

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Kepulauan Spermonde yang terletak di lepas pantai barat Sulawesi Selatan merupakan salah satu gugus pulau kecil paling penting di Indonesia bagian tengah. Wilayah ini terdiri atas lebih dari 150 pulau yang membentang sejauh ± 60 km dari garis pantai Makassar hingga ke laut lepas (Kegler et al., 2017). Posisi geografisnya yang strategis menjadikannya zona transisi antara daratan dan lautan terbuka, dengan sistem arus dan sirkulasi yang kompleks. Kepulauan ini juga menjadi pusat aktivitas perikanan dan wisata bahari bagi masyarakat Sulawesi Selatan, sehingga menjadikan tekanan terhadap lingkungan pesisirnya semakin besar setiap tahun (Lanuru et al., 2018a). Kedekatan dengan Kota Makassar menyebabkan meningkatnya limpasan limbah dan aktivitas antropogenik yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan laut di kawasan ini.

Ekosistem laut di Kepulauan Spermonde didominasi oleh tiga komponen utama yaitu padang lamun, terumbu karang, dan perairan laut lepas, yang memiliki fungsi ekologis berbeda namun saling berhubungan erat. Padang lamun berperan sebagai tempat pembesaran (*nursery*) berbagai biota muda seperti ikan dan invertebrata, sekaligus menyerap karbon dan menstabilkan sedimen dasar laut (Barbier et al., 2011). Terumbu karang, di sisi lain, berperan sebagai habitat utama ribuan spesies biota laut dan sebagai pelindung alami pantai dari abrasi (Guannel et al., 2016; Sobha et al., 2023). Sementara itu, perairan laut lepas bertindak sebagai penyalur energi dan nutrisi yang menjaga keseimbangan produktivitas primer di wilayah pesisir (Alongi, 2022). Ketiga ekosistem ini menciptakan tatanan ekologis yang saling menguatkan, di mana gangguan pada satu elemen dapat berdampak luas terhadap keseluruhan jaringan kehidupan laut.

Masyarakat yang mendiami Kepulauan Spermonde memiliki keterkaitan ekonomi dan sosial yang kuat dengan lingkungan laut. Sebagian besar penduduk bergantung pada sektor perikanan tangkap, budidaya laut, dan wisata bahari (Vandenberg et al., 2020). Pulau Barrangcaddi, salah satu pulau berpenghuni padat di gugusan ini, merupakan pusat aktivitas ekonomi dan pendidikan kelautan. Namun, intensitas kegiatan manusia, seperti pembuangan limbah domestik, aktivitas pelabuhan kecil, dan peningkatan kunjungan wisata, telah meningkatkan tekanan terhadap lingkungan perairan (Sur et al., 2018). Ketergantungan ekonomi yang tinggi tanpa diimbangi pengelolaan berkelanjutan menjadi ancaman potensial bagi kelestarian ekosistem laut di wilayah ini.

Secara geografis, Pulau Barrangcaddi terletak sekitar 11 km dari Kota Makassar dan dikelilingi oleh perairan yang kaya akan biodiversitas, termasuk ekosistem lamun produktif. Namun, berbagai penelitian menunjukkan adanya penurunan biodiversitas di sekitar pulau ini akibat aktivitas manusia dan limpasan dari daratan (Kegler et al., 2018). Selain itu, peningkatan populasi penduduk pulau meningkatkan produksi limbah organik dan anorganik ke perairan sekitar (Kegler et al., 2018). Hal ini menjadikan Pulau Barrangcaddi representasi penting bagi studi ekosistem laut tropis yang mengalami tekanan antropogenik tinggi.



Kualitas air laut merupakan faktor kunci yang menentukan kelangsungan hidup ekosistem laut. Parameter seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), serta konsentrasi nutrisi (nitrat dan fosfat) menjadi indikator penting dalam menilai kondisi perairan (Zhang et al., 2020). Fluktuasi kecil dalam parameter tersebut dapat menyebabkan perubahan besar pada fisiologi organisme laut, pertumbuhan terumbu karang, dan produktivitas lamun (Donham et al., 2022). Misalnya, peningkatan suhu lebih dari 1-2°C dapat memicu pemutihan karang (*coral bleaching*), sedangkan tingginya kadar nutrisi dapat memicu eutrofikasi yang menurunkan kejernihan perairan (membatasi penetrasi cahaya) sehingga menghambat proses fotosintesis lamun (Pazzaglia et al., 2020). Oleh karena itu, pemantauan kualitas air menjadi dasar penting dalam pengelolaan ekosistem laut berkelanjutan.

Dalam dua dekade terakhir, beberapa pulau di Kepulauan Spermonde menunjukkan indikasi penurunan kualitas air yang nyata. Hasil pemantauan oleh Teichberg et al. (2018) memperlihatkan peningkatan konsentrasi nitrat dan fosfat di beberapa stasiun pengamatan akibat limpasan limbah domestik. Laporan lain menyebutkan bahwa tingkat oksigen terlarut di beberapa ekosistem lamun di wilayah ini menurun hingga di bawah 5 mg/L, yang menunjukkan indikasi eutrofikasi ringan (Rustiah et al., 2020). Fenomena ini juga berimplikasi pada penurunan tutupan karang hidup di sekitar pulau-pulau padat penduduk seperti Barranglompo dan Barrangcaddi (Kurniawati et al., 2023). Hal tersebut memperkuat dugaan adanya hubungan erat antara aktivitas manusia, kualitas air, dan kesehatan ekosistem laut di wilayah ini.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada satu ekosistem tertentu, seperti terumbu karang atau lamun, tanpa melakukan analisis lintas ekosistem secara komprehensif. Padahal, setiap ekosistem memiliki karakteristik dan dinamika fisika-kimia yang berbeda sehingga membutuhkan pendekatan perbandingan yang integratif. Ketiadaan data komparatif menyebabkan kesulitan dalam memahami interaksi antar ekosistem serta dalam merancang strategi konservasi yang efektif di wilayah Spermonde (Plass-Johnson et al., 2018).

Penelitian ini memiliki bobot karena berupaya mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dengan melakukan analisis komparatif kualitas air pada tiga tipe ekosistem yaitu lamun, karang, dan laut lepas di Pulau Barrangcaddi. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai variasi spasial dan ekologis antar ekosistem serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk kebijakan pengelolaan lingkungan laut terpadu, terutama dalam konteks pulau kecil padat penduduk seperti Barrangcaddi (Lanuru et al., 2018a).

Secara teoritis, penelitian ini berlandaskan pada konsep ekologi laut dan biogeokimia perairan, yang menjelaskan hubungan antara kondisi fisika-kimia air dan ekosistem laut (Alongi, 2022). Dalam konteks ini, arus laut berperan mendistribusikan nutrisi antar ekosistem, sementara interaksi antar ekosistem (misalnya, antara terumbu karang dan laut lepas) menciptakan keseimbangan energi dan materi dalam ekosistem. Pemahaman mengenai keterkaitan antar ekosistem ini menjadi penting untuk menganalisis dampak perubahan kualitas air terhadap stabilitas ekologis



Beberapa penelitian terdahulu telah memberikan gambaran penting mengenai kondisi perairan Spermonde. Teichberg et al. (2018) menemukan bahwa konsentrasi nitrat di perairan karang dekat pemukiman meningkat hingga 40% dibandingkan wilayah yang lebih jauh dari daratan. Rustiah et al. (2020) mengidentifikasi adanya penurunan DO dan peningkatan turbiditas di padang lamun akibat sedimentasi tinggi. Sementara itu Maharani (2022) melaporkan hubungan kuat antara kadar nutrien tinggi diduga berkontribusi terhadap penurunan tutupan karang hidup, sebagaimana pola di Spermonde yang menunjukkan keterkaitan variabel kualitas air dengan perubahan tutupan bentik terumbu. Meski demikian, studi-studi tersebut umumnya terbatas pada parameter tertentu atau wilayah spesifik, sehingga belum menggambarkan dinamika antar ekosistem secara menyeluruh.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, studi ini akan memberikan perspektif baru dengan pendekatan lintas ekosistem yang integratif. Fokusnya tidak hanya pada kondisi kualitas air secara deskriptif, tetapi juga pada perbandingan karakteristik fisika-kimia antar ekosistem dan implikasinya terhadap kesehatan ekosistem laut. Pendekatan ini diharapkan dapat memperluas pemahaman mengenai hubungan spasial antar habitat laut di kawasan tropis yang padat aktivitas manusia seperti Spermonde.

Akhirnya, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang ekologi laut dan manajemen sumberdaya perairan. Secara akademik, hasilnya akan memperkaya literatur tentang hubungan kualitas air dan dinamika ekosistem laut tropis. Secara praktis, temuan penelitian dapat menjadi rujukan bagi pemerintah daerah dan lembaga konservasi dalam merumuskan kebijakan pengelolaan lingkungan laut yang berkelanjutan dan berbasis data ilmiah.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kualitas air serta mengidentifikasi karakteristik lingkungan pada beberapa tipe ekosistem perairan, yaitu padang lamun (PL), terumbu karang (TK), dan laut lepas (LL), yang terdapat di Pulau Barrangcaddi, Kepulauan Spermonde, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

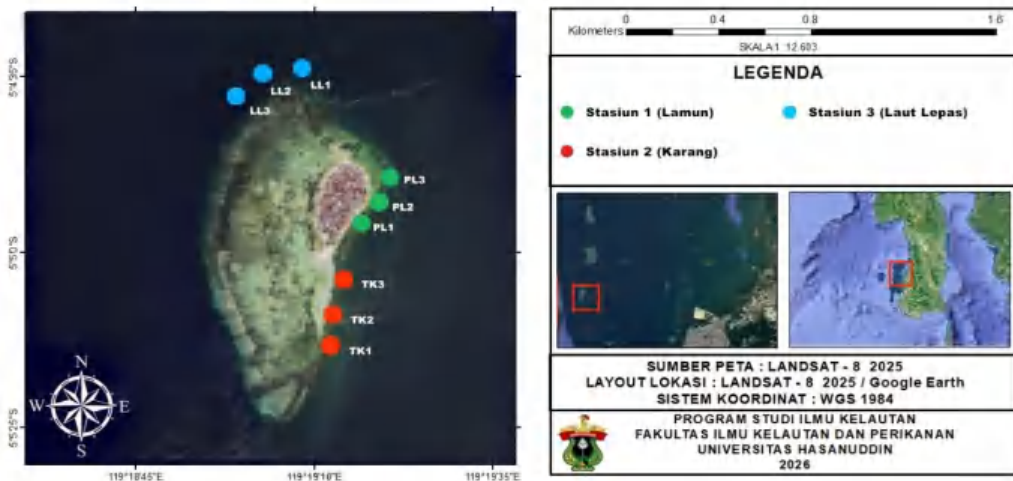
Manfaat penelitian ini berfungsi sebagai langkah awal untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi kualitas air pada berbagai tipe ekosistem perairan, khususnya di wilayah perairan Pulau Barrangcaddi, serta sebagai sumber data dasar yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian lanjutan dengan fokus kajian yang lebih spesifik atau berbeda.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Pulau Barrangcaddi, Kepulauan Spermonde, Kota Makassar, Sulawesi Selatan pada bulan Januari 2026. Kemudian dilakukan analisis sampel di Laboratorium Oseanografi Kimia, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



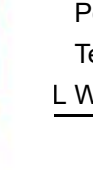


Gambar 1. Peta lokasi penelitian Pulau Barrangcaddi

2.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan yang disiapkan untuk mendukung seluruh rangkaian kegiatan, mulai dari pengambilan sampel, penyimpanan, hingga pengukuran dan analisis parameter kualitas perairan. Daftar alat dan bahan beserta fungsi/kegunaannya disajikan secara rinci pada Tabel 1-4.


Tabel 1. Alat

Alat	Kegunaan
Avenza Map	Penentuan titik koordinat
Botol (1L)	Penyimpanan air sampel
Botol Winkler	Pengukuran oksigen terlarut
	Pengukur arah arus
	Tempat penyimpanan sampel dengan suhu dingin terjaga
	Wadah mereaksikan bahan serta menampung bahan kimia

Tabel 1. Lanjutan alat

Alat	Kegunaan
Gelas kimia	Wadah senyawa dan sampel
Gelas ukur	Pengukur volume larutan
<i>Handrefractometer</i>	Pengukur salinitas di perairan
Labu ukur	Sebagai wadah bahan kimia cair
Layang-layang arus	Pengukur arah kecepatan arus
Lemari asam	Mencegah uap senyawa beracun hasil dari reaksi menyebar ke ruangan tertutup
Perahu	Alat untuk transportasi
pH meter digital	Pengukur pH
Pipet tetes	Pengambil cairan dengan volume kecil
Rak tabung	Penyimpan tabung reaksi
Refraktometer digital	Pengukuran salinitas
Spektrofotometer DRL 2800	Pengukur tingkat larutan amonia, nitrit, nitrat dan fosfat sesuai pada panjang gelombang
<i>Stopwatch app</i>	Penghitung waktu
Tabung Erlenmeyer	Wadah pereaksi kimia
Tabung reaksi	Wadah senyawa yang ingin diukur
Termometer batang	Pengukur suhu
Turbidimeter	Pengukur tingkat kekeruhan

Tabel 2. Bahan

Bahan	Kegunaan
Alkali iodida (KI)	Titration kadar DO
Alkaline sitrat ($C_6H_5Na_3O_7$)	Pengukuran amoniak
<i>Aluminium foil</i>	Pembungkus larutan bahan kimia
Amonium molibdat ($[NH_4]_8MO_7O_{24}4H_2O$)	Larutan pengoksidasi fosfat
<i>Aquades</i>	Pembilas alat
Asam askorbat 2% ($C_6H_8O_6$)	Larutan pengoksidasi fosfat
Asam borat 2% (H_3BO_3)	Larutan pereaksi
 I_2SO_4	Larutan pengoksidasi fosfat
I_2SO_4	Titration kadar DO, pereaksi larutan <i>Brucine</i> dalam pengukuran nitrat
	Pendingin sampel
	Pelindung tangan dari cairan kimia

Tabel 2. Lanjutan bahan

Bahan	Kegunaan
Indikator Brucine ($C_{23}H_{26}N_2O_4$)	Membentuk endapan
Kertas label	Penanda wadah sampel
Masker	Melindungi pernapasan
Mangan sulfat ($MnSO_4$)	Titration kadar <i>DO</i>
Natrium nitrat ($NaNO_3$)	Pengukuran amoniak
Natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$)	Titration kadar <i>DO</i>
Reagen NED ($C_{12}H_{14}N_4HCl$)	Pengukuran nitrit
Reagen sulfanilamide	Pengukuran nitrit
Sampel air laut	Objek yang akan dianalisis
<i>Starch solution</i> ($C_6H_{10}O_5$) _n	Titration kadar <i>DO</i>
<i>Tissue</i>	Pembersih alat

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yaitu: tahap persiapan, penentuan stasiun, pengambilan data dan analisis sampel dan penentuan kualitas air laut.

2.3.1 Persiapan

Tahap ini meliputi studi literatur, kemudian konsultasi dengan pembimbing terkait persiapan dalam melakukan penelitian tersebut dan juga mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

2.3.2 Penentuan Stasiun

Dalam penentuan stasiun penelitian digunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Pada penelitian kali ini terdapat 3 stasiun dan dalam 1 stasiun terdapat 3 kali ulangan. Stasiun 1 (PL) berada di ekosistem padang lamun di sisi timur pulau, stasiun 2 (TK) berada di ekosistem terumbu karang di sisi tenggara pulau, Stasiun 3 (LL) berada di ekosistem laut lepas di sisi barat laut pulau. Selanjutnya, mengambil sampel air hingga botol sampel terisi penuh, setelah itu memasukkan 3 botol sampel tersebut ke dalam *cool box* agar sampel dapat bertahan hingga analisis dilakukan dalam laboratorium.

2.3.3 Pengambilan Data



Sampel Air di Lapangan

air dilakukan menggunakan botol sampel HDPE berkapasitas 1000 ml dari permukaan perairan dan dimasukkan ke dalam botol hingga telah diperoleh selanjutnya disimpan di dalam *cool box* untuk selama transportasi, kemudian dibawa ke laboratorium untuk analisis. Seluruh rangkaian kegiatan pengambilan sampel ini disajikan pada (Lampiran 1).

b. Pengukuran Kualitas Air Parameter Fisika

1) Suhu

Pengukuran suhu menggunakan termometer air raksa dengan skala 0-100°C. Alat tersebut dicelupkan ke dalam air sampel yang diukur suhunya, kemudian dibiarkan selama 2-3 menit. Amati angka yang ditunjukkan oleh garis berwarna merah yang ada di dalam termometer tersebut untuk mengetahui nilai dari suhu air sampel yang diuji, kemudian hasil penunjuk air raksa yang tertera pada skala termometer dicatat.

2) Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan dua alat, yaitu *handrefractometer* dan refraktometer digital. Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan *handrefractometer* dengan cara kalibrasi terlebih dahulu *handrefractometer* dengan aquades dan keringkan menggunakan *tissue*. Setelah itu, ambil sampel air laut menggunakan pipet tetes dan diteteskan air laut tersebut secukupnya di atas kaca prisma *handrefractometer* lalu ditutup. Kemudian, *handrefractometer* diarahkan ke cahaya untuk dapat mempermudah melihat hasil kadar salinitas yang diperoleh. Hasil pengukuran dicatat.

Untuk refraktometer digital dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan meneteskan aquades ke preparat dan dibiarkan refraktometer memproses, baru setelah itu dilap dengan *tissue* dan diteteskan air sampel, ditunggu hingga hasil pembacaan selesai dan kemudian dicatat dan kalibrasi ulang kembali. Tujuan digunakan dua alat pengukur salinitas adalah untuk membandingkan keakuratan data.

3) Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur menggunakan alat layang-layang arus. Layang-layang arus dilepaskan dengan kompas sebagai arah arusnya hingga mencapai jarak tertentu. Setelah itu, tali layang-layang arus dibiarkan membentang lurus, dan stop pada *stopwatch* ditekan apabila tali tersebut telah membentang lurus. Angka yang ditunjukkan pada *stopwatch* dicatat. Nilai kecepatan arus kemudian dihitung dengan rumus (Sudarto et al., 2013):

$$V = \frac{S}{t}$$

Keterangan: V = kecepatan arus (m/dtk); S = jarak (m); T = waktu (dtk)

4) Kekeruhan

Kekeruhan diukur menggunakan turbidimeter dengan cara memasukkan air sampel dalam vial yang telah dihomogenkan. Kemudian vial ditutup dan ruang sampel yang sesuai dengan posisinya bertanda segitiga. Kemudian ditutup, setelah itu tombol "Read" ditekan pada display hingga muncul nilai pada layar display dengan satuan *Nephelometric*. Terakhir angka yang muncul pada layar dicatat dan nilai tersebut adalah nilai pengukuran nilai kekeruhan. Ulangi perlakuan sebanyak 3 kali per sampel.



c. Pengukuran Kualitas Air Parameter Kimia

1) pH

pH diukur menggunakan alat pH meter digital. Hal pertama yang dilakukan yaitu mengkalibrasi pH meter menggunakan aquades hingga menunjukkan angka 7,0. Kemudian mengambil sampel air yang diletakkan di dalam gelas kimia 100 mL. Selanjutnya, memasukkan pH meter ke dalam gelas kimia yang berisi air sampel tadi. Pada saat dicelupkan ke dalam air, skala angka akan bergerak acak, lalu tunggu hingga angka tersebut berhenti dan tidak berubah, dan hasil yang tertera pada layar pH meter digital dicatat.

2) Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran DO dilakukan dengan mengambil air sampel dan dimasukkan ke dalam botol oksigen sampai penuh secara hati-hati agar terhindar dari adanya gelembung udara kemudian menutup botol oksigen. Tambahkan 2 mL larutan mangan sulfat menggunakan pipet sampai dasar botol oksigen dan dihomogenkan sebanyak 8 kali. Selanjutnya tambahkan 2 mL alkali dengan menggunakan pipet tetes, lalu dihomogenkan kembali secara perlahan hingga mendapatkan warna kuning sampai mangan sulfat terendapkan. Tambahkan 2 mL H₂SO₄, kemudian botol oksigen kembali dihomogenkan hingga endapan larut kembali. Sampel diambil sebanyak 100 mL dengan menggunakan gelas ukur dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer. Melakukan titrasi dengan menggunakan natrium tiosulfat sampai larutan berubah warna menjadi kuning muda, dicatat jumlah titrasi, kemudian menambahkan indikator amilum sebanyak 5 tetes sehingga warna kuning berubah menjadi biru. Lakukan titrasi ulang dengan natrium tiosulfat sampai warna biru menjadi warna bening catat jumlah tetes natrium tiosulfat yang digunakan, dengan rumus (APHA, 2017):

$$DO = \frac{a + b}{20} \times 1,96$$

Keterangan: DO = oksigen terlarut; a = tetesan natrium tiosulfat sebelum ditambahkan *starch solution*; b = tetesan natrium tiosulfat sesudah ditambahkan *starch solution*.

3) Amonia (NH₃)

Pengukuran amonia dilakukan dengan cara menuangkan air ke dalam tabung reaksi sebanyak 25 mL kemudian teteskan 2mL larutan fenol 5%, 2 mL natrium nitrofruside, dan 2 mL alkalin, lalu kemudian dihomogenkan lakukan percobaan ini sesuai banyaknya ulangan sampel. yaitu sebanyak 3 kali pengulangan. Sampel kemudian diukur dengan EL 2800.



lakukan dengan metode Brucine (Tuhumury et al., 2024)u. kukan dengan alat spektrofotometer DREL 2800 yang berfungsi r nitrat. Prosedur yang dilakukan yaitu dengan mengambil 2 mL air et tetes lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya

menambahkan larutan Brucine sebanyak 0,5 mL lalu didiamkan selama 2-4 menit. Lalu tambahkan 5 mL larutan asam sulfat pekat pada ruang asam lalu biarkan hingga larutan dingin. Terakhir ukur kadar nitrat pada panjang gelombang 410 nm dengan alat spektrofotometer.

5) Nitrit (NO_2)

Pengukuran nitrit dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer DREL 2800. Sampel air disiapkan terlebih dahulu dengan membilas tabung reaksi hingga tiga kali dengan sampel air laut, kemudian ambil 2 mL sampel air laut dan masukkan ke dalam tabung reaksi. Tambahkan 2 mL reagen sulfanilamide dan homogenkan lalu tambahkan lagi 2 mL reagen NED. Tabung reaksi kemudian diletakkan ke dalam spektrofotometer dan dilakukan pembacaan dan diulangi hingga tiga kali, hasil pembacaan kemudian dicatat.

6) Fosfat (PO_4)

Penentuan kadar fosfat diukur dengan metode Stannous chloride dimana molybdenum dalam senyawa kompleks dapat tereduksi menjadi senyawa yang berwarna biru. Intensitas larutan warna biru akan bertambah dengan semakin besarnya kadar fosfat yang terkandung di dalam larutan tersebut. Pengukuran kadar fosfat dilakukan dengan alat spektrofotometer DREL 2800. Prosedur yang dilakukan yaitu dengan mengambil sampel air yang telah tersaring sebanyak 2 mL menggunakan pipet tetes lalu masukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya tambahkan 3 mL larutan pengoksidasi fosfat (campuran antara asam sulfat 2,5, asam askorvik dan amonium molibdat) dan campurkan. Tambahkan 2 mL asam borat (H_3BO_3) sebanyak 2% lalu homogenkan. Diamkan selama 30 menit, kemudian ukur kadar fosfat pada panjang gelombang 660 nm menggunakan alat spektrofotometer dan catat nilai fosfat yang tertera pada layar display alat dalam satuan mg/L.

2.4 Analisis Data

Analisis data hasil penelitian dilakukan secara dekriptif menggunakan tabel dan grafik yang membantu dalam menjelaskan pola distribusi pada setiap stasiun. Pada tahap analisis data, dilakukan uji normalitas dan homogenitas untuk memastikan bahwa data yang dianalisis memenuhi asumsi distribusi normal. Setelah itu uji One Way ANOVA digunakan untuk menganalisis perbandingan kualitas air laut antar stasiun dan dilakukan uji Tukey untuk menentukan lebih lanjut pasangan kelompok mana yang memiliki perbedaan rata-rata yang signifikan. Jika data tidak memenuhi syarat maka dilakukan uji non-parametrik Kruskal Wallis dan dilakukan uji Pairwise Comparison untuk menentukan lebih lanjut pasangan kelompok mana yang memiliki perbedaan rata-rata yang signifikan. Adapun PCA (*Principal Component Analysis*) digunakan untuk menganalisis karakteristik lingkungan antar ketiga ekosistem perairan.

