

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rumput laut merupakan salah satu komoditas yang potensial dimanfaatkan karena mempunyai pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan dan modal yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan komoditas lainnya. Salah satu jenis rumput laut yang potensial dikembangkan yaitu rumput laut jenis *Asparagopsis taxiformis*. *Asparagopsis taxiformis* merupakan rumput laut merah yang hidup di perairan tropis maupun hangat (Goldman et al., 2021). Makroalga merah dari genus *Asparagopsis* merupakan penghasil senyawa alami bioaktif yang produktif, khususnya senyawa terhalogenasi dengan sifat antimikroba yang kuat, serta mampu mengurangi metana (CH_4) karena adanya metabolit sekunder terutama senyawa terhalogenasi yaitu bromoform (CHBr_3), metabolit ini secara alami diproduksi oleh makroalga merah sebagai mekanisme dalam pertahanan terhadap predator (Kladi et al., 2004; Paul et al., 2006; Machado et al., 2016b).

Asparagopsis taxiformis memiliki banyak manfaat dalam pengurangan gas metana atau CH_4 penyebab pemanasan global. Kinley et al., (2016a) menyimpulkan bahwa *Asparagopsis* spp, menunjukkan potensi paling besar untuk mengurangi CH_4 . *Asparagopsis taxiformis* dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada pakan ruminansia (Jia et al., 2022). Penambahan *Asparagopsis taxiformis* pada pakan ternak ruminansia dapat menurunkan kandungan gas metana hingga 80 % (Roque et al., 2021). Stefenoni et al., (2021) menemukan bahwa *Asparagopsis taxiformis* terbukti efektif dalam mengurangi CH_4 pada pencernaan sapi perah, meskipun sering disertai penurunan produksi susu. CH_4 merupakan penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terbesar dari sistem produksi peternakan (Roque et al., 2021).

Potensi dan manfaat dari rumput laut yang sangat besar sebagai tambahan bahan pakan, peningkatan sistem imun, ketahanan pathogen, perubahan mikrobiota usus dan peningkatan pertumbuhan pada budidaya ikan salmon dan ikan baronang, serta dapat meningkatkan sistem kekebalan pada udang windu (Manilal et al., 2013; Marino et al., 2016; Thépot et al., 2021; Thepot et al., 2022). Berbagai manfaat pada *Asparagopsis taxiformis* maka akan menjadi daya tarik seseorang untuk melakukan usaha budidaya *Asparagopsis taxiformis*. Pemanfaatan *Asparagopsis taxiformis* masih terbatas dan masih dalam tahap pengembangan. Thepot et al., (2021) mendeskripsikan bahwa tempat budidaya komersil rumput laut *Asparagopsis taxiformis* saat ini masih dalam pengembangan. Hambatan pada pengembangan rumput laut *Asparagopsis taxiformis* terletak pada teknik budidaya yang terukur dan berkelanjutan dalam memastikan produksi yang stabil setiap tahun (Zhu et al., 2021).

Produksi pangan melalui budidaya rumput laut adalah salah satu agen terbaik dalam produksi pangan secara berkelanjutan, dan mungkin merupakan salah satu sumberdaya yang paling besar yang belum dieksplorasi secara optimal. Budidaya rumput laut dapat menghadirkan sumberdaya biomassa yang berkelanjutan dan

terbarukan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat di bawah tekanan perubahan iklim, penangkapan ikan yang berlebihan, dan industri yang terus berkembang. Rumput laut dan lautan adalah harapan masa depan manusia. Rumput laut tumbuh lebih cepat dari pada tanaman darat manapun, dan kenyataan bahwa 70% permukaan bumi ditutupi oleh lautan menghadirkan wilayah pesisir yang luas dan tersedia untuk menjadi area budidaya rumput laut (Tuwo et al., 2020). Untuk menghasilkan biomassa, tanpa konflik penggunaan lahan, tidak membutuhkan air tawar, pupuk, dan pestisida (Tresnati et al., 2022).

Parameter fisika-kimia pada perairan laut sangat berkaitan dengan keberadaan *Asparagopsis taxiformis*, di mana kedua parameter ini merupakan salah satu syarat yang memengaruhi keberadaa *Asparagopsis taxiformis* di habitat alaminya, jika parameter fisika-kimia sesuai dengan rumput laut maka kelimpahan rumput laut di perairan tersebut akan banyak, begitu pula sebaliknya jika parameter fisika-kimia kurang sesuai maka kelimpahan rumput laut di perairan tersebut akan kurang bahkan tidak ada. Maka dari itu kedua parameter ini salah satu faktor yang memengaruhi keberadaan *Asparagopsis taxiformis*. menganalisis kondisi *Asparagopsis taxiformis* di hábitat alaminya salah satu langkah awal dalam kegiatan budidaya. Produksi *Asparagopsis taxiformis* melalui budidaya masih pada tahap uji coba dan sangat sedikit informasi hasil penelitian mengenai budidaya *Asparagopsis taxiformis* skala komersial. Budidaya *Asparagopsis taxiformis* dalam skala komersial merupakan topik yang semakin diminati dan memerlukan kemampuan menghasilkan biomassa yang tinggi sehingga perlu memahami kondisi abiotik yang mendorong laju pertumbuhan lebih tinggi (Goldman et al., 2021).

Dari penelusuran hasil penelitian sebelumnya Publikasi ilmiah terkait paramater fisika-kimia perairan sangat sedikit, ditemukan hanya empat publikasi ilmiah tentang intensitas cahaya (Goldman et al., 2021; Dishon et al., 2023). hanya satu publikasi ilmiah tentang suhu (Mata et al., 2017). Hanya dua publikasi ilmiah tentang habitat (Padilla-Gamino & Carpenter, 2007; Mancuso et al., 2022). Publikasi ilmiah tentang *Asparagopsis taxiformis*, belum ada tentang parameter fisika, kimia seperti (pH, Salinitas, oksigen terlarut, karbon dioksida, nitrat, fosfat, amoniak, ammonium dan alkalinitas perairan) yang baik untuk kehidupan *Asparagopsis taxiformis* pada media budidaya dan habitat alamiahnya.

Berdasarkan hasil penelusuran publikasi ilmiah yang menunjukkan sangat sedikitnya data ilmiah terkait dengan parameter fisika-kimia rumput laut *Asparagopsis taxiformis*, maka dirumuskan 2 masalah *Asparagopsis taxiformis* yang mendesak untuk dikaji untuk mendukung percepatan domestikasi dalam rangka diversifikasi produk hasil laut, yaitu: (1) Kajian parameter fisika perairan (kecepatan arus, kekeruhan air, intensitas cahaya, kedalaman, suhu, tinggi gelombang, tinggi pasang, substrat, dan surut terendah). (2) Kajian parameter kimia perairan (pH, oksigen terlarut, salinitas, karbon dioksida, amoniak, nitrat, fosfat, ammonium, dan alkalinitas).

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana parameter fisika perairan yang memengaruhi keberadaan rumput laut *Asparagopsi taxiformis*
2. Bagaimana parameter kimia perairan yang memengaruhi keberadaan rumput laut *Asparagopsi taxiformis*

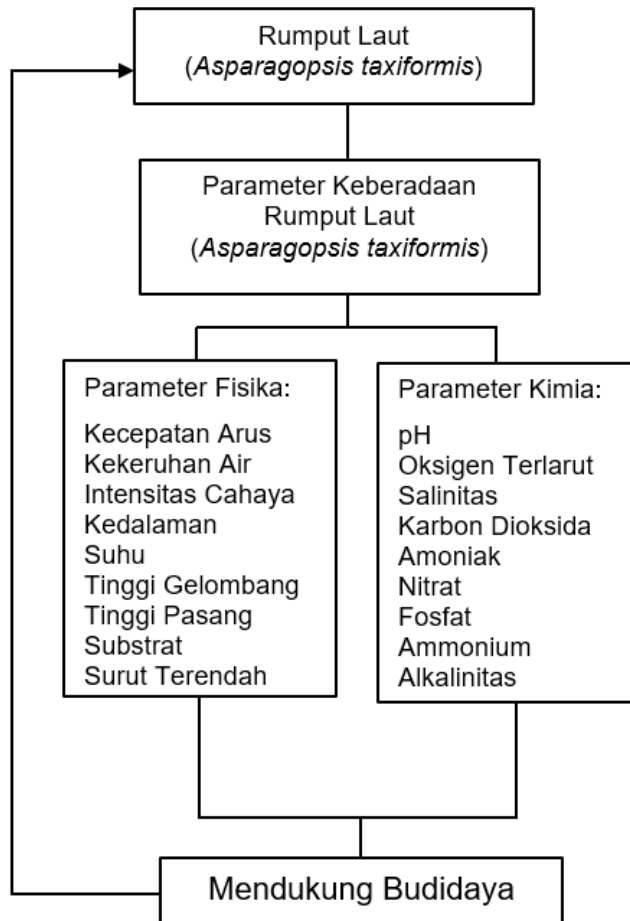
1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis parameter fisika perairan yang memengaruhi keberadaan rumput laut *Asparagopsi taxiformis*
2. Menganalisis parameter kimia perairan yang memengaruhi keberadaan rumput laut *Asparagopsi taxiformis*

1.4. Manfaat Penelitian

1. Menjadi informasi penting terkait parameter fisika-kimia, yang memengaruhi keberadaan rumput laut (*Asparagopsis taxiformis*)
2. Menjadi sumber informasi kepada akademisi dan masyarakat khusus para pembudidaya rumput laut (*Asparagopsis taxiformis*) dan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam upaya pengelolaan rumput laut *Asparagopsis taxiformis*.

1.1. Kerangka Pikir



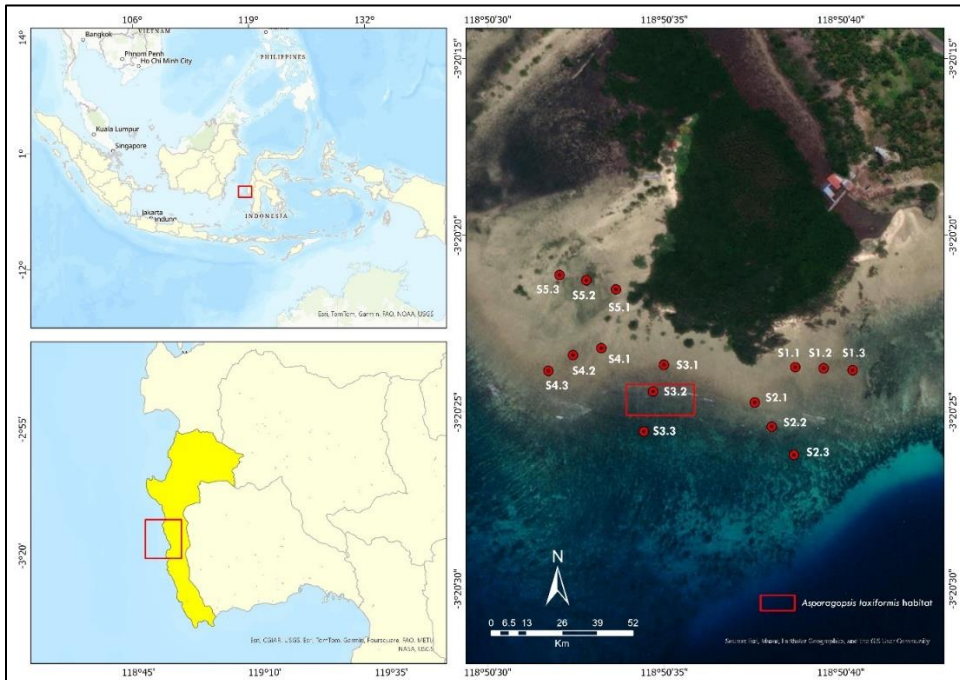
Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

Asparagopsis taxiformis perlu diteliti untuk mengetahui parameter-parameter yang memengaruhi keberadaan di habitat alaminya, parameter fisika yang memengaruhi keberadaan *Asparagopsis taxiformis* meliputi kecepatan arus, kekeruhan air, intensitas cahaya, suhu, tinggi gelombang, tinggi pasang, substrat, dan surut terendah. Sedangkan parameter kimia meliputi pH, oksigen terlarut, salinitas, karbon dioksida, amoniak, nitrat, fosfat, ammonium, dan alkalinitas. Parameter fisika-kimia *Asparagopsis taxiformis* di habitat alaminya jika sudah diketahui maka dapat dijadikan rujukan atau referensi untuk mendesain tempat budidayanya di wadah yang terkontrol. Adapun kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2024 di Perairan Pesisir Baluno, Desa Binanga, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat dan laboratorium Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Adapun peta dan lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi penelitian. Keterangan S1 Stasiun (1), S2 Stasiun (2), S3 Stasiun (3), S4 Stasiun (4), S5 Stasiun (5).

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut *Asparagopsis taxiformis* sebagai sampel penelitian, air tawar sebagai bahan kalibrasi alat, dan tisu sebagai pembersih alat penelitian.

2.2.2 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel1:

Tabel 1. Alat yang digunakan selama penelitian

No	Nama alat	Kegunaan	Keterangan
1	<i>Current Meter</i>	Mengukur kecepatan arus	In situ
2	<i>Turbidity meter</i>	Mengukur kekeruhan air	Laboratorium
3	<i>Lux meter</i>	Mengukur intensitas cahaya	In situ
4	Tiang skala	Mengukur kedalaman air dan tinggi gelombang	In situ
5	Hand refraktometer	Mengukur salinitas	In situ
6	<i>Water qualiti tester</i>	Mengukur pH dan suhu	In situ
7	DO meter	Mengukur oksigen terlarut	In situ
8	Erlenmeyer dan Buret	mengukur karbon dioksida dan alkalinitas	In situ dan Laboratorium
9	Pipet tetes	mengambil dan mengukur sampel air	In situ dan Laboratorium
10	<i>Spectrophotometer</i>	Mengukur, Karbon dioksida, amoniak, nitrat, fosfat, ammonium dan alkalinitas	Laboratorium
11	Transek kuadran	Mengetahui kondisi ekosistem rumput laut	In situ
12	Botol sampel air	Menyimpan sampel air laut	Laboratorium
13	Kamera	Mengambil dokumentasi	In situ
14	Tali	Penanda pada transek	In situ
15	Masker selam	Mengamati keberadaan rumput laut	In situ
16	Buku dan pulpen	Mencatat hasil observasi	In situ

2.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua kegiatan utama yang dilakukan, yaitu kajian parameter fisika perairan dan parameter kimia perairan, yang dilakukan secara langsung di lapangan dan di laboratorium untuk mengetahui parameter alami yang memengaruhi keberadaan *Asparagopsis taxiformis*.

2.4 Persiapan Penelitian

Tahap awal kegiatan yang dilakukan adalah konsultasi dengan pembimbing, pengumpulan referensi dan literatur pendukung, serta pengumpulan data penunjang yang berhubungan dengan kajian penelitian. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan, yang bertujuan untuk memperoleh gambaran kondisi umum lokasi penelitian.

2.5 Penentuan Stasiun

Stasiun penelitian ditentukan sebanyak 5 stasiun yang terletak pada sebelah barat pulau, yang merupakan daerah penyebaran *Asparagopsis taxiformis*. Pada setiap 1 stasiun terdapat 3 titik ulangan. Daerah observasi juga dibatasi oleh kedalaman, yaitu kedalaman yang ditentukan ≤ 3 meter, mengingat *Asparagopsis taxiformis* di lokasi

penelitian ditemukan pada kedalaman air tidak lebih dari 3 meter. Alat yang digunakan dalam pengambilan data yaitu alat selam dasar.

Pengambilan data dilakukan setiap bulan selama enam bulan. Parameter yang diukur meliputi kecepatan arus, kekeruhan air, intensitas cahaya, kedalaman, suhu, tinggi gelombang, tinggi pasang, substrat, surut terendah, pH, oksigen terlarut, salinitas, karbon dioksida, amoniak, nitrat, dan fosfat, ammonium dan alkalinitas.

Pengukuran parameter, kecepatan arus, intensitas cahaya, kedalaman, suhu, tinggi gelombang, tinggi pasang, substrat, surut terendah, pH, oksigen terlarut, salinitas, karbon dioksida, dilakukan secara langsung di lapangan. Sedangkan pengukuran parameter kekeruhan, amoniak, nitrat, fosfat, ammonium dan alkalinitas dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan (FIKP) Universitas Hasanuddin. Tahap-tahap pelaksanaan Penelitian sebagai berikut:

2.6 Metode Pengukuran Parameter Fisika-kimia

2.6.1 Kecepatan Arus

Metode pengukuran kecepatan arus dilakukan dengan menggunakan alat *current meter Flawatch* FI-03. Cara penggunaan alat ini dimulai dengan menyambungkan kabel ke monitor *current meter* yang telah terhubung dengan baling-baling alat. Setelah tersambung, alat dihidupkan dengan menekan tombol daya (*power*). Selanjutnya, baling-baling dimasukkan ke dalam air, dan kecepatan arus dapat dibaca pada monitor. Hasil pengamatan tersebut kemudian dicatat. Penggunaan alat ini dilakukan dengan menenggelamkan baling-baling pada *current meter* hingga angka kecepatan yang ditampilkan di layar menunjukkan nilai yang stabil (Chang & Indriaty, 2017).

2.6.2. Kekeruhan Air

Metode pengukuran kekeruhan air yaitu menggunakan prinsip kerja metode nephelometri dilakukan dengan membandingkan intensitas cahaya yang dibiaskan. Adapun cara kerjanya yaitu turbidimeter dinyalakan dengan menggunakan tombol on, lalu instrumen akan berada dalam mode normal (auto) lalu instrumen panaskan selama 30 menit. Kemudian kalibrasi alat turbidimeter dengan menekan tombol call, lalu standar dimasukkan sebanyak 1000,10 dan 0,02 NTU secara bergantian lalu enter ditekan. Jika nilai di display alat menunjukkan nilai sama dengan nilai standar maka turbidimeter berfungsi dengan baik dan siap digunakan. Kalibrasi dilakukan untuk memastikan hasil pembacaan sensor akurat, yaitu dengan membandingkannya dengan alat ukur yang telah memenuhi standar dan memiliki keakuratan yang terverifikasi (Khoerun, Fitriyanto dan Fatwasauri, 2025).

Selanjutnya sampel dimasukkan sebanyak 100 ml kedalam kuvet sampel yang bersih dan kering, bilas kuvet dengan air sampel sekitar 20 ml (2/3 dari volume kuvet), tutup. Bolak-balikkan beberapa kali lalu buang. Kemudian isi kuvet yang sudah dibilas dengan air sampel sebanyak 30 ml lalu tutup, pastikan bagian luar kuvet kering. Selanjutnya kuvet dimasukkan kedalam sumur optic turbidimeter lalu menekan

tombol enter untuk menampilkan nilai kekeruhan pada display. Jika nilai kekeruhan sudah muncul lalu mencatat hasilnya. Pengukuran data menggunakan alat turbidimeter dilakukan dengan menggunakan botol sampel (botol kaca kecil) untuk memasukkan sampel air. Botol sampel tersebut dimasukkan air dengan batas yang sudah ditentukan, kemudian botol dimasukkan pada alat turbidimeter, terakhir penutup alat ditutup dan menekan tombol read. Maka nilai kekeruhan air akan muncul pada layar digita. Sampel dimasukkan ke dalam sel sampel, lalu ditempatkan di dalam turbidimeter, nilai kekeruhan secara otomatis ditampilkan pada layar instrument (Fahirah, Yusuf dan Wulandari, 2024).

2.6.3. Intensitas Cahaya

Metode pengukuran intensitas cahaya yaitu menggunakan alat digital lux meter AS803, di mana langkah pertama menggunakan alat ini yaitu membuka penutup sensor lux meter, lalu menekan tombol *power* untuk menyalakan alat, kemudian diamati hasil di layar lux meter, jika angka di layar monitor berhenti selanjutnya menekan tombol *cal* dan mencatat hasilnya di kertas pengamatan.

Cara penggunaan lux meter Menurut Parera et al., (2018) nyalakan lux meter yang telah dikalibrasi dengan membuka penutup sensor, lalu bawa alat ke tempat titik pengukuran yang telah ditentukan, baik pengukuran untuk intensitas penerangan setempat atau umum, kemudian baca hasil pengukuran pada layar monitor setelah menunggu beberapa saat sehingga didapat nilai angka yang stabil lalu terakhir catat hasil pengukuran pada lembar hasil pencatatan dan terakhir matikan lux meter setelah selesai dilakukan pengukuran intensitas penerangan.

2.6.4. Kedalaman Perairan

Metode pengukuran kedalaman perairan dengan menggunakan tiang skala meter adapun cara pengukurannya yaitu memasukkan ujung tiang skala ke dalam dasar perairan dan melihat angka pada tiang skala di atas permukaan air, lalu mencatat hasil dari pengukuran tersebut. Cara pengukuran kedalaman Menurut Kusumawati et al., (2018) yaitu Kedalaman perairan diukur menggunakan kayu yang telah diukur panjangnya. Dengan cara pancangkan kayu tersebut hingga kedasar perairan, kemudian ukur berapa panjang kayu yang masuk kedalam air.

2.6.5. Suhu

Metode pengukuran suhu yaitu menggunakan alat digital *water quality tester* temperatur di mana langkah awal menggunakan alat ini yaitu alat penutup sensor dibuka, lalu menekan tombol *power* untuk menyalakan alat, kemudian memasukkan ujung sensor di air yang ingin diamati dan tunggu beberapa menit lalu mengamati hasilnya pada alat tersebut, dan mencatat hasilnya. Suhu air dengan menggunakan termometer air raksa yang dimasukkan ke dalam sampel air dan didiamkan selama 10 menit dan diambil sebanyak 2 kali ulangan pada setiap lokasi kemudian dilihat skalanya dan dilihat hasilnya (Komariah et al., 2020).

2.6.6. Tinggi Gelombang

Metode pengukuran tinggi gelombang yaitu dengan menggunakan tiang skala. Penggunaan tiang skala ini yaitu dimasukkan secara tegak lurus ke dalam perairan sampai ujung tiang mencapai dasar perairan, kemudian diukur tinggi muka air pada skala dan dicatat hasilnya. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan dengan 20 ulangan, sesuai dengan metode (Triatmodjo, 1999). Pengukuran minimal dilakukan dengan 2 orang. Orang pertama berdiri tegak pada garis pantai rata-rata memegang papan skala yang sudah diberi skala tiap sentimeter dan meter. Orang kedua berdiri menghadap papan skala sehingga dapat melihat gelombang yang datang di lepas pantai sejajar pada satu garis dengan puncak gelombang dengan papan skala. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan dengan cara membaca puncak gelombang maksimum dan lembah gelombang (gelombang minimum) pada permukaan laut (Putri et al., 2022). Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan dapat dilakukan pengolahan data tinggi gelombang signifikan. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$H_s = H_{33\%} \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}$$

$$N = 33,3 \% \times \text{jumlah data}$$

Keterangan: H_s = tinggi gelombang signifikan (m)
 n = jumlah data

2.6.7. Tinggi Pasang

Metode pengukuran tinggi pasang air laut dilakukan dengan menggunakan tiang skala. Dalam penggunaannya, tiang skala diposisikan secara tegak lurus ke dalam perairan hingga ujungnya menyentuh dasar. Setelah itu, tinggi permukaan air laut diamati melalui skala yang terdapat pada tiang, dan hasil pengamatan dicatat. Pengukuran tinggi pasang dilakukan dengan mencermati ketinggian air laut pada saat pasang tertinggi. Pasang surut air laut dapat diukur dengan berbagai alat, mulai dari metode paling sederhana berupa pengamatan manual dengan membaca skala pada rambu ukur (Handoko et al., 2024).

2.6.8. Substrat Perairan

Metode pengamatan substrat dasar perairan dilakukan dengan melihat langsung kondisi dasar dengan cara menyelam untuk mengetahui kondisi dasar menggunakan *snorkeling*, apakah berbatu, berpasir, atau campuran batu dan pasir, setelah mengetahui kondisi dasar maka dilakukan pencatatan hasil pengamatan terkait kondisi substrat dasar perairan. Pengamatan dilakukan pada saat air surut. Pengamatan kondisi dasar laut seperti karang dilakukan dengan cara alat scuba (Rahmadanty et al., 2022).

2.6.9. Surut Terendah

Metode pengukuran surut terendah air laut dilakukan dengan menggunakan tiang skala. Dalam penggunaannya, tiang skala diposisikan secara tegak lurus ke dalam perairan hingga ujungnya menyentuh dasar. Setelah itu, tinggi permukaan air laut diamati melalui skala yang terdapat pada tiang, dan hasil pengamatan dicatat. Pengukuran surut terendah dilakukan dengan mencermati ketinggian air laut pada saat surut terendah. Pasang surut air laut dapat diukur dengan berbagai alat, mulai dari metode paling sederhana berupa pengamatan manual dengan membaca skala pada rambu ukur (Handoko et al., 2024).

2.6.10. pH

Metode pengukuran pH dilakukan menggunakan alat *water quality tester digital*. Pada tahap awal penggunaan, pH meter dinyalakan, kemudian sensor pH dicelupkan ke dalam perairan yang akan diamati hingga mencapai batas tertentu. Nilai pH dapat diamati melalui layar alat, dan apabila angka yang ditampilkan sudah stabil, hasilnya dapat dicatat pada lembar pengamatan. Sebelum digunakan, pH meter perlu dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan larutan penyangga agar hasil pengukuran lebih akurat. Kalibrasi pH meter dilakukan menggunakan larutan penyangga sesuai dengan petunjuk kerja alat sebelum setiap pengukuran (Khoerun, Fitriyanto dan Fatwasauri, 2025). Untuk sampel uji yang memiliki suhu ruang, prosedur pengujian dimulai dengan mengeringkan elektrode menggunakan tisu, kemudian membilasnya dengan air suling, setelah itu, elektrode dicelupkan ke dalam sampel hingga pembacaan pH pada layar alat menunjukkan nilai yang stabil. Nilai pH yang ditampilkan kemudian dicatat sebagai hasil pengukuran (Bayu dan Sugito 2017).

Pengukuran pH dilakukan secara langsung dengan mencelupkan ujung sensor ke dalam cairan. Sensor ini berbentuk bola kaca yang sensitif terhadap ion, dan akan terjadi pertukaran ion antara elektrolit di dalam sensor dengan larutan yang diukur. Pertukaran ion tersebut menghasilkan aliran listrik yang memungkinkan pengukuran menggunakan potensiometer (pH meter). Dengan demikian, pH meter (probe) dapat membaca nilai pH dari sampel air yang diamati (Hariyadi et al., 2020).

2.6.11. Dissolved Oxygen (DO) atau Oksigen Terlarut

Metode pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan alat Lutron DO-5519 meter. Penggunaan alat ini dimulai dengan menyalakan DO meter dan membiarkannya menjalani proses kalibrasi otomatis melalui hitungan mundur. Setelah proses tersebut selesai, alat siap digunakan untuk pengukuran. Sensor atau pena DO meter kemudian dicelupkan ke dalam air yang akan diukur kadar oksigen terlarutnya. Ketika angka pada layar telah stabil, nilai tersebut dianggap sebagai hasil pengukuran dan dapat dicatat sebagai data oksigen terlarut. Sebelum pengukuran, DO meter perlu dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan akurasi hasil. Metode pengukuran dilakukan dengan mengamati nilai DO yang ditampilkan pada layar

digital hingga nilai tersebut stabil atau tidak mengalami perubahan (Prima et al., 2016).

2.6.12. Salinitas

Metode pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer. Sebelum digunakan, prisma pada refraktometer dibersihkan terlebih dahulu menggunakan aquades, kemudian dikeringkan dengan tisu. Apabila refraktometer telah dikalibrasi, maka alat tersebut siap digunakan untuk mengukur salinitas air. Proses pengukuran salinitas dimulai dengan pengambilan sampel air menggunakan pipet tetes. Setelah itu, pelat prisma dibuka, dan air sampel diteteskan sebanyak 1-3 tetes ke permukaan prisma refraktometer. Pelat kemudian ditutup secara hati-hati, dan pengamatan dilakukan melalui lensa pengintai pada bagian ujung refraktometer. Nilai salinitas dapat terlihat pada perbatasan antara warna putih dan biru pada skala pengukuran. Pengukuran salinitas dilakukan dengan mengamati tampilan garis putih melalui lensa refraktometer, yang menunjukkan besarnya nilai salinitas air (Prima et al., 2016).

Setelah pengukuran selesai, penutup refraktometer dibuka dan prisma dibersihkan kembali menggunakan aquades. Sampel air kembali diteteskan ke prisma yang telah bersih, kemudian pelat ditutup dan refraktometer diarahkan ke sumber cahaya (seperti cahaya matahari) untuk pengamatan. Pengukuran ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan (Komariah et al., 2020).

2.6.13. Karbon Dioksida

Metode pengukuran karbon dioksida menggunakan metode titrasi, Adapun cara pengambilan sampel dan penggunaannya yaitu Pengambilan sampel air untuk sistem CO₂ dilakukan pada lapisan permukaan (0-1 meter). Sampel air dimasukkan ke dalam botol sampel dan disimpan pada coolbox yang sudah ditambahkan es batu agar suhu rendah untuk mencegah terlepasnya CO₂. Kemudian untuk mengetahui CO₂ air sampel yaitu air sampel dimasukkan ke Erlenmeyer dengan hati-hati, lalu menambahkan 3-4 tetes indikator pp, jika sampel berwarna pink berarti CO₂ tidak ada, jika air tidak berwarna jika sudah ditambahkan indikator pp berarti sampel air memiliki CO₂. Menurut Prasetyawan dan Rifai (2017) Penambahan 5 tetes indikator PP (*Phenolphthalein*) dilakukan pada sampel, kemudian dilakukan titrasi menggunakan larutan Na₂CO₃ 0,1 N hingga larutan menunjukkan perubahan warna menjadi merah muda sebagai titik akhir titrasi. Kemudian titrasi dengan sodium karbonat (Na₂CO₃) 0,04554 N. menghitung kadar CO₂ dengan rumus:

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/L)} = \frac{\text{mL titran} \times N \text{ titran} \times 44/2 \times 1000}{\text{volume sampel (25 mL)}}$$

2.6.14. Amoniak

Metode pengukuran amoniak yaitu menggunakan alat *spectrophotometer* di mana terlebih dahulu menyaring air sampel sebanyak 25-50 ml dengan kertas saring whatman no 42 atau setara. Lalu air yang sudah disaring dimasukkan ke botol sampel sebanyak 25 ml, kemudian menambahkan 1 ml larutan *phenol* dan larutan natrium nitroprusside lalu diaduk, selanjutnya tambahkan 2,0 ml larutan pengosid amoniak (campuran dari Na-hypoklorit dan Na-citrat 1:4) lalu aduk, dan tunggu sampai 30 menit agar terjadi reaksi yang sempurna, terakhir sampel air dimasukkan ke alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 560 nm. Intensitas perubahan warna ini berhubungan langsung dengan konsentrasi amoniak (Li et al., 2020).

2.6.15. Nitrat

Metode pengukuran nitrat yaitu menggunakan alat *spectrophotometer* di mana terlebih dahulu menyaring air sampel sebanyak 25-50 ml dengan kertas saring whatman no 42 atau setara, selanjutnya masukkan air sampel pada pipet 5,0 ml dan masukkan ke tabung reaksi, kemudian tambahkan brucine sebanyak 0,5 ml lalu aduk dan diamkan 2-4 menit jangan lebih dari waktu itu, selanjutnya tambahkan asam sulfat pekat lalu aduk dan biarkan sampai dingin, kemudian buat larutan blanko dari 5,0 ml aquades lalu aduk dan tunggu sampai 2-4 menit atau sampai dingin.

Selanjutnya buat satu seri larutan standar nitrat dengan konsentrasi (ppm) sebagai berikut: 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; dari larutan standar 1 ppm, dengan pengenceran yang tepat maka gunakan pipet tetes dan labu takaran yang sesuai. Kemudian dengan larutan blanko dan panjang gelombang 420 nm, set spektrofotometer pada absorbance = 0,000 kemudian ukur sampel dan larutan standar, terakhir menentukan konsentrasi nitrat. Penentuan kadar nitrat dilakukan dengan metode spektrofotometer (SNI 06- 2480-1991) menggunakan metode brusin dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm (Putri et al., 2019).

2.6.16. Fosfat

Metode pengukuran fosfat yaitu menggunakan alat *spectrophotometer* di mana terlebih dahulu menyaring 25-50 ml air sampel air dengan milipore um, kemudian sampel air yang sudah tersaring diambil sebanyak 2 ml menggunakan pipet dan masukkan ke dalam labu ukuran 50 ml, lalu tambahkan 3 ml *ammonium molybdate* dan 2,5 ml di masukkan dalam labu ukur 50 ml lalu tambahkan 2 ml asam borat 1% asam ascorbic 1% kemudian dihipitkan dengan aquades hingga tanda garis, lalu homogenkan dan diamkan selama 30 menit, lalu buat larutan blanko dari aquades sebanyak 2 ml, kemudian buat larutan standar *orthophosphate* dengan konsentrasi :0,01; 0,05; 0,10; 0,25; 0,50; 0,75; dan 1,00 ppm-p dari larutan standar 5 ppm-p, setelah didiamkan sampel dan larutan di ukur dengan alat spektrofotometer pada Panjang gelombang 650 nm dan hasil dari nilai posfat tinggal dimasukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai fosfat yang sebenarnya. Penentuan kadar fosfat

dilakukan dengan metode spektrofotometer secara asam askorbat (SNI 06-6989.31-2005). Prinsip kerja metode ini adalah pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru, selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks *Molybdenum*. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700nm-880nm (Putri et al., 2019).

2.6.17. Ammonium

Metode pengukuran ammonium yaitu menggunakan alat *spectrophotometer* di mana terlebih dahulu menyaring air sampel sebanyak 25-50 ml dengan kertas saring whatman no 42 atau setara. Lalu air yang sudah disaring dimasukkan ke botol sampel sebanyak 25 ml, kemudian menambahkan 1 ml larutan phenol dan larutan natrium nitroprusside lalu di aduk, selanjutnya tambahkan 2,0 ml larutan pengosid ammonia (campuran dari Na-hypoklorit dan Na-citrat 1:4) lalu aduk, dan tunggu sampai 30 menit agar terjadi reaksi yang sempurna, terakhir sampel air dimasukkan ke alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 560 nm. perubahan warna hasil analisis berhubungan dengan konsentrasi ammonium (Li et al., 2020).

2.6.18. Alkalinitas

Metode pengukuran alkalinitas yaitu menggunakan alat titrimetri di mana terlebih dahulu, mengambil air sampel yang ingin diamati kemudian pipet air sampel sebanyak 25,00 ml, lalu masukkan dalam erlenmeyer. Selanjutnya menambahkan 2 tetes indikator pp, apabila terbentuk warna pink maka dilanjutkan ke prosedur selanjutnya yaitu melakukan titrasi dengan HCL atau H₂SO₄ 0,02 N, hingga terjadi perubahan warna dari pink menjadi tidak berwarna. Lalu mencatat berapa mili titrasi digunakan misal (A ml), selanjutnya menambahkan indikator BCG+MR sebanyak 3-4 tetes, kemudian titrasi dengan titran yang sama hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi merah kebiruan, lalu mencatat volume titran yang digunakan misal (B ml). Metode konvensional ini biasanya menggunakan asam standar, seperti asam klorida (HCl), sebagai titran, total alkalinitas ditentukan oleh perubahan warna indikator pada titik akhir titrasi (Ahmad et al., 2024). Adapun rumus menghitung alkalinitas air sebagai berikut:

$$\text{Alkalinitas (mg/L CaCO}_3\text{)} = \frac{(A+B) \text{ mL} \times 100 / 2 \times 1000}{\text{Volume sampel (25 mL)}}$$

2.7. Metode Analisis Data

Analisis karakteristik variable dependen terhadap variabel independen dapat dianalisis dengan menggunakan Analisis Komponen Utama atau Principal Component Analysis (PCA) (Bengen, 2000). Analisis Komponen Utama merupakan metoda statistik deskriptif yang dapat digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk grafik dan informasi maksimum yang terdapat dalam suatu matriks data, yaitu individu statistik (baris) dan variabel lingkungan (fisik-kimia perairan) yang berbentuk kuantitatif (kolom) (Ulqodrya et al., 2010). Metode ini bertujuan mendeterminasi sumbu-sumbu optimum tempat diproyeksikannya individu-individu dan/atau variabel-variabel. Adapun variable independen adalah kecepatan arus, kekeruhan air, intensitas cahaya, kedalaman perairan, suhu, tinggi gelombang, tinggi pasang, substrat perairan, pH, oksigen terlarut, salinitas karbon dioksida, amoniak, nitrat, dan fosfat, ammonium, dan alkalinitas.