

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Ekosistem pesisir berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan laut melalui fungsi ekologisnya dalam mendukung produktivitas perairan dan keberlangsungan berbagai organisme. Salah satu komponen penting dalam ekosistem tersebut adalah padang lamun yang berperan dalam menjaga stabilitas sedimen, mendukung siklus nutrisi, serta menyediakan habitat bagi berbagai biota laut. Menurut Yunita *et al.* (2020), lamun berfungsi sebagai tempat pemijahan (*spawning ground*), habitat pembesaran (*nursery ground*), dan penyedia makanan (*feeding ground*) bagi berbagai biota laut. Menurut Pusat Riset Oseanografi-BRIN, dari total 293.464 hektar padang lamun yang telah divalidasi di Indonesia, sekitar 42% dari 110 lokasi yang dipetakan berada dalam kondisi kritis atau tidak sehat (Hernawan *et al.*, 2021).

Perairan Desa Pengudang, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau, merupakan salah satu kawasan yang masih memiliki potensi lamun cukup tinggi. Penelitian Nugraha *et al.* (2021) melaporkan bahwa Desa Pengudang memiliki enam spesies lamun, yaitu *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Cymodocea rotundata*, dan *Halophila minor*. Luasan lamun di Desa Pengudang terus menurun, dari 8,43 hektar pada tahun 2018 menjadi 7,30 hektar pada tahun 2020 (Putra *et al.*, 2023). Penurunan ini menunjukkan adanya tekanan ekologis, baik akibat pencemaran maupun aktivitas antropogenik seperti aktivitas perikanan, serta transportasi laut yang tidak hanya merusak habitat secara fisik tetapi juga meningkatkan masukan nutrisi ke perairan, termasuk fosfat (Handayani *et al.*, 2021).

Fosfat merupakan unsur hara esensial bagi pertumbuhan lamun karena berperan dalam pembelahan sel, sintesis protein, serta perkembangan jaringan meristem. Dalam kadar yang seimbang, fosfat mendukung produktivitas lamun. Namun, konsentrasi yang berlebih justru dapat memicu eutrofikasi, meningkatkan pertumbuhan alga epifitik berlebihan yang dapat menutupi daun lamun sehingga mengurangi fotosintesis, serta menurunkan kualitas air sehingga menghambat pertumbuhan lamun (Silvi *et al.*, 2022). Fosfat di perairan berasal dari dua sumber utama, yaitu kolom air dan sedimen. Lamun sendiri memiliki kemampuan

menyerap unsur hara melalui dua jaringan utama, yaitu akar dan daun. Daun berperan dalam penyerapan nutrisi yang terdapat pada kolom air, sedangkan akar berfungsi menyerap nutrisi yang tersimpan di dalam sedimen. Sehingga ketersediaan fosfat di kedua media tersebut sangat menentukan kerapatan lamun (Wibowo *et al.*, 2020). Perbedaan konsentrasi fosfat pada air dan sedimen dapat menimbulkan variasi kondisi padang lamun, baik dalam hal kerapatan maupun produktivitasnya.

Berbagai penelitian sebelumnya menegaskan adanya hubungan antara fosfat dengan kondisi lamun. Penelitian di Pulau Langkai, Makassar, menunjukkan fosfat berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan lamun (Hasmianti *et al.*, 2021). Di Karimunjawa, konsentrasi fosfat pada sedimen berkorelasi dengan kerapatan lamun (Wibowo *et al.*, 2020). Subiakto *et al.* (2019) juga melaporkan bahwa ketersediaan fosfat, baik di air maupun sedimen, merupakan salah satu faktor pembatas utama kelangsungan padang lamun.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian mengenai hubungan konsentrasi fosfat di air dan sedimen terhadap kerapatan lamun di Perairan Desa Pengudang menjadi sangat penting dilakukan. Hal ini mengingat bahwa fosfat berperan krusial dalam mendukung pertumbuhan serta keberlanjutan ekosistem lamun, sementara informasi mengenai keterkaitan antara konsentrasi fosfat di air dan sedimen dengan keberadaan lamun di Desa Pengudang tersebut masih terbatas.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Fosfat merupakan unsur hara penting bagi pertumbuhan lamun, namun ketersediaannya di perairan sering kali tidak stabil. Dalam konsentrasi berlebihan fosfat dapat memicu eutrofikasi, sedangkan konsentrasi yang rendah menjadi faktor pembatas sehingga lamun sulit tumbuh optimal. Aktivitas antropogenik seperti aktivitas perikanan, pembuangan limbah cair, penangkapan biota, lalu lintas kapal serta berbagai aktivitas masyarakat di wilayah pesisir dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan kadar fosfat di perairan. Lamun menyerap fosfat dari kolom air melalui daun dan sedimen melalui akar, sehingga perbedaan konsentrasi fosfat di air dan sedimen dapat memengaruhi kemampuan lamun dalam menyerap fosfat sehingga memengaruhi kehadiran dan kerapatan lamun. Namun, penelitian mengenai hubungan antara konsentrasi fosfat di air dan

sedimen terhadap kerapatan lamun di Perairan Desa Pengudang masih sangat terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana konsentrasi fosfat di air dan sedimen di Perairan Desa Pengudang?
2. Bagaimana kerapatan lamun di Perairan Desa Pengudang?
3. Apa saja parameter komponen utama di Perairan Desa Pengudang?
4. Bagaimana hubungan antara konsentrasi fosfat di air dan sedimen terhadap kerapatan lamun di Perairan Desa Pengudang?

### **1.3. Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui konsentrasi fosfat di air dan sedimen di Perairan Desa Pengudang.
2. Mengetahui kerapatan lamun di Perairan Desa Pengudang
3. Mengetahui parameter komponen utama di Perairan Desa Pengudang
4. Mengetahui hubungan antara konsentrasi fosfat di air dan sedimen terhadap kerapatan lamun di Perairan Desa Pengudang

### **1.4. Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi ilmiah tentang peranan penting padang lamun dan keterkaitannya dengan ketersediaan fosfat di perairan dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kelestarian ekosistem pesisir, khususnya padang lamun, yang berfungsi sebagai penopang kualitas lingkungan laut dan sumber mata pencaharian.

2. Bagi Pemerintah

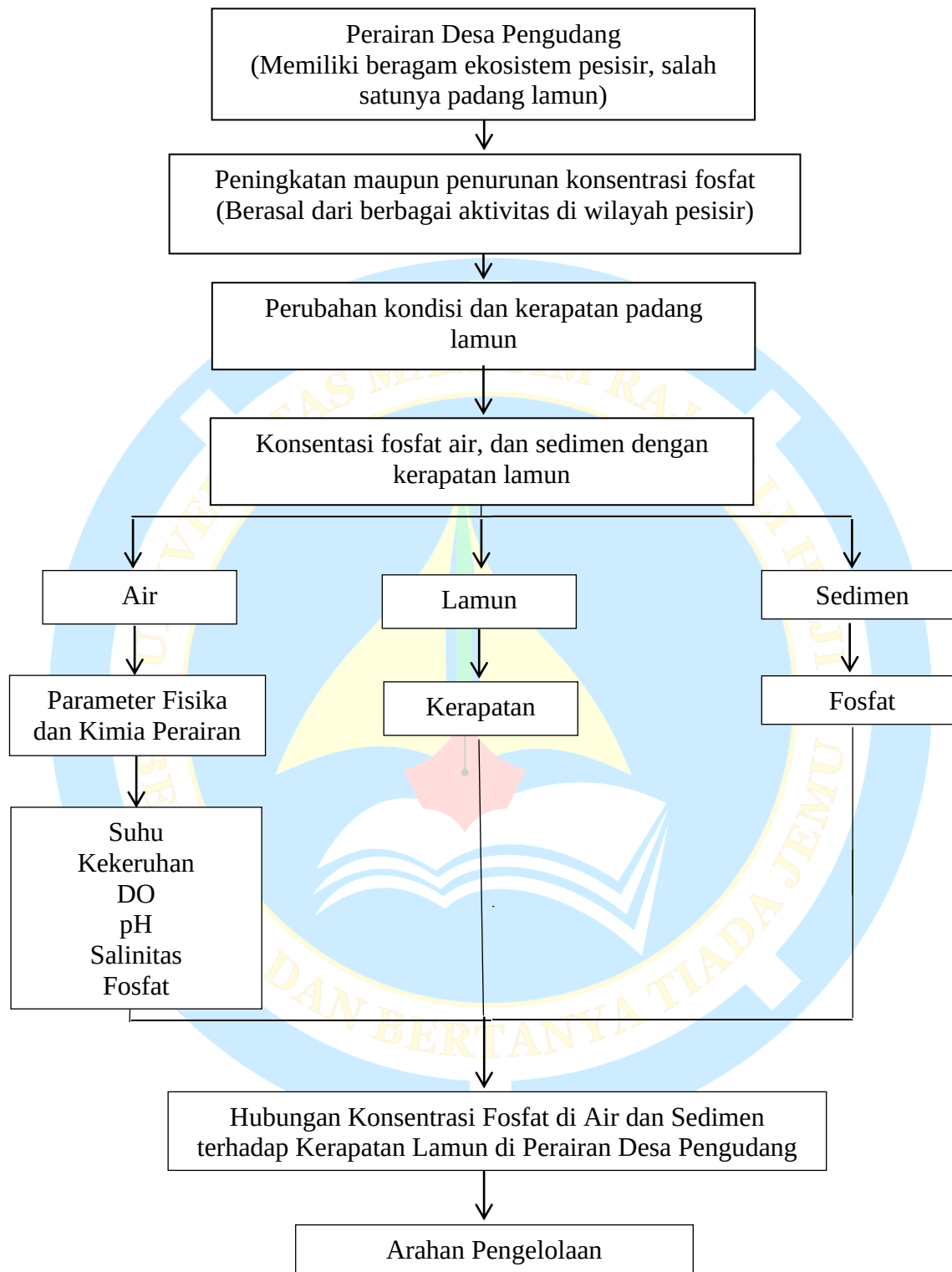
Menyediakan data ilmiah yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan pengelolaan sumber daya pesisir dan laut secara berkelanjutan dan mendukung program konservasi dan rehabilitasi ekosistem pesisir, terutama padang lamun, sebagai bagian dari strategi perlindungan lingkungan.

### 3. Bagi Peneliti Lainnya

Menjadi referensi awal dalam kajian mengenai hubungan antara kepadatan lamun dan distribusi fosfat di perairan dan membuka peluang penelitian lanjutan terkait interaksi lamun dengan unsur hara lain.



Kerangka pikir pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai referensi disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| No | Judul Penelitian                                                                                                | Peneliti                          | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Kandungan Nutrien Nitrat dan Fosfat Sedimen pada Ekosistem Padang Lamun di Teluk Awur dan Pulau Panjang, Jepara | Silvi <i>et al.</i> , 2022        | Kandungan nitrat pada sedimen di Teluk Awur berkisar antara 1,63–4,67 ppm, sedangkan di Pulau Panjang 1,04–2,40 ppm. Fosfat pada sedimen di Teluk Awur berada pada kisaran 0,49–46,31 ppm dan di Pulau Panjang 0,03–48,59 ppm. Analisis menunjukkan bahwa hubungan nutrien dengan lamun memiliki korelasi sedang di Teluk Awur ( $R^2 = 0,54$ ) dan kuat di Pulau Panjang ( $R^2 = 0,69$ ), yang mengindikasikan bahwa kandungan nitrat dan fosfat berperan penting terhadap kerapatan lamun. |
| 2  | Pengaruh Nitrat dan Fosfat dalam Sedimen terhadap Kerapatan Lamun di Jepara                                     | Rayyis <i>et al.</i> , 2021       | Kandungan nitrat sedimen berkisar 1,63–4,67 ppm dan fosfat 0,49–46,31 ppm di Teluk Awur, sedangkan di Pulau Panjang nitrat 1,04–2,40 ppm dan fosfat 0,03–48,59 ppm. Hubungan nitrat dan fosfat terhadap kerapatan lamun tergolong sedang di Teluk Awur ( $R^2=0,54$ ) dan kuat di Pulau Panjang ( $R^2=0,69$ ).                                                                                                                                                                               |
| 3  | Estimasi Simpanan Fosfor (P) pada Lamun di Perairan Pesisir Timur dan Utara Pulau Bintan                        | Nurwulandari <i>et al.</i> , 2025 | Penelitian ini menunjukkan bahwa simpanan fosfor pada lamun di perairan pesisir timur dan utara Pulau Bintan relatif seragam antar lokasi, meskipun terdapat variasi kecil yang dipengaruhi faktor lingkungan setempat. Tidak ditemukan                                                                                                                                                                                                                                                       |

| No | Judul Penelitian                                                                                                             | Peneliti       | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                              |                | hubungan yang kuat antara simpanan fosfor dengan kerapatan, tutupan, maupun biomassa lamun, sehingga kapasitas penyimpanan fosfor lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi perairan dan sedimen                                                                       |
| 4  | Hubungan Kandungan C-Organik, Nitrat Dan Fosfat Sedimen Terhadap Biomassa Lamun Di Perairan Desa Pengudang, Kabupaten Bintan | Setiawan, 2019 | Sedimen di Perairan Desa Pengudang didominasi pasir dengan kandungan C-organik dan fosfat rendah, serta nitrat tinggi. Nitrat dan C-organik berpengaruh kuat terhadap peningkatan biomassa lamun, sedangkan fosfat berpengaruh lemah karena konsentrasinya rendah. |

## 2.2. Ekosistem Lamun

Lamun (*seagrass*) merupakan satu-satunya kelompok tumbuhan berbunga yang mampu beradaptasi, tumbuh, dan berkembang secara alami di lingkungan perairan laut. Sebagai tumbuhan autotrof, lamun melakukan fotosintesis di zona fotik, terutama di wilayah pesisir dangkal yang terlindung dengan substrat dasar pasir atau lumpur sebagai media tumbuhnya (Habibah *et al.*, 2023). Secara morfologis, lamun memiliki struktur yang terdiri atas daun, seludang, batang atau rimpang (*rhizome*), serta akar (Silvi *et al.*, 2022). Lamun tumbuh optimal pada sedimen bentik yang lunak, akar dan rimpangnya tertanam di bawah permukaan sedimen. Tumbuhan ini dapat berkembang biak melalui dua mekanisme, yaitu generatif dan vegetatif. Perkembangan generatif terjadi melalui pembentukan biji, sedangkan secara vegetatif lamun memperluas wilayah tumbuhnya dengan memanjangkan rimpang sehingga mampu membentuk hamparan padang lamun yang lebih luas (Listiawati, 2018).

Ekosistem lamun memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan laut. Secara ekologis, padang lamun berfungsi sebagai habitat utama yang menyediakan daerah asuhan, tempat mencari makan, serta perlindungan bagi berbagai biota laut seperti ikan kecil, penyu, bulu babi, dan organisme lainnya.



Secara fisik, lamun berperan dalam menstabilkan sedimen, meredam energi gelombang, serta menunjang berlangsungnya siklus nutrisi di perairan, sehingga menjadikannya salah satu ekosistem pesisir dengan produktivitas tinggi (Jalaludin *et al.*, 2020). Selain itu, padang lamun berkontribusi dalam mendukung produktivitas perikanan, menjaga kualitas perairan, serta mengurangi risiko erosi pantai. Meskipun sering kurang mendapat perhatian dibandingkan ekosistem pesisir lainnya seperti mangrove dan terumbu karang, padang lamun memiliki peranan yang sangat signifikan sebagai penyangga dan penopang keberlanjutan ekosistem laut, khususnya di wilayah tropis dan subtropis (Sari *et al.*, 2024)

### **2.3. Kerapatan Lamun**

Kerapatan jenis lamun merupakan jumlah individu atau tegakan lamun yang terdapat dalam suatu luasan perairan tertentu (Hartini *et al.*, 2024). Parameter ini sering digunakan sebagai indikator penting dalam menggambarkan kondisi ekosistem lamun, karena kerapatan dapat mencerminkan tingkat pertumbuhan, regenerasi, serta kemampuan lamun dalam mempertahankan keberlanjutan ekosistemnya. Semakin tinggi nilai kerapatan, maka semakin baik pula fungsi ekologis padang lamun, seperti penyediaan habitat, perlindungan biota, serta peranannya dalam menjaga stabilitas sedimen dan kualitas perairan. Sebaliknya, kerapatan yang rendah dapat menjadi tanda adanya tekanan lingkungan atau gangguan akibat aktivitas manusia maupun faktor alam.

Faktor lingkungan perairan, seperti kedalaman, kecerahan, suhu, salinitas, ketersediaan nutrisi, serta jenis substrat, memiliki peran penting dalam memengaruhi komposisi dan kerapatan lamun. Variasi kondisi lingkungan tersebut menyebabkan adanya perbedaan komposisi jenis maupun tingkat kerapatan lamun pada setiap padang lamun, sehingga karakteristik ekosistem lamun di suatu lokasi tidak selalu sama dengan lokasi lainnya (Isnaini & Aryawati, 2023).

### **2.4. Parameter Fisika-Kimia Perairan**

#### **2.4.1. Suhu**

Suhu perairan merupakan salah satu parameter lingkungan yang berperan penting dalam menunjang kelangsungan hidup organisme akuatik. Selain itu, suhu



juga memengaruhi proses kehidupan dan pertumbuhan biota perairan. Variasi suhu perairan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah musim, lokasi geografis tutupan awan, arus laut, dan kedalaman air. Merujuk pada Lampiran VIII PPRI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup disebutkan bahwa kondisi suhu optimal bagi pertumbuhan lamun berada pada kisaran 28-30°C (Tulung *et al.*, 2024). Suhu perairan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keberlangsungan hidup lamun, karena dapat memengaruhi proses fotosintesis, laju respirasi, serta pertumbuhan generatifnya. Apabila suhu berada di luar kisaran optimal, maka proses-proses tersebut akan mengalami penurunan yang drastis (Kamaludin *et al.*, 2022). Dalam kisaran suhu yang sesuai, fotosintesis umumnya meningkat seiring bertambahnya suhu, sementara respirasi berlangsung dalam rentang yang lebih luas, yaitu 5–35°C (Hamuna *et al.*, 2018).

#### **2.4.2. Kekeruhan**

Kekeruhan adalah suatu kondisi perairan dipengaruhi oleh partikel-tersuspensi yang menyebabkan hamburan dan penyerapan cahaya. Kekeruhan dalam air merupakan fenomena yang disebabkan oleh keberadaan berbagai bahan, baik yang bersifat organik maupun anorganik, yang dapat tersuspensi maupun terlarut dalam medium air. Contoh dari bahan-bahan ini meliputi lumpur, pasir, serta berbagai mikroorganisme yang dapat ditemukan di lingkungan perairan (Irawan & Sari, 2013). Menurut Rochmady (2010), Peningkatan sedimen di perairan dapat menyebabkan tingginya tingkat kekeruhan, sehingga mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air. Kondisi tersebut berpotensi mengganggu produktivitas primer ekosistem padang lamun, karena lamun sangat bergantung pada intensitas cahaya yang memadai untuk menjalankan proses fotosintesis.

Selain itu, nilai kekeruhan untuk biota laut sesuai dengan baku mutu Lampiran VIII PPRI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah <5 NTU. Lamun memerlukan intensitas cahaya yang tinggi untuk menjalankan proses fotosintesis secara optimal, sehingga keberadaannya umumnya terbatas pada perairan dangkal dan cahaya matahari masih mampu menembus hingga dasar perairan (Yahya, 2022).

Ketersediaan cahaya menjadi faktor pembatas penting bagi pertumbuhan lamun, karena fotosintesis berperan langsung dalam menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk perkembangan jaringan dan kelangsungan hidupnya. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat memberikan dampak tidak langsung terhadap kehidupan lamun, sebab partikel sedimen yang melayang di kolom air mengurangi penetrasi cahaya matahari. Akibatnya, proses fotosintesis dapat terganggu, yang pada akhirnya berdampak pada menurunnya produktivitas dan kerapatan padang lamun (Fahrudin *et al.*, 2017).

#### **2.4.3. Salinitas**

Salinitas adalah konsentrasi garam yang terlarut dalam air (Salim *et al.*, 2017). Menurut Pasaribu *et al.* (2023), salinitas dapat didefinisikan sebagai konsentrasi total ion-ion terlarut dalam air, yang dinyatakan dalam satuan per mil (‰) atau ppt (*part per thousand*) atau gram per liter. Sesuai dengan standar baku mutu Lampiran VIII PPRI No. 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup salinitas berada dalam rentang 33-34 ppt. Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh penting terhadap pertumbuhan lamun. Umumnya, lamun dapat tumbuh pada kisaran salinitas 10–40‰, dengan kondisi optimum berada pada sekitar 35‰ (Tulung *et al.*, 2024). Setiap jenis lamun memiliki toleransi yang berbeda terhadap variasi salinitas, sehingga perbedaan nilai ini dapat memengaruhi distribusi dan produktivitasnya. Salinitas yang terlalu tinggi dapat menjadi faktor pembatas bagi penyebaran lamun karena dapat menghambat perkecambahan biji, menimbulkan stres osmotik, serta menurunkan daya tahan terhadap penyakit.

#### **2.4.4. Potential of Hydrogen (pH)**

Andika *et al.* (2020) menjelaskan bahwa pH berperan penting dalam memengaruhi aktivitas fisiologis lamun. Perubahan pH dapat berdampak langsung terhadap ketersediaan unsur hara, khususnya fosfat di kolom perairan. Konsentrasi nutrisi yang tinggi, terutama fosfat, dapat dimanfaatkan oleh lamun melalui sistem rimpang (*rhizome*) untuk menunjang pertumbuhan baik secara horizontal maupun vertikal. Dengan demikian, variasi pH tidak hanya memengaruhi kelarutan nutrisi dalam air, tetapi juga menentukan seberapa besar nutrisi

tersebut dapat dimanfaatkan oleh lamun dalam proses pertumbuhannya (Andika *et al.*, 2023).

Dalam konteks yang lebih luas, pH merupakan indikator kimia yang digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan melalui pengukuran konsentrasi ion hidrogen yang terkandung di dalamnya. Nilai pH memberikan gambaran sifat kimia larutan, apakah bersifat asam, netral, atau basa (Rukminasari *et al.*, 2014). Berdasarkan baku mutu kualitas air yang tercantum dalam Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kisaran pH optimal bagi kehidupan organisme akuatik adalah 7–8,5. Secara umum, pH bernilai 7 dianggap netral, nilai di bawah 7 menunjukkan kondisi asam, sedangkan nilai di atas 7 menunjukkan kondisi basa. pH 0 mengindikasikan tingkat keasaman yang sangat tinggi, sementara pH 14 menunjukkan kondisi sangat basa. Oleh karena itu, kestabilan pH perairan sangat menentukan keseimbangan ekosistem, termasuk dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan lamun. Lamun umumnya tumbuh optimal pada kisaran nilai pH antara 7,3 hingga 9,0 (Sutadi *et al.*, 2021).

#### **2.4.5. Dissolved Oxygen (DO)**

*Dissolved Oxygen* (DO) pada ekosistem lamun umumnya mengalami fluktuasi. Perubahan ini diduga terjadi karena sebagian oksigen digunakan oleh lamun untuk proses respirasi, khususnya pada bagian akar dan rimpang yang tertanam di sedimen (Rugebregt *et al.*, 2020). Oksigen terlarut sendiri merupakan konsentrasi gas oksigen yang berada di dalam air dan memiliki peran vital, baik bagi keberlangsungan hidup organisme akuatik maupun bagi proses biogeokimia yang berlangsung di lingkungan perairan. Gas ini tidak hanya dibutuhkan oleh biota untuk respirasi, tetapi juga menjadi penentu keseimbangan ekosistem, misalnya dalam proses dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi.

Menurut Hamzah *et al.* (2022), oksigen terlarut termasuk parameter kimia penting yang harus diukur karena mampu menggambarkan daya dukung suatu ekosistem perairan, yang umumnya dinilai dari tingkat produktivitas primer dan kondisi fisik perairan. Baku mutu kualitas air yang tercantum pada Lampiran VIII PPRI No. 22 Tahun 2021 menyebutkan bahwa konsentrasi oksigen terlarut yang

layak untuk mendukung kehidupan organisme akuatik adalah lebih dari 5 mg/L. Pemantauan oksigen terlarut tidak hanya memberikan informasi mengenai kesehatan ekosistem, tetapi juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu perairan dalam menopang kehidupan biota secara optimal. Dalam konteks ekosistem lamun, ketersediaan oksigen terlarut yang stabil sangat penting, karena lamun tidak hanya berfungsi sebagai penyedia oksigen melalui fotosintesis, tetapi juga sebagai pengguna oksigen untuk proses respirasi akar dan rimpangnya. Lamun umumnya tumbuh optimal pada kisaran nilai >5 mg/L (Song *et al.*, 2025).

#### 2.4.6. Sedimen

Keberadaan serta kondisi lamun sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di habitatnya, salah satunya adalah faktor sedimen. Sedimen berfungsi sebagai media tempat tumbuh akar dan rimpang lamun menancap sehingga mampu bertahan dari tekanan ombak dan arus. Selain itu, sedimen juga menyimpan mineral organik maupun anorganik, serta memiliki pori-pori yang mengandung air (*interstitial water*) yang terdapat unsur hara penting. Peran sedimen dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup lamun sangatlah besar, karena ketersediaan nutrisi di dalamnya menjadi sumber utama untuk proses metabolisme dan perkembangan vegetasi (Adrian, 2024).

Konsentrasi nutrisi dalam sedimen tidak selalu seragam, sebab perbedaan karakteristik dasar perairan maupun kedalaman akan memengaruhi variasi konsentrasi yang tersedia. Perbedaan tersebut berimplikasi pada variasi kepadatan maupun sebaran jenis lamun di suatu lokasi. Sedimen diketahui mengandung berbagai unsur hara yang menjadi faktor penentu pertumbuhan dan perkembangan lamun (Handayani *et al.*, 2016). Jenis sedimen yang dapat menjadi habitat lamun cukup beragam, mulai dari lumpur, pasir, tanah liat, pecahan karang, hingga celah-celah batu pada ekosistem karang, dan mangrove.

Menurut Hasanuddin (2013), variasi dalam komposisi butiran substrat turut berpengaruh terhadap jenis lamun yang dapat tumbuh, tingkat kesuburan habitat, serta laju pertumbuhan lamun. Hal ini disebabkan ukuran butiran pasir akan memengaruhi kemampuan substrat menyimpan nutrisi, proses dekomposisi, hingga mineralisasi bahan organik yang pada akhirnya menentukan ketersediaan

unsur hara bagi pertumbuhan lamun. Berdasarkan ukurannya, sedimen dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

1. *Gravel* (kerikil) : terdiri atas partikel besar seperti *boulder*, *cobble*, dan *pebble*.
2. *Sand* (pasir) : meliputi pasir sangat kasar, kasar, sedang, halus, dan sangat halus.
3. *Mud* (lumpur) : terdiri dari partikel halus *clay* dan *silt*.

## 2.5. Ukuran Butir Sedimen

Ukuran butir sedimen merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan dan penyebaran lamun di perairan pesisir. Jenis sedimen, baik berupa pasir, kerikil dan lumpur berperan dalam menentukan kondisi fisik dan kimia dasar perairan, seperti ketersediaan nutrisi, sirkulasi air di dalam pori-pori sedimen, serta kemampuan akar dan rhizome lamun untuk menancap dan menyerap unsur hara. Sedimen yang berukuran kasar seperti pasir memiliki pori-pori yang lebih besar, sehingga air dan oksigen dapat mengalir lebih mudah (Handayani *et al.*, 2016).

Berdasarkan ukuran diameter partikelnya, sedimen dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, mulai dari bongkah (*boulder*) hingga lumpur (*silt*). Analisis ukuran sedimen dapat dilakukan melalui metode penyaringan bertingkat dengan menggunakan alat saringan sedimen. Jeffries & Mills (1996) dalam Effendi (2003) mengklasifikasikan sedimen sebagai berikut: >256 mm (*boulder*), 128–256 mm (kobel besar), 64–128 mm (kobel kecil), 32–64 mm (pebel besar), 16–32 mm (pebel kecil), 8–16 mm (kerikil kasar), 4–8 mm (kerikil sedang), 2–4 mm (kerikil kecil), 0,5–1 mm (pasir sangat kasar), 0,25–0,5 mm (pasir kasar), 0,125–0,25 mm (pasir sedang), 0,063–0,125 mm (pasir halus), 0,032–0,063 mm (pasir sangat halus), dan <0,032 mm (lumpur).

## 2.6. Fosfat pada Lamun

Fosfat merupakan salah satu unsur esensial dalam ekosistem perairan. Senyawa organik khususnya protein, banyak mengandung gugus fosfat seperti adenosin trifosfat (ATP) yang berperan penting sebagai penyedia energi bagi sel makhluk hidup. Dalam ekosistem, fosfat dapat dijumpai dalam tiga bentuk

utama, yaitu fosfat anorganik seperti ortofosfat, senyawa organik yang terkandung dalam protoplasma, serta senyawa organik terlarut yang dihasilkan dari proses dekomposisi organisme (Mutiara, 2015). Fosfat salah satu unsur hara penting dalam siklus organik perairan, karena bersama dengan karbon berperan dalam proses fotosintesis yang menghasilkan jaringan tumbuhan (Setiawan *et al.*, 2013). Unsur ini juga dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk mendukung proses pertumbuhan dan metabolisme (Surya *et al.*, 2024).

Fosfat berfungsi sebagai nutrisi esensial yang menunjang berbagai aktivitas biologis pada mikroorganisme, tumbuhan, hingga hewan. Fosfat di alam tidak pernah ditemukan dalam bentuk unsur bebas, melainkan selalu berikatan dengan unsur lain membentuk senyawa, baik dalam bentuk partikel anorganik seperti mineral maupun dalam bentuk organik terlarut (Pradiva *et al.*, 2023). Namun demikian, apabila konsentrasi fosfat di perairan terlalu tinggi, dapat menimbulkan eutrofikasi, yaitu kondisi meningkatnya konsentrasi unsur hara yang berlebihan sehingga memicu ketidakseimbangan ekosistem perairan (Hendrayana *et al.*, 2022). Fosfat berperan dalam produktivitas primer sekaligus menjadi salah satu unsur utama yang menentukan kestabilan pertumbuhan vegetasi. Unsur ini berfungsi dalam proses pembelahan sel, sintesis lemak, serta mendukung fase pertumbuhan generatif melalui pembentukan bunga, biji, dan akar.

Dalam ekosistem lamun, ketersediaan fosfat sangat penting karena mendukung pertumbuhan biomassa, kerapatan, serta kemampuan lamun dalam menyediakan habitat bagi biota laut lainnya (Putri *et al.*, 2022). Fosfat di perairan tersedia dalam berbagai bentuk senyawa, baik organik maupun anorganik, dan dapat diserap oleh tumbuhan dalam bentuk ion ortofosfat, yaitu  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Mishbach *et al.*, 2021). Bentuk tersebut merupakan bentuk fosfat yang paling mudah dimanfaatkan oleh tumbuhan akuatik, termasuk lamun.

## **2.7. Proses Penyerapan Fosfat pada Air dan Sedimen**

Nutrien merupakan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan ekosistem padang lamun, karena ketersediaannya akan menentukan produktivitas primer (Rayyis *et al.*, 2021). Lamun memperoleh



nutrien melalui dua jalur utama, yaitu penyerapan dari kolom air melalui daun dan penyerapan dari sedimen melalui sistem akar atau rhizoma (Azzahra *et al.*, 2022). Meskipun kedua jalur ini sama-sama berperan, penyerapan nutrien dari sedimen umumnya lebih dominan dibandingkan dengan dari kolom air, terutama di daerah tropis, karena konsentrasi nutrien pada air permukaan relatif rendah, sedangkan konsentrasi pada air pori sedimen jauh lebih tinggi (Makatita *et al.*, 2016). Nutrien dalam sedimen tersedia dalam tiga bentuk, yaitu terlarut, teradsorpsi pada permukaan partikel sedimen, serta terikat dalam struktur butiran sedimen.

Fosfat sebagai salah satu unsur hara esensial masuk ke dalam perairan melalui proses pelapukan material daratan yang terbawa dalam bentuk terlarut maupun partikulat, kemudian mengalami pengendapan di sedimen maupun di kolom air (Meirinawati *et al.*, 2017). Dalam sedimen, fosfat berperan penting dalam metabolisme, pembentukan protein, serta mendukung pertumbuhan vegetasi lamun. Kandungan bahan organik dalam sedimen turut memengaruhi ketersediaan fosfat, yang ditentukan oleh jenis substrat, ukuran butiran sedimen, serta pergerakan arus (Handayani *et al.*, 2016). Gambar 2 berikut menunjukkan contoh siklus fosfor.



Gambar 2. Siklus Fosfor (Lestari, 2020)

Proses penyerapan fosfat berlangsung melalui dua mekanisme utama. Pada kolom air, fosfat yang berada dalam bentuk ortofosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) diserap langsung melalui jaringan daun. Penyerapan ini relatif terbatas, karena konsentrasi fosfat di air permukaan sering kali rendah, terutama di perairan tropis. Sebaliknya, pada sedimen, fosfat lebih banyak tersedia dalam air pori yang berasal



dari proses difusi substrat (Handayani *et al.*, 2016). Fosfat tersebut diserap melalui akar dan rimpang lamun, kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tanaman untuk menunjang fungsi fisiologis, seperti fotosintesis, pembelahan sel, dan pembentukan biomassa.

## **2.8. Arahkan Pengelolaan**

Ekosistem lamun di Perairan Desa Pengudang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Lamun berfungsi sebagai habitat bagi berbagai biota laut, penstabil sedimen, serta pelindung alami pantai dari abrasi. Namun, penurunan luasan padang lamun akibat aktivitas antropogenik menunjukkan perlunya upaya pengelolaan yang lebih baik dan berkelanjutan. Kondisi ekosistem lamun sangat rentan terhadap perubahan kualitas perairan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah domestik, aktivitas wisata, serta aktivitas pesisir lainnya yang dapat memengaruhi kondisi lingkungan perairan.

Pengelolaan ekosistem lamun di wilayah pesisir Desa Pengudang perlu dilakukan melalui perlindungan, konservasi, dan rehabilitasi habitat lamun secara berkelanjutan. Kondisi kualitas perairan, terutama kandungan fosfat di air dan sedimen, menjadi salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan karena berhubungan dengan pertumbuhan dan kepadatan lamun. Peningkatan konsentrasi fosfat yang berlebihan dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi di perairan dan memengaruhi kestabilan ekosistem lamun. Oleh karena itu, pengelolaan wilayah pesisir perlu diarahkan pada pengendalian sumber pencemar melalui pengelolaan limbah domestik secara terpadu, pengawasan aktivitas masyarakat pesisir, serta pengaturan pemanfaatan ruang pesisir secara berkelanjutan.

Upaya konservasi lamun dapat dilakukan melalui perlindungan kawasan yang masih memiliki kondisi lamun baik dan kepadatan tinggi. Kawasan tersebut perlu diprioritaskan sebagai zona perlindungan atau konservasi untuk menjaga kestabilan substrat dan kualitas perairan. Penerapan zonasi wilayah pesisir menjadi salah satu langkah penting untuk mengatur pemanfaatan ruang laut agar tidak menimbulkan tekanan berlebih terhadap ekosistem lamun. Selain itu, pengawasan terhadap pembuangan limbah ke perairan perlu diperketat guna

mencegah peningkatan kandungan nutrisi yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

Pemantauan kualitas perairan secara berkala juga menjadi bagian penting dalam upaya pengelolaan lamun. Parameter fisika-kimia perairan, seperti fosfat, pH, suhu, salinitas, DO, dan kekeruhan perlu dipantau secara rutin untuk memastikan kondisi lingkungan tetap sesuai bagi pertumbuhan lamun. Rustam *et al.* (2021) menyatakan bahwa kualitas perairan merupakan faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan dan keberlangsungan ekosistem lamun, terutama pada wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh aktivitas daratan.

Selain perlindungan dan konservasi, rehabilitasi lamun dapat dilakukan pada area yang mengalami penurunan kepadatan atau kerusakan habitat. Rehabilitasi umumnya dilakukan melalui transplantasi jenis lamun lokal, seperti *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii*, dengan memperhatikan kesesuaian substrat, tingkat kekeruhan, serta kondisi kualitas perairan agar lamun dapat tumbuh secara optimal.

Dalam pelaksanaannya, pengelolaan ekosistem lamun memerlukan keterlibatan pemerintah, masyarakat, dan lembaga penelitian melalui edukasi, pengawasan kawasan pesisir, serta peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kualitas lingkungan perairan (Habibah *et al.*, 2023). Kolaborasi antar pihak tersebut diperlukan dalam pelaksanaan maupun evaluasi kebijakan pengelolaan pesisir secara berkelanjutan. Dengan adanya perlindungan habitat, pengendalian masukan nutrisi, penerapan kebijakan pengelolaan pesisir yang berkelanjutan, serta rehabilitasi habitat lamun, ekosistem lamun di Perairan Desa Pengudang diharapkan tetap terjaga dan mampu mendukung keseimbangan ekosistem pesisir secara berkelanjutan.