lamun dilakukan dalam tiga cara, yaitu (1) penyerbukan di dalam air (*hydrophilous pollination*), (2) penyerbukan di permukaan air (*ephyhydrophilous pollination*), dan (3) penyerbukan di udara (*subaerial pollination*) (Zurba, 2018).

Lamun memiliki ukuran seperti ujung jari sampai tumbuh dengan panjang daun mencapai 7 meter. Bentuk dan ukuran daun lamun ber beda tiap spesies, seperti bentuk oval, bentuk pakis, dan berbentuk seperti pita yang panjang dapat dilihat pada gambar 2.1 yang merupakan morfologi umum lamun. Lamun tidak memiliki stomata, tetapi memiliki kutikula tipis untuk proses pertukaran gas dan nutrient. Akar dan rimpang pada lamun terkubur dalam pasir atau lumpur yang juga berperan sebagai tempat menyimpan oksigen untuk proses fotosintesis yang dialirkan dari lapisan epidermis daun melalui difusi dalam rongga udara (Mckenzie & Yoshida, 2009).



Gambar 2.1 Morfologi umum lamun

Sumber: (Mckenzie & Yoshida, 2009)

Lamun dapat tumbuh di daerah pesisir dan lingkungan laut wilayah tropis dan ugahari, kecuali pantai perairan kutub karena banyak tertutup es. Lamun tumbuh mulai dari mintakat intertidal sampai kedalaman lebih kurang 90 m (Duarte dalam (Sjafrie et al., 2018). Lamun di Indonesia umumnya tumbuh di daerah pasang surut dan sekitar pulau-pulau karang (Nienhuis et al dalam (Sjafrie et al., 2018). Tumbuh pada substrat dengan dasar lumpur, pasir berlumpur, pasir dan pecahan karang (Sjafrie et al., 2018). Berdasarkan genangan air dan kedalaman, sebaran lamun secara vertikal dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu (Kiswara dalam (Suherman, 2011):

- a. Jenis lamun yang tumbuh di daerah dangkal dan selalu terbuka saat air surut yang mencapai kedalaman kurang dari 1 m saat surut terendah. Contoh: *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila minor/ovata*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodoceae rotundata*, *Cymodoceae serrulata*, *Syringodium isotifolium* dan *Enhalus acaroides*.
- b. Jenis lamun yang tumbuh di daerah kedalaman sedang atau daerah pasang surut dengan kedalaman perairan berkisar antara 1 – 5 m. Contoh: *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodoceae rotundata*, *Cymodoceae serrulata*, *Syringodium isotifolium*, *Enhalus acaroides* dan *Thalassodendron ciliatum*.

- c. Jenis lamun yang tumbuh pada perairan dalam dengan kedalaman mulai 5 – 35 m. Contoh: *Halophila ovalis*, *Halophila decipiens*, *Halophila spinulosa*, *Thalassia hemprichii*, *Syringodium isotifolium* dan *Thalassodendron ciliatum*.

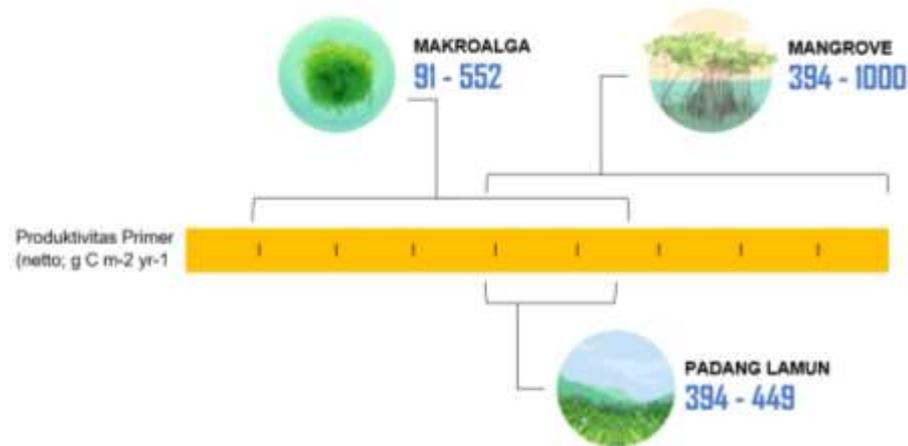
Jumlah jenis lamun di dunia ada 60 jenis yang terdiri atas 2 suku dan 12 marga (Kuo & McComb dalam (Sjafrie et al., 2018). Di perairan Indonesia terdapat 15 spesies, yang terdiri atas 2 suku dan 7 marga. Jenis lamun yang dapat dijumpai adalah 12 jenis, yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila decipiens*, *Halophila ovalis*, *Halophila minor*, *Halophila spinulosa*, *Syringodium isetifolium*, dan *Thalassodendron ciliatum*. Tiga jenis lainnya, yaitu *Halophila sulawesii* merupakan jenis lamun baru yang ditemukan oleh Kuo (2007), *Halophila becarii* yang ditemukan herbariumnya tanpa keterangan yang jelas, dan *Ruppia maritima* yang dijumpai koleksi herbariumnya dari Ancol – Jakarta dan Pasir Putih – Jawa Timur (Rustam et al., 2019).

2.2. Manfaat Ekologi Lamun

Lamun memiliki banyak fungsi ekologi yang sangat penting dalam perairan. Menurut (Sjafrie et al., 2018) 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 pemangsa langsung oleh herbivora maupun melalui dekomposisi sebagai serasah (Zurba, 2018). Produktivitas primer padang lamun relatif tinggi di pesisir dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Produktivitas habitat pesisir pantai
Sumber: (Duarte, 2017)

b. Sebagai habitat biota

Lamun memberikan tempat perlindungan dan tempat menempel berbagai macam organisme. Selain itu, padang lamun dapat juga berfungsi sebagai daerah asuhan, padang penggembalaan dan makanan dari berbagai jenis ikan herbivora dan ikan-ikan karang, gambar 2.3 menunjukkan lamun sebagai habitat ikan. Sejumlah jenis biota tergantung pada padang lamun, walaupun mereka tidak mempunyai hubungan dengan lamun itu sendiri. Banyak dari organisme tersebut mempunyai kontribusi terhadap keragaman pada komunitas lamun. Lamun juga penting bagi beberapa biota terancam punah (*endangered species*) seperti dugong dan penyu karena mereka memanfaatkan lamun sebagai makanan utamanya (Sjafrie et al., 2018).



Gambar 2.3 Padang lamun sebagai habitat ikan
Sumber: (Sjafrie et al., 2018)

c. 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, pada gambar 2.4 menunjukkan 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 (Muzani, Jayanti, Wardana, Sari, & Br.Ginting, 2020).

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 tersebut (Sjafrie et al., 2018).



Gambar 2.4 Perakaran lamun yang dapat mengikat sedimen
Sumber: (Sjafrie et al., 2018)

d. Sebagai pendaur 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 (Sjafrie et al., 2018).

e. 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 (Rustam et al., 2019). 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 (Sjafrie et al., 2018).

2.3.Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Lamun

Kondisi lingkungan merupakan keadaan yang akan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme. Faktor-faktor dari lingkungan dapat menghambat atau mempercepat pertumbuhan dan perkembangan organisme yang hidup disekitarnya, sehingga penting dilakukan pengamatan kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan dapat diindikasikan melalui pengukuran kualitas air dan kualitas substrat. Parameter kualitas air yang diukur berupa suhu, salinitas, Oksigen terlarut (DO), dan Ion hidrogen (pH), sedangkan kualitas substrat dapat ditentukan dengan pengukuran tipe substrat, Konsentrasi karbon total (C) dan nitrogen total (N). Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan lamun adalah cahaya dan kecepatan arus sebagai faktor utama yang mempengaruhi produktivitas primer, dan distribusi spasial. Arus dengan kecepatan 0,5 m.s⁻¹ mampu mendukung pertumbuhan lamun dengan baik (S. Rahmawati, Fahmi, & Yusup, 2012)

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme. Perubahan suhu dapat mempengaruhi beberapa kondisi lamun, antara lain dapat mempengaruhi metabolisme, penyerapan unsur hara dan kelangsungan hidup lamun. Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis karena proses pengambilan unsur hara sangat tergantung pada suhu air. Hewan yang hidup di zona pasangsurut dan sering mengalami kekeringan mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap perubahan suhu (Zurba, 2018).

Pada daerah tropis dan sub tropis lamun mampu tumbuh optimal pada kisaran suhu 23 °C dan 32 °C. Suhu dapat mempengaruhi proses fisiologi yaitu proses fotosintesis, pertumbuhan dan reproduksi. Proses fotosintesis ini akan

menurun dengan tajam apabila suhu berada di luar kisaran suhu optimal. Pada suhu 38 °C dapat menyebabkan lamun menjadi stres dan pada suhu 48 °C dapat menyebabkan kematian. Sedangkan suhu 43 °C akan menyebabkan kematian masal lamun setelah dua hingga tiga hari, sehingga dengan kenaikan suhu yang ekstrim akan mempengaruhi fungsi ekologis lamun pada daerah tropis. (Zurba, 2018)

b. Kedalaman

Lamun berada di antara batas terendah daerah pasang surut sampai kedalaman tertentu dimana cahaya matahari masih dapat mencapai dasar laut (Sitania dalam (Ibnu Graha et al., 2016)). Lamun tumbuh di zona intertidal bawah dan subtidal atas hingga mencapai kedalaman 30 m. Tetapi beberapa spesies di beberapa tempat tertentu dapat hidup di kedalaman lebih dari 40 m. Kedalaman di perairan juga sangat mempengaruhi keberadaan lamun, semakin dalam suatu perairan maka kemampuan lamun untuk melakukan proses fotosintesis juga akan terhambat. (Zurba, 2018)

c. Salinitas

Salinitas adalah derajat jumlah garam dalam gram yang terkandung dalam satu kilogram air laut. Perubahan salinitas sangat rentan terhadap perilaku biota. Biota dengan kemampuan mentolerir fluktuatif kadar garam akan sulit beradaptasi dengan lingkungan perairan disekitarnya. Indonesia yang termasuk iklim tropis, salinitas meningkat dari arah barat ke timur dengan kisaran antara 30-35 ‰ (Hartati, Djunaedi, & Mujiyanto, 2013).

Salinitas perairan berpengaruh terhadap lamun secara langsung salinitas berpengaruh terhadap kerapatan dan biomassa lamun. Kerapatan dan biomassa lamun berhubungan dengan produktivitas primer yang berlangsung, hal ini terkait dengan penyerapan nutrisi yang sangat dipengaruhi salinitas. Lamun memiliki toleransi yang tinggi terhadap fluktuasi salinitas, lamun masih dapat ditemukan pada perairan dengan salinitas 10- 40 ppm. Kisaran salinitas yang optimal untuk kehidupan lamun antara 24 hingga 35 ppm. Salinitas yang optimal secara umum untuk pertumbuhan lamun adalah berkisar antara 25-35 ppm (Zurba, 2018).

d. pH

Derajat keasaman atau pH merupakan konsentrasi ion Hidrogen di dalam perairan. pH menjadi faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Perairan dengan pH yang terlalu tinggi atau rendah akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme yang hidup di dalamnya. pH perairan biasanya akan mengalami penurunan ketika suhu rendah akibat kurangnya intensitas matahari, sehingga proses fotosintesis oleh tumbuhan air akan berkurang (Zurba, 2018). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu pH untuk pertumbuhan lamun berkisar antara 7-8,5.

e. Kecepatan arus

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin atau karena perbedaan dalam densitas air laut dan dapat pula disebabkan oleh gerakan gelombang yang panjang. Pergerakan arus dibutuhkan oleh organisme akuatik sebagai pembawa makanan berupa bahan organik dan sebagai pembersih terhadap endapan lumpur atau pasir yang dapat mengendap pada tubuh organisme akuatik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan (Zurba, 2018).

f. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen yang terlarut di perairan. Oksigen terlarut berasal dari difusi atmosfer dan hasil fotosintesis organisme perairan salah satunya lamun. Difusi oksigen dari udara ke dalam air melalui permukaannya, yang terjadi karena adanya gerakan molekul-molekul udara yang tidak berurutan karena terjadi benturan dengan molekul air sehingga O_2 terikat di dalam air (Hartati et al., 2013). Semakin tinggi kadar oksigen terlarut maka perairan tersebut dapat dikatakan subur. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, kisaran DO untuk kehidupan lamun adalah >5 mg/l.

Kebutuhan organisme terhadap oksigen terlarut relative bervariasi tergantung pada jenis, stadium dan aktifitasnya. Kadar oksigen terlarut di permukaan memang umumnya lebih tinggi karena adanya proses difusi antara air dan udara bebas serta adanya proses fotosintesis. Kadar DO dalam perairan alami sangat bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air serta tekanan

atmosfer. Perubahan kadar DO dalam suatu perairan dapat berdampak negatif bagi beberapa biota yang tidak memiliki kemampuan dalam merespon perubahan dengan cepat. Penurunan kadar DO dapat menghambat proses fotosintesis yang kemudian akan menurunkan produktivitas primer lamun (Zurba, 2018).

2.4. Biomassa Lamun

Biomassa lamun memiliki kaitan dengan dengan kerapatan jenis. Kerapatan jenis merupakan elemen struktur komunitas yang dapat digunakan untuk mengestimasi biomassa lamun (Azkab, 1999). Kerapatan merupakan elemen dan struktur komunitas yang dapat digunakan untuk mengestimasi produksi lamun, bahkan lamun mempunyai tingkat produktifitas primer tertinggi bila dibandingkan dengan ekosistem lainnya yang terdapat di laut dangkal, seperti ekosistem terumbu karang (Zurba, 2018).

Biomassa lamun adalah massa dari semua material yang hidup pada suatu satuan luas tertentu, baik yang berada di atas maupun di bawah substrat yang sering dinyatakan dalam satuan gram massa kering per m² (gmk/m²). Biomassa yang dihitung merupakan biomassa kering baik yang berada di permukaan yaitu daun dan tangkai maupun yang di bawah yaitu rizoma dan akar (Zurba, 2018).

Biomassa lamun lebih tinggi dibagian bawah substrat. Salah satu fungsi tingginya penyimpanan biomassa di bawah substrat adalah memperkuat penancapan lamun, jenis lamun yang secara morfologi berukuran besar cenderung mengembangkan biomassa yang tinggi di bawah substrat, dan karena itu mempunyai kapasitas untuk mengakumulasi karbon yang lebih tinggi. Selain itu karbon di bawah substrat merupakan tempat menyimpan hasil fotosintesis yang akan mendukung pertumbuhan lamun jika proses fotosintesis tidak berjalan secara optimal (Zurba, 2018).

2.5. Lamun sebagai Penyimpan Karbon

Lautan memiliki peranan yang sangat penting dalam siklus karbon secara global. Menurut (Susi Rahmawati, 2011), sekitar 93% CO₂ di bumi disirkulasikan dan disimpan melalui lautan, khususnya ekosistem pesisir pantai yang dapat menyimpan karbon dalam jumlah yang banyak dalam jangka waktu yang relatif lama. Gas CO₂ di atmosfer masuk ke laut karena adanya perbedaan antara tekanan

parsial CO_2 di laut dan atmosfer serta kemampuan laut untuk melarutkan zat tersebut (Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2007).

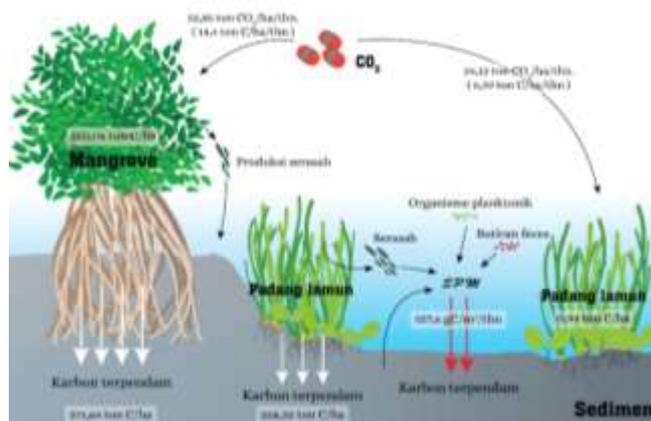
Lamun seperti tumbuhan lainnya memerlukan CO_2 untuk fotosintesis, tumbuh dan berkembang yang tersimpan dalam biomassa, baik bagian atas (yang berada di atas tanah) seperti daun dan biomassa bagian bawah (yang berada dalam tanah) seperti rizoma dan akar. Salah satu fungsi ekologis dari lamun adalah memfiksasi karbon yang sebagian besar masuk ke dalam sistem daur rantai makanan ke dalam sistem daur rantai makanan. (Beer, Bjork, Hellblom, & Axelsson, 2002) mengatakan bahwa dalam melakukan fotosintesis lamun memanfaatkan karbon anorganik di kolom air sehingga lamun dapat mereduksi CO_2 . Hal ini menunjukkan adanya kemampuan ekosistem lamun menenggelamkan (sink) CO_2 dari atmosfer ke laut dengan mekanisme adanya perbedaan tekanan parsial dari atmosfer ke laut untuk fotosintesis yang kemudian tersimpan baik dalam bentuk biomassa lamun itu sendiri maupun tersimpan di dasar perairan atau sedimen.

Siklus karbon pada vegetasi melalui proses fotosintesis dengan merubah CO_2 dari udara dan air yang menghasilkan karbohidrat dan oksigen. Karbohidrat yang terbentuk disimpan oleh vegetasi dan sebagian oksigen dilepaskan ke atmosfer (Fardiaz dalam (Viabel et al., 2020)). Karbon yang diserap oleh lamun disimpan dalam bentuk biomassa pada bagian daun, akar, dan rizoma. Biomassa dapat digunakan untuk menduga potensi serapan karbon yang tersimpan dalam vegetasi karena 45-50% biomassa tersusun oleh karbon. Biomassa disusun oleh senyawa utama karbohidrat yang terdiri dari unsur karbondioksida, hidrogen, dan oksigen (Ibnu Graha et al., 2016)

2.6.Siklus Karbon Lamun

Lautan memiliki peranan yang sangat penting dalam siklus karbon secara global. Menurut (Susi Rahmawati, 2011), sekitar 93% CO_2 di bumi disirkulasikan dan disimpan melalui lautan, khususnya ekosistem pesisir pantai yang dapat menyimpan karbon dalam jumlah yang banyak dalam jangka waktu yang relatif lama. Gas CO_2 di atmosfer masuk ke laut karena adanya perbedaan antara tekanan parsial CO_2 di laut dan atmosfer serta kemampuan laut untuk melarutkan zat

tersebut. Mekanisme yang menggambarkan proses CO₂ sink dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Alur sederhana penyerapan dan penyimpanan karbon
Sumber: (A. J. Wahyudi et al., 2018)

Aliran CO₂ dari udara melewati muka air laut merupakan fungsi dari kelarutan (*Solubility*) CO₂ di dalam air laut dan dikenal sebagai *solubility pump*. Jumlah CO₂ terlarut di air laut dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia (suhu, salinitas, dan total alkalinitas) dan proses biologi (produktivitas primer) yang terjadi di laut. Melalui proses pertukaran gas, CO₂ ditransfer dari udara ke laut dan berubah bentuk menjadi *dissolved inorganic carbon (DIC)*. Proses ini terjadi secara terus-menerus karena laut tidak jenuh oleh kandungan CO₂ jika dibandingkan dengan atmosfer (Kawaroe, Nugraha, & Juraij, 2016).

Karbendioksida merupakan unsur yang penting dalam suatu perairan, sama halnya seperti tumbuhan di darat, karbondioksida penting karena dibutuhkan oleh organisme perairan seperti fitoplankton, makroalga, dan juga lamun untuk proses fotosintesis. Lamun sebagai tumbuhan juga melakukan proses fotosintesis yang memanfaatkan CO₂ dalam proses pertumbuhannya. Kemampuan lamun dalam melakukan fotosintesis memanfaatkan karbondioksida dan menyimpannya dalam bentuk biomassa dalam jangka waktu yang cukup lama. Lamun melakukan fotosintesis dengan memanfaatkan gas CO₂ yang terlarut dalam air dikarenakan habitatnya yang menenggelamkan diri di perairan (Rustam et al., 2019).

Menurut Beer et al dalam (Rustam et al., 2019) mengatakan bahwa dalam melakukan fotosintesis lamun memanfaatkan karbon anorganik di kolom air

sehingga lamun dapat mereduksi CO₂. Hal ini menunjukkan adanya kemampuan ekosistem lamun menenggelamkan (*sink*) CO₂ dari atmosfer ke laut dengan mekanisme adanya perbedaan tekanan parsial dari atmosfer ke laut untuk fotosintesis yang kemudian tersimpan baik dalam bentuk biomassa lamun itu sendiri maupun tersimpan di dasar perairan atau sedimen.

2.7.Zona Litoral Pantai Sancang

Berdasarkan kedalamannya laut dibagi menjadi 4 zona, yaitu zona litoral, zona neritik, zona batial, dan zona abisal. Menurut (Nugroho, 2012) mendeskripsikan zona litoral sebagai zona intertidal, zona intertidal dimulai dari pasang tertinggi sampai pada surut terendah. Zona tersebut terletak di antara air tinggi (*high water*) dan air rendah (*low water*). Zona ini hanya terdapat pada daerah pulau atau daratan yang luas, dengan pantai yang landai. Semakin landai pantainya maka zona intertidalnya semakin luas. Sebaliknya semakin terjal pantainya maka zona intertidalnya akan semakin sempit.

Zona litoral merupakan daerah peralihan antara kondisi lautan ke kondisi daratan sehingga berbagai macam organisme terdapat dalam zona ini (Dahuri dalam (Samsul Kamal, Mahdi, & Humaira, 2017). Daerah litoral atau daerah pasang surut adalah daerah yang langsung berbatasan dengan darat. Radiasi matahari, variasi temperatur dan salinitas mempunyai pengaruh yang lebih berarti untuk daerah ini dibandingkan dengan daerah laut lainnya (Samsul Kamal et al., 2017). Kemudian menurut Nybakken dalam (Nugroho, 2012) menjelaskan bahwa zona litoral memiliki kekayaan nutrien yang tinggi dan kaya akan oksigen. Pengadukan yang sering terjadi menyebabkan interaksi antar atmosfer dan perairan sangat tinggi sehingga difusi gas dari permukaan ke perairan juga tinggi.

Menurut Nugroho (2012) Secara umum daerah intertidal sangat dipengaruhi oleh pola pasang dan surutnya air laut, sehingga dapat dibagi menjadi tiga zona, yaitu zona pertama merupakan daerah di atas pasang tertinggi dari garis laut yang hanya mendapatkan siraman air laut dari hempasan riak gelombang dan ombak yang menerpa daerah tersebut *backshore* (*supratidal*), zona kedua merupakan batas antara surut terendah dan pasang tertinggi dari garis permukaan laut (*intertidal*) dan zona ketiga adalah batas bawah dari surut terendah garis permukaan laut (*subtidal*).

Sedangkan secara horizontal zona litoral dapat dibedakan lagi menjadi 4 zona, yaitu splash zone, hig intertidal, mid intertidal, dan low intertidal.

Pantai sancang merupakan salah satu pantai yang terletak di Kabupaten Garut. Luas pantai Sancang berdasarkan SK Menteri Kehutanan No. 682/Kpts-II/1990 tanggal 17 November 1990 yaitu dengan luas 1.150 Ha memanjang dari muara sungai Cimerak hingga muara sungai Cikaengang. Jarak pantai Sancang ± 95 km dari kota Tasikmalaya yang bisa ditempuh dalam waktu ± 3 jam perjalanan. Pantai Sancang memiliki tipe ekosistem pasang surut yang dihuni oleh berbagai biota laut. Pantai sancang dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pantai Sancang
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pantai Sancang merupakan salah satu pantai yang memiliki zona litoral yang sangat luas, karakteristik perairan dangkal dengan substrat karang, pasir, dan lumpur. Dengan karakteristik tersebut pesisir sancang mendukung pertumbuhan mangrove, lamun, alga, dan beberapa spesies terumbu karang. Zona litoral atau yang sering disebut dengan zona pasang surut merupakan bagian ujung pantai yang berbatasan dengan lautan yang selalu bergerak naik turun sesuai dengan siklus pasang surut, panjang zona litoral pantai sancang ± 200 m. Zona ini disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Apabila air pasang maka wilayah ini akan tergenang oleh air dan apabila air surut maka wilayah ini akan mengering dan berubah menjadi pantai.

2.8.Sumber Belajar

Sumber belajar merupakan sumber berbentuk data, orang, objek ataupun wujud tertentu yang dapat digunakan dalam proses belajar, baik secara terpisah maupun secara terkomposisi sehingga mempermudah seseorang dalam mencapai tujuan belajarnya. Sesuai dengan pernyataan Dageng (dalam Supriadi, 2015)

Sumber belajar dimaksudkan untuk memperkaya, menambah ataupun memperdalam isi kurikulum yang telah diterbitkan oleh pemerintah. Sumber belajar biasanya berisi tentang pengembangan materi, sehingga isi bahan ajar tersebut lebih luas. Sumber belajar dapat digunakan untuk belajar lebih dari apa yang ada pada bahan ajar yang telah ditentukan dari pemerintah sehingga sumber belajar dapat digunakan sebagai pengayaan bagi para siswa (Widiana & Wardani, 2017). Sumber belajar yang akan dibuat dari hasil penelitian ini berupa buku saku.

Buku saku merupakan salah satu bentuk inovasi media pembelajaran dalam bentuk media cetak. Media ini memuat materi pelajaran dalam bentuk fisik yang unik, menarik, dan fleksibel. Unik karena bentuk fisik yang kecil lengkap dengan desain full colour yang akan menumbuhkan rasa ketertarikan untuk menggunakannya. Fleksibel karena bentuknya yang kecil (lebih kecil dari buku pada umumnya), sehingga dapat dibawa dan digunakan dimanapun dan kapanpun (Andreansyah, 2015).

2.9.Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui potensi simpanan karbon pada Lamun yang kemudian hasil riset tersebut dijadikan sumber belajar biologi, penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Nikmah Rahmatih, Yuniastuti, & Susanti, 2018) pengembangan booklet berdasarkan kajian potensi dan masalah lokal sebagai suplemen bahan ajar SMK Pertanian, dengan hasil booklet sebagai suplemen bahan ajar materi pemupukan di SMK Pertanian, layak dengan kriteria sangat baik berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, pengguna yaitu guru dengan skor (95,7%) dan siswa dengan skor (88,87%) dan hasil belajar siswa mencapai nilai rata-rata 89,2. Kemudian penelitian mengenai kandungan karbon pada padang lamun pernah dilakukan oleh (Budiarto, Iskandar, & Pribadi, 2021) Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis lamun, yaitu *Enhalus*

acoroides, *Thalassia hemprichii*, dan *Cymodocea rotundata*. Nilai biomassa lamun berkisar antara 171,89–275,68 gbk/m² dan nilai cadangan karbon berada pada kisaran 51,89–80,66 gC/m². Padang lamun di Siantan Tengah memiliki luas 130,45 ha, sehingga total Cadangan karbon pada ekosistem padang lamun di perairan Siantan Tengah diperkirakan 95,88 ton C. Penelitian ini membuktikan adanya kandungan karbon pada biomassa padang lamun.

2.10. Kerangka Konseptual

Lamun adalah satu-satunya tumbuhan berbunga (Spermatophyta) yang secara penuh beradaptasi pada lingkungan perairan. Tumbuhan ini mampu hidup di media air asin, berfungsi normal dalam keadaan terbenam, mempunyai sistem perakaran yang berkembang baik serta mampu melaksanakan daur generatif dalam keadaan terbenam. Padang lamun merupakan salah satu ekosistem penting yang berada di pesisir pantai dengan berbagai fungsinya bagi lingkungan. Salah satu potensi yang dimiliki oleh padang lamun yaitu berperan dalam mengikat dan menyimpan karbon melalui proses fotosintesis.

Karbon dioksida merupakan salah satu kontributor dalam masalah pemanasan global. Atmosfer menerima banyak karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil kendaraan bermotor dan mesin industri. Karbon dioksida di atmosfer dapat diserap oleh tumbuhan dan diubah menjadi biomassa dalam kaitan mekanisme pertumbuhan dan metabolisme tubuh.

Pantai Sancang merupakan salah satu pantai yang berada di garis pantai Indonesia, lebih tepatnya berada di kabupaten Garut Jawa Barat. Berdasarkan hasil observasi, pantai sancang memiliki padang lamun yang luas dan berdasarkan hasil penelitian oleh (Zulfadillah et al., 2021) kondisi tutupan lamun pada lokasi penelitian termasuk dalam kategori baik atau kaya, yaitu dengan nilai tutupan 61,09%. Tetapi berdasarkan pencarian sumber dan literatur yang dilakukan oleh peneliti, belum ditemukannya penghitungan mengenai potensi simpanan karbon yang ada di zona litoral Pantai Sancang.

Berdasarkan uraian tersebut solusi yang dilakukan oleh penelitian adalah mempelajari potensi simpanan karbon di zona litoral Pantai Sancang. Hasil

penelitian ini akan dijadikan sumber belajar biologi berupa buku saku dalam kaitannya dengan materi pencemaran lingkungan.

2.11. Pertanyaan Penelitian

- a. Bagaimana kondisi/status padang lamun di zona litoral Pantai Sancang?
- b. Bagaimana simpanan karbon pada padang lamun di zona litoral Pantai Sancang?
- c. Bagaimana pemanfaatan padang lamun sebagai sumber belajar biologi?