

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS PERAIRAN DANAU MAWANG**



**AINI AGISPA ALI
D131201009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS PERAIRAN DANAU MAWANG**

**AINI AGISPA ALI
D131201009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS PERAIRAN DANAU MAWANG**

AINI AGISPA ALI

D131201009

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS PERAIRAN DANAU MAWANG****AINI AGISPA ALI**
D131201009

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 10 September 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Ir. Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc
NIP. 199201142021074001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Danau Mawang”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ir. Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, September 2024



Aini Agispa Ali
Aini Agispa Ali
NIM D131201009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga pada kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul “**Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Danau Mawang**”. Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW., yang telah membawa umat manusia dari alam kegelapan ke masa yang cerah seperti saat sekarang ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Ir. Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan masukan serta arahan dalam penyusunan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan pula kepada seluruh Bapak/Ibu dosen serta karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak pengetahuan selama ini.

Teruntuk kedua orang tua penulis Ibu Sitti Maryam dan Ayah Alimuddin, kepada saudara-saudari kandung penulis Saudara Yudi Maulana Ali dan Saudara Nurul Azizah Ali yang telah menjadi sumber kekuatan bagi penulis atas semua pengorbanan, doa, dukungan, dan kasih sayang yang telah diberikan tanpa henti, serta kepada Muhammad Rafli yang telah menjadi sumber inspirasi dan semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis ucapkan banyak terima kasih.

Dan untuk teman-teman Lingkungan 2020 serta Entitas 2021, khususnya teman-teman seperjuangan Kabinet Adibrata, terima kasih telah mewarnai kehidupan perkuliahan penulis dengan segala dinamika yang dilewati. Serta terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.

Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak, meskipun dalam laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Penulis,
Aini Agispa Ali

ABSTRAK

AINI AGISPA ALI. **Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan danau mawang** (dibimbing oleh Nur An-nisa Putry Mangarengi).

Latar Belakang. Danau Mawang memiliki organisme air yang cukup melimpah, salah satunya makrozoobentos sebagai organisme air dapat menjadi bioindikator kualitas perairan dikarenakan mudah terpengaruh oleh pencemar. **Tujuan.** Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan keanekaragaman, pemerataan, dominansi, dan *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos terhadap kualitas perairan Danau Mawang. **Metode.** Pengambilan sampel makrozoobentos menggunakan *grab sampler* dan sampel kualitas air menggunakan *van dorm water sampler*. Kualitas air akan dianalisis berdasarkan parameter fisika (suhu, *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved Solid* (TDS)) dan kimia air (pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Total Nitrogen). **Hasil.** Keanekaragaman makrozoobentos berkorelasi positif dengan pH, DO, dan total nitrogen, berkorelasi negatif terhadap parameter suhu, TSS, TDS, BOD, COD, indeks pencemaran air. Pemerataan makrozoobentos berkorelasi positif dengan suhu, pH, DO, total nitrogen, dan indeks pencemaran air, berkorelasi negatif terhadap parameter TSS, TDS, BOD, dan COD. Dominansi makrozoobentos berkorelasi positif terhadap parameter TSS, TDS, BOD, dan COD, berkorelasi negatif terhadap parameter suhu, pH, DO, total nitrogen, dan indeks pencemaran air. BMWP-ASPT berkorelasi positif terhadap parameter suhu, TSS, TDS, pH, BOD, COD, total nitrogen, dan indeks pencemaran air, berkorelasi negatif dengan parameter DO. **Kesimpulan.** Keanekaragaman makrozoobentos memiliki hubungan yang kuat dengan parameter fisika air TSS dan TDS serta kimia air DO, BOD, dan COD.

Kata Kunci: Keanekaragaman, Makrozoobentos, Kualitas air, Danau Mawang

ABSTRACT

AINI AGISPA ALI. **Diversity of macrozoobenthos as bioindicators of water quality in mawang lake** (supervised by Nur An-nisa Putry Mangarengi).

Background. Mawang Lake is home to a diverse range of aquatic organisms, including macrozoobenthos which is aquatic organisms, can serve as bioindicators of water quality due to their sensitivity to pollutants. **Aims.** This study aims to determine the relationship between the diversity, evenness, dominance, and Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon (BMWP-ASPT) of macrozoobenthos and the water quality of Mawang Lake. **Methods.** Macrozoobenthos samples will be collected using a grab sampler, and water quality samples will be collected using a van dorm water sampler. Water quality samples will be analyzed based on physical parameters (temperature, Total Suspended Solids (TSS), and Total Dissolved Solids (TDS)) and chemical parameters (pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and Total Nitrogen). **Results.** The diversity of macrozoobenthos shows positive correlation with pH, Dissolved Oxygen (DO), and total nitrogen, and negative correlation with temperature, TSS, TDS, BOD, COD, and the water pollution index. The evenness of macrozoobenthos correlates positively with temperature, pH, DO, total nitrogen, and the water pollution index, while showing negative correlation with TSS, TDS, BOD, and COD. Macrozoobenthos dominance correlates positively with TSS, TDS, BOD, and COD, but negatively with temperature, pH, DO, total nitrogen, and the water pollution index. The BMWP-ASPT index shows positive correlation with temperature, TSS, TDS, pH, BOD, COD, total nitrogen, and the water pollution index, while correlating negatively with DO. **Conclusion.** The diversity of macrozoobenthos has a strong relationship with physical water parameters such as TSS and TDS, as well as chemical water parameters like DO, BOD, and COD.

Keywords: Diversity, Macrozoobenthos, Water Quality, Mawang Lake

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	13
1.1 Latar Belakang.....	13
1.2 Rumusan Masalah.....	14
1.3 Tujuan Penelitian	14
1.4 Manfaat Penelitian.....	15
1.5 Ruang Lingkup.....	15
1.6 Teori.....	16
BAB II METODE PENELITIAN.....	39
2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	39
2.2 Variabel Penelitian.....	40
2.3 Alat dan Bahan Penelitian	40
2.4 Teknik Pengumpulan Data	44
2.5 Teknik Analisis Data	47
2.6 Diagram Alir Penelitian.....	57
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	58
3.1 Pengamatan dan Identifikasi Makrozoobentos	58
3.2 Kepadatan Populasi dan Kepadatan Relatif Makrozoobentos.....	68
3.3 Indeks Keanekaragaman, Kemerataan, Dominansi, dan BMWP-ASPT Makrozoobentos.....	76
3.4 Analisis Parameter Fisika dan Kimia Perairan Danau Mawang.....	81
3.5 Hubungan Parameter Fisika dan Kimia Air Terhadap Indeks Keanekaragaman, Kemerataan, dan Dominansi Makrozoobentos.....	93
3.6 Hubungan Indeks Pencemaran Air Terhadap Indeks Keanekaragaman, Kemerataan, Dominansi, dan BMWP-ASPT Makrozoobentos.....	101
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
4.1 Kesimpulan.....	103
4.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA.....	104
LAMPIRAN.....	107

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Baku mutu air danau dan sejenisnya.....	22
2. Ikon pada <i>tool bar</i> dan fungsinya	33
3. Opsi <i>variable view</i>	35
4. Studi penelitian terdahulu yang relevan	36
5. Alat dan bahan penelitian	40
6. Deskripsi lokasi penelitian	45
7. Kolom pengamatan Makrozoobentos	45
8. Cara pengawetan dan penyimpanan sampel air.....	47
9. Kategori nilai indeks keanekaragaman.....	48
10. Kategori nilai indeks pemerataan	48
11. Kategori nilai indeks dominansi	49
12. BMWP score	49
13. Kategori nilai ASPT	50
14. Interval tingkat pencemaran.....	55
15. Interval korelasi dan tingkat hubungan antar variabel.....	56
16. Data Pengamatan Makrozoobentos	58
17. Kepadatan Populasi (individu/m ²).....	69
18. Kepadatan Relatif (%).....	69
19. Perhitungan indeks keanekaragaman stasiun 1	76
20. Indeks keanekaragaman tiap stasiun	77
21. Indeks pemerataan tiap stasiun.....	78
22. Perhitungan indeks dominansi stasiun 1.....	78
23. Indeks dominansi tiap stasiun.....	79
24. Perhitungan indeks dominansi stasiun 1.....	80
25. Indeks dominansi tiap stasiun.....	80
26. Nilai korelasi indeks keanekaragaman (H'), pemerataan (E), dominansi (C), serta BMWP-ASPT	81
27. Hasil pengujian parameter fisika dan kimia air.....	82
28. Indeks pencemaran air tiap stasiun	93
29. Nilai korelasi pearson (r) antara parameter fisika dan kimia air terhadap indeks keanekaragaman (H'), pemerataan (E), dan dominansi (C) makrozoobentos	94
30. Nilai korelasi pearson (r) indeks pencemaran air (I_{pj}) terhadap indeks keanekaragaman (H'), pemerataan (E), dominansi (C), dan BMWP-ASPT makrozoobentos.....	101

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Ilustrasi zonasi danau berdasarkan komunitas	17
2. Contoh krustasea.....	24
3. Contoh moluska	27
4. Contoh echinodermata.....	29
5. Morfologi umum polychaeta	29
6. Lokasi penelitian	39
7. Titik pengambilan sampel.....	44
8. Titik Pengambilan Sampel Air	46
9. Diagram Alir Penelitian.....	57
10. Diagram batang jumlah individu dan spesies tiap stasiun.....	59
11. Pilsbryconcha exilis	59
12. Jumlah pilsbryconcha exilis tiap stasiun	60
13. Omphiscola glabra	61
14. Jumlah omphiscola glabra tiap stasiun	61
15. Planorbella duryi.....	62
16. Jumlah <i>planorbella duryi</i> tiap stasiun	63
17. Pomacea canaliculata.....	63
18. Jumlah <i>pomacea canaliculata</i> tiap stasiun	64
19. Viviparus intertextus.....	65
20. Jumlah viviparus intertextus tiap stasiun	65
21. Macrobrachium lanchestri	66
22. Jumlah <i>macrobrachium lanchestri</i> tiap stasiun	67
23. Ischnura elegans larva.....	67
24. Jumlah ischnura elegans tiap stasiun.....	68
25. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 1	70
26. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 2	71
27. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 3	72
28. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 4	73
29. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 5	74
30. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 6	75
31. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif stasiun 7	76
32. Indeks keanekaragaman tiap stasiun.....	77
33. Indeks pemerataan tiap stasiun.....	78
34. Indeks pemerataan tiap stasiun.....	79
35. Indeks BMWP-ASPT tiap stasiun.....	80
36. Hasil pengujian parameter suhu (°C).....	83
37. Hasil pengujian parameter TSS (mg/L).....	84
38. Hasil pengujian parameter TDS (mg/L).....	85
39. Hasil pengujian parameter pH	86
40. Hasil pengujian parameter DO (mg/L).....	87
41. Hasil pengujian parameter BOD (mg/L)	88
42. Hasil pengujian parameter COD (mg/L).....	89
43. Hasil pengujian total nitrogen (mg/L).....	90

44. Indeks pencemaran air tiap stasiun	93
45. Nilai korelasi indeks keanekaragaman dengan parameter fisika dan kimia air	99
46. Nilai korelasi indeks dominansi dengan parameter fisika dan kimia air.....	100
47. Nilai korelasi indeks BMWP-ASPT dengan parameter fisika dan kimia air.....	100
48. Nilai korelasi indeks pencemaran air terhadap indeks keanekaragaman, kemerataan, dominansi, dan BMWP-ASPT makrozoobentos	102

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Dokumentasi penelitian.....	108
2. Perhitungan Makrozoobentos	114
3. Hasil uji parameter fisika dan kimia air Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin	118
4. Hasil uji total nitrogen oleh Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Makassar .	121
5. Hasil perhitungan indeks pencemaran air	122
6. Hasil uji normalitas <i>One Sample Kolmogorov Smirnov Test</i>	126
7. Hasil uji korelasi <i>Pearson</i>	127

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap makhluk hidup akan berinteraksi dengan lingkungannya. Di dalam suatu lingkungan akan terjadi suatu proses kehidupan yang terdiri dari komponen penyusun yang dapat dikelompokkan berdasarkan segi struktur dasar ekosistem ataupun dikelompokkan dari segi trafiknya. Komponen ekosistem terdiri dari komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik terdiri dari manusia, hewan, tumbuhan, mikroorganisme, dan dekomposer, sedangkan komponen abiotik seperti air, tanah, cahaya, udara, suhu, dan lain sebagainya. Perbedaan komponen itulah yang menyebabkan perbedaan ekosistem. Air sebagai salah satu komponen penyusun ekosistem merupakan faktor dominan untuk berlangsungnya kehidupan baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Berbagai organisme menjadikan air sebagai media tempat hidup (habitat). Maka dari itu, keanekaragaman organisme air dapat berperan sebagai bioindikator ekosistem (Asril dkk., 2022).

Menurut Husamah dan Rahardjanto (2019), bioindikator adalah komunitas organisme yang saling berhubungan, serta memiliki sensitivitas terhadap kondisi lingkungan, sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan dengan memberikan respon, indikasi, peringatan dini, representasi, refleksi, dan informasi. Organisme yang peka, akan mati karena pencemaran, sebaliknya organisme yang tahan akan tetap hidup.

Salah satu dari organisme yang dapat dijadikan bioindikator kualitas perairan ialah bentos. Bentos merupakan organisme yang mendiami dasar perairan dan tinggal di dalam sedimen dasar perairan, sedangkan zoobentos adalah hewan yang sebagian atau seluruh siklus hidupnya berada di dasar perairan, baik sesil, merayap maupun menggali lubang. Berdasarkan ukurannya, bentos dibagi menjadi makrobentos (berukuran > 1 mm), meiobentos (0,1 – 1 mm), dan mikrobentos (< 0,1 mm). Bentos sering digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan, dimana perairan yang sehat menunjukkan pemerataan jumlah individu dari semua spesies yang ada. Sebaliknya, suatu perairan dianggap tercemar apabila penyebaran jumlah individu tidak merata dan ada spesies yang mendominasi (Harahap, 2022).

Makrozoobentos kerap kali digunakan untuk menduga ketidakseimbangan lingkungan secara fisik, kimia, dan biologi. Perairan yang tercemar akan memengaruhi kehidupan makrozoobentos dikarenakan makrozoobentos merupakan biota air yang mudah terpengaruh dengan bahan pencemar. Hal ini disebabkan makrozoobentos pada umumnya tidak dapat bergerak dengan cepat dan habitatnya berada di dasar perairan. Dengan demikian, dapat dikatakan kelimpahan makrozoobentos dipengaruhi oleh suhu, pH, kekeruhan, tipe substrat, gas-gas terlarut, dan interaksi dengan organisme lainnya (Harahap, 2022).

Harahap (2022) dalam monografinya menyatakan bahwa makrozoobentos lebih banyak ditemukan di perairan yang tergenang (lentik) daripada di perairan yang mengalir (lotik). Perbedaan utama keduanya terletak pada kondisi arus air, dimana pada perairan lotik kelarutan udara lebih seragam, sehingga hampir tidak terjadi perbedaan tingkat

suhu dan penyebaran bahan kimia. Berbeda dengan perairan lentik yang cenderung tenang, sehingga fluktuasi komponen abiotik bergantung pada kondisi lingkungan sekitar. Sebagai salah satu bentuk dari ekosistem perairan lentik, danau memiliki badan air yang menggenang dan luasnya mulai dari beberapa meter hingga ratusan meter persegi. Danau memiliki klasifikasi daerah berdasarkan kemampuan menetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah fotik. Daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah afotik. Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau termoklin. Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar (Maknun, 2017).

Danau Mawang dengan luas \pm 70 hektar, panjang 1,4 km, dan lebar 250 – 400 m ini diupayakan menjadi danau konservasi air demi ketersediaan air Masyarakat sekitarnya. Air baku yang dihasilkan bersumber dari air tanah dan air hujan, yang bercampur dengan air permukaan dan industri sekitar sehingga menyebabkan perubahan kualitas air. Saat ini, Danau Mawang kerap kali dijadikan objek wisata pemancingan oleh Masyarakat sekitar dikarenakan biota air yang cukup melimpah. Kelimpahan ini dapat dipengaruhi oleh kecukupan rantai nutrisi makanan yang diperoleh dari komunitas yang berperan sebagai sumber makanan. Kecukupan nutrisi ini menyebabkan tingginya angka keberlangsungan hidup organisme air, salah satunya makrozoobentos. Untuk perairan Danau Mawang yang heterogen, pengkajian kualitas air dapat dilakukan dengan analisis keanekaragaman Makrozoobentos sebagai bioindikator serta membandingkannya dengan kualitas secara fisik maupun kimia.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos di perairan Danau Mawang?
2. Bagaimana hubungan parameter fisika air (suhu, *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved Solid* (TDS)) dan kimia air (pH, *Dissolved Oxygen* (DO) *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Total Nitrogen) terhadap indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos?
3. Bagaimana hubungan indeks pencemaran air terhadap indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Menganalisis indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos di perairan Danau Mawang
2. Menganalisis hubungan parameter fisika air (suhu, *Total Suspended Solid* (TSS),

dan *Total Dissolved Solid* (TDS)) dan kimia air (pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Total Nitrogen) terhadap indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos

3. Bagaimana hubungan indeks pencemaran air terhadap indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut

1. Bagi penulis
Merupakan kontribusi dalam melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi instansi pendidikan
Penelitian ini membahas mengenai keanekaragaman dan dominansi makrozoobentos yang terdapat pada perairan Danau Mawang serta kaitannya dengan kualitas perairan, sehingga dengan melakukan penelitian ini diharapkan penulis dan semua pihak yang berkepentingan dapat mendalaminya. Selain itu, penelitian ini merupakan referensi ilmu pengetahuan khususnya pada bidang riset kualitas air mengenai bioindikator perairan.
3. Bagi masyarakat
Memberikan informasi kepada masyarakat sekitar tentang keanekaragaman dan dominansi makrozoobentos yang terdapat pada perairan Danau Mawang serta kaitannya dengan kualitas perairan
4. Bagi pemerintah
Pemerintah Kabupaten Gowa dapat menggunakan penelitian ini sebagai referensi untuk pembangunan dan konservasi alam di Danau Mawang.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ialah sebagai berikut:

1. Lokasi perairan yang diteliti pada Danau Mawang terdiri dari tujuh stasiun pengamatan.
2. Pemilihan lokasi stasiun pengamatan didasari oleh kondisi lingkungan sekitar perairan.
3. Makrozoobentos diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri morfologi yang kemudian dikelompokkan berdasarkan kingdom, filum, kelas, sub kelas, ordo, dan familinya.
4. Parameter yang dianalisis ialah parameter fisika (suhu, *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved Solid* (TDS)) dan kimia air (pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Total Nitrogen).
5. Indeks keanekaragaman menggunakan rumus Shannon-Wiener, indeks

- kemerataan menggunakan rumus Pielou, indeks dominansi menggunakan rumus Simpson, dan indeks BMWP-ASPT menggunakan rumus *Average Score Per Taxon*.
6. Indeks pencemaran air dinilai berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 baku mutu air danau dan sejenisnya pada kelas II.
 7. Analisis korelasi parameter fisika dan kimia air, indeks pencemaran air dengan indeks keanekaragaman, indeks kemerataan, indeks dominansi, serta indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) makrozoobentos menggunakan korelasi *Product Moment* dari *Pearson*

1.6 Teori

1.6.1 Danau

Danau merupakan ekosistem perairan tawar yang menempati ruang permukaan bumi terkecil jika dibandingkan dengan ekosistem lainnya. Perairan danau sebagai ekosistem alami bersifat terbuka serta memiliki pergerakan air yang tenang. Artinya keberadaan ekosistem danau memiliki interaksi dinamis dengan lingkungannya. Dengan demikian fenomena yang terjadi di lingkungan danau akan memiliki pengaruh terhadap kondisi ekosistem danau. Peran danau bagi kehidupan dan manusia kepentingannya jauh lebih tinggi jika dibandingkan luasnya. Beberapa fungsi penting dari ekosistem danau ialah (1) sebagai gudang plasma nutfah yang menyimpan potensi keanekaragaman hayati, (2) sebagai reservoir alami terhadap limpasan air hujan, sungai dan kawasan sekitarnya, (3) sebagai sumber air yang langsung dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan, (4) penyedia komoditas hayati ekonomis penting perikanan, (5) sebagai sarana transportasi, (6) sebagai sumber energi terbarukan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), (7) pelarut bahan pencemar, dan (8) sebagai kawasan wisata karena memiliki nilai estetika tinggi.

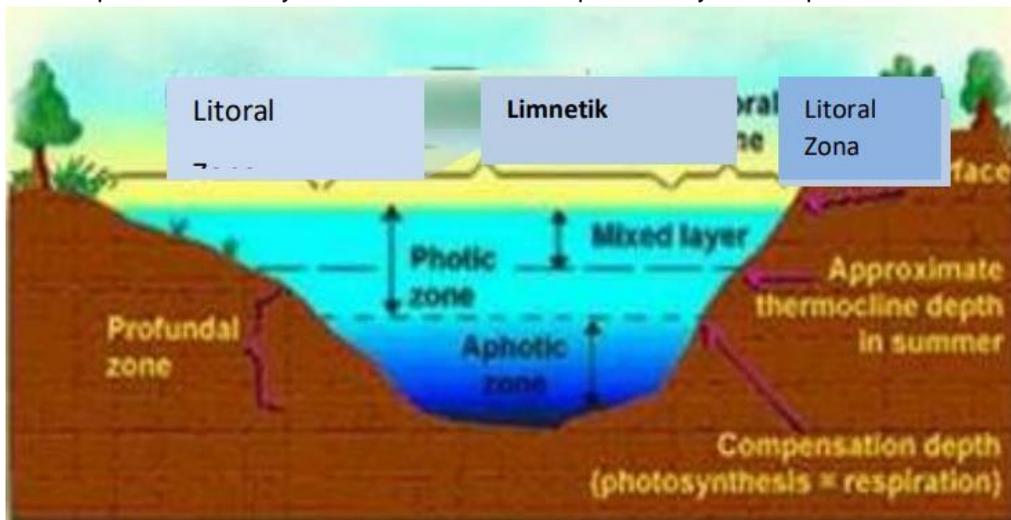
Klasifikasi danau. Danau terbagi daerahnya berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah fotik. Daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah afotik. Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau termoklin. Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar. Danau alami dibedakan dalam tiga tipe utama yaitu vulkanik, tektonik, dan genangan. Danau vulkanik terjadi sebagai akibat aktivitas vulkanik dari gunung-gunung berapi. Danau tektonik terjadi sebagai akibat dari adanya gerakan lapisan daratan bumi. Danau genangan terbentuk sebagai akibat depresi, relatif dangkal dan dahulu dilalui sungai yang terlalu dalam, atau aliran sungai yang terhalang sehingga nampak seperti genangan yang membentuk sebuah danau (Hasim, 2017).

Zona danau. Hasim (2017) menyatakan bahwa suatu danau biasanya terdapat tiga zona yaitu zona litoral, limnetik dan profundal (Gambar 1). Pembagian ini didasarkan pada tiga komunitas yang berbeda, karena faktor fisik dan kimiawi yang berbeda pula. Adapun zona-zona itu adalah sebagai berikut.

1. *Zona litoral*, adalah daerah perairan danau yang dangkal dimana cahaya tembus sampai ke dasar. Zona litoral terbagi dua yaitu eulitoral, merupakan bagian pantai danau yang yang sewaktu-waktu tergenang air dan infralitoral yang selalu digenangi

air. Zona litoral banyak ditemukan tanaman air yang berakar, melayang dan tenggelam. Diantaranya dari kelompok macrophyta seperti Nymphaea, Chara dan Potamogeton. Sedangkan dari kelompok algae misalnya Spirogyra, Syndra, Anabaena dan Microcystis.

2. *Zona limnetik*, adalah daerah perairan danau terbuka. Karena adanya cahaya matahari yang cukup menembus sampai ke perairan efektif, dan ada suplai hara, maka peledakan populasi algae hijau di daerah ini sering terjadi.
3. *Zona profundal*, merupakan daerah perairan yang tidak terkena sinar matahari. Kehidupan penghuninya banyak bergantung pada daerah litoral dan limnetik. Produsen sangat sukar hidup di daerah ini, karena proses fotosintesis tidak sempurna. Sebaliknya konsumen dan dekomposer banyak terdapat.



Gambar 1. Ilustrasi zonasi danau berdasarkan komunitas

Sumber: Hasim (2017)

Danau secara umum terbagi atas tiga stratifikasi atau lapisan dari permukaan sampai dasar yang diakibatkan oleh perbedaan suhu sebagai berikut.

1. *Epilimnion*, yaitu daerah permukaan danau yang mempunyai suhu paling panas yang disebabkan oleh penyinaran matahari secara langsung. Namun karena adanya pengaruh angin dan arus, maka panas ini akan menyebar.
2. *Metalimnion*, yaitu daerah peralihan antara lapisan epilimnion dengan lapisan hipolimnion. Suhu air pada daerah ini lebih rendah dari daerah epilimnion.
3. *Hipolimnion*, adalah yang bersuhu paling rendah dari suhu lapisan yang di atasnya. Sirkulasi air dalam waktu yang lama hanya terjadi jika ada penurunan massa air dari permukaan akibat penurunan suhu yakni pada musim dingin atau hujan dan di bantu oleh adanya angin yang keras.

Adapun berdasarkan status produktivitasnya, danau dibagi menjadi tiga fase sebagai berikut.

1. Fase *oligotrofi*, fase ini danau mengandung bahan makanan sedikit, kerapatan tumbuhan dan hewan rendah serta suhu air tidak tinggi karena sinar matahari dapat menembus air hingga ke dalam. Hal ini berkat kejernihan air sehingga bahan

makanan di danau sedikit tetapi kaya akan oksigen (O_2). Selain itu, indikator oligotrofi yaitu P_{tot} 5–10 $\mu g\ l^{-1}$.

2. Fase *mesotrofi*, fase permukaan danau akan dipenuhi dengan ganggang, fitoplankton, zooplankton dan sampah organik. Lambat laun air menjadi keruh, sehingga matahari lambat laun tidak mampu lagi menembus sampai ke dasar danau. Ketidakmampuan matahari untuk menembus sampai ke dalam menyebabkan proses fotosintesis agak terhambat dan terbatas di sekitar permukaan air saja. Indikator mesotrofi yaitu P_{tot} 10–30 $\mu g\ l^{-1}$.
3. Fase *eutrofi*, proses di mana perairan menjadi subur dan lebih meningkat produktivitasnya disebut eutrofikasi. Danau eutrofik mengandung unsur hara yang tinggi, memiliki produktivitas tinggi, dan air danau pun menjadi sangat keruh. Kekeruhan bisa tergolong organik dan anorganik. Sisi lain, karena sinar matahari yang paling dalam hanya menembus kurang dari satu meter saja, maka air danau bagian permukaan menjadi hangat sehingga terjadilah perubahan komposisi spesies jasad hidup. Hal ini akan menyebabkan permukaan air danau dipenuhi oleh bahan makanan untuk mendukung berbagai kegiatan biologis. Sebab utama eutrofikasi ialah melimpahnya unsur hara seperti fosfor yang masuk ke sistem perairan danau dari lahan pertanian dan permukiman. Indikator eutrofi yaitu P_{tot} 30–100 $\mu g\ l^{-1}$.

Komponen danau. Komponen ekosistem danau menurut fungsinya dapat dibagi menjadi dua komponen yaitu:

1. Komponen *autotrofik*, *autos* berarti sendiri dan *trophikos* berarti menyediakan makanan, sehingga komponen ini merupakan organisme yang mampu menyediakan makanannya sendiri yang berupa bahan-bahan organik dari bahan-bahan anorganik dengan bantuan energi matahari atau khlorofil (zat hijau daun). Peran phytoplankton sangat besar dalam menghasilkan energi pada ekosistem danau.
2. Komponen *heterotrofik*, *hetero* berarti berbeda atau lain, sehingga komponen *heterotrofik* merupakan organisme yang mampu memanfaatkan hanya bahan-bahan organik sebagai bahan makanannya dan bahan tersebut disintesis dan disediakan oleh organisme lain. Organisme yang termasuk dalam kelompok ini antara lain hewan air, jamur dan jasad renik (mikro konsumen).

Selain itu, danau sebagai ekosistem juga memiliki komponen-komponen penyusun seperti:

1. Komponen-komponen abiotik, merupakan bahan-bahan organik maupun anorganik, seperti air, karbondioksida, oksigen, kalsium, garam-garam nitrogen, fosfor, asam-asam amino, humus, dan sebagainya. Hanya sebagian kecil saja hara makanan penting dalam larutan yang tersedia bagi organisme, sebagian besar bahan-bahan ini masih tersimpan dalam zarah-zarah endapan dan dalam badan organisme itu sendiri.
2. Organisme produsen, terdiri atas dua macam yaitu tumbuhan yang terapung dan yang berakar di dasar pinggir danau serta fitoplankton yang berupa tumbuhan mikrokopis, melayang di permukaan air, tersebar secara vertikal sampai kedalaman yang dapat ditembus cahaya.
3. Organisme konsumen yaitu hewan-hewan, seperti larva, serangga, udang-udangan dan ikan. Konsumer primer yaitu herbivora atau pemakan tumbuhan, langsung makan tumbuhan hidup dan sisa-sisa tumbuhan. Hewan ini terdiri atas zooplankton

atau plankton hewan dan hewan lain yang terdapat pada dasar kolam. Konsumen sekunder, yaitu karnivora makan hewan konsumen primer, dan sebagainya.

4. Organisme perombak berupa mikroorganisme yang terdiri atas bakteri dan jamur akuatik yang hidup tersebar di seluruh bagian kolam, terutama pada perbatasan antara air dan dasar kolam. Pada perbatasan tersebut terkumpul bangkai hewan dan tumbuhan. Bakteri dan jamur akuatik terdapat pula di zona fotosintesis, yaitu tempat tumbuh fitoplankton dan tumbuhan berakar. Organisme perombak terdapat dalam jumlah besar sekali sampai jutaan individu per gram pada endapan lumpur.

1.6.2 Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Air yang telah ditetapkan. Adapun dalam Atifah dkk. (2023), pencemaran air merupakan salah satu indikator penyimpangan yang terjadi pada sifat-sifat air dari keadaan normal. Pencemaran air kerap kali disebabkan oleh adanya limbah industri, sampah rumah tangga, limbah atau residu pertanian serta faktor lain yang mengontaminasi sehingga menyebabkan penurunan kualitas air. Kualitas air merupakan suatu gambaran kondisi air yang dinilai dari karakteristik kimia, fisik dan biologi dan biasanya berkenaan dengan kesesuaian penggunaan air untuk tujuan tertentu seperti air untuk minum, berenang atau memancing. Kualitas air juga terpengaruh oleh zat seperti pestisida atau pupuk yang dapat berdampak negatif bila hadir dalam konsentrasi tertentu.

Aktivitas manusia yang tinggi pada perairan maupun di sekitar perairan bisa menyebabkan terjadinya peningkatan pencemaran pada perairan, termasuk pada air danau. Danau memiliki fungsi secara ekologi dalam mempertahankan kestabilan aliran air, selain itu juga berfungsi secara ekonomi dalam menyediakan sumber air bersih untuk keperluan air, irigasi pertanian, industri maupun keperluan dalam budidaya perikanan. Fungsi danau dalam menyangga kehidupan akan optimal jika dikelola dengan benar. Kuantitas dan kualitas air danau perlu dijaga agar ketersediaan air baku terjamin sepanjang daerah alirannya (Atifah dkk., 2023).

Rachmawati (2022) menyebutkan pencemaran air bersumber dari berbagai macam kegiatan baik secara alami maupun akibat dari kegiatan manusia. Berikut ini penjelasan mengenai kondisi yang menyebabkan air tercemar.

1. Aktivitas alam

Pencemaran air dapat disebabkan oleh kondisi alami, seperti terjadinya letusan gunung berapi, global warming, dan banjir. Efek hujan abu pada perairan alami dan persediaan air telah berdampak terutama pada konsekuensi peningkatan kekeruhan akibat abu yang tersuspensi dalam air, keasaman dan florida, dan beberapa kontaminan lain. Selain itu, perubahan iklim akan memengaruhi kualitas air hingga ekosistem yang ada. Peristiwa seperti topan, badai, dan kenaikan suhu akan mengakibatkan banjir maupun kekeringan, hingga akhirnya dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas air. Dampak yang paling signifikan akibat perubahan iklim pada kualitas air ialah eutrofikasi, salinasi, dan pelepasan unsur hara. Peristiwa presipitasi merupakan pencemaran alami, karena air yang jatuh akan melarutkan

polutan dari udara dan membawa ke badan air. Sebagai contoh terjadinya hujan asam merupakan pelarutan gas asam seperti sulfur oksida dan nitrogen oksida dalam air hujan.

2. Aktivitas manusia

a. Kegiatan pertanian

Penggunaan air yang berlebihan pada sektor pertanian, akibat dari kurang optimalnya atau belum diterapkannya sistem irigasi yang tepat. Hal tersebut menyebabkan timbulnya genangan dan penggaraman yang mampu menurunkan produktivitas air dan juga tanah. Beberapa polutan air pada kegiatan pertanian atau perkebunan yakni zat kimia (berasal dari penggunaan pestisida maupun pupuk yang mengandung nitrogen, fosfor, sulfur, mineral kalium dan kalsium), zat radioaktif (saat proses percepatan pertumbuhan tanaman dan pematangan buah yang memanfaatkan zat radioaktif), dan mikrobiologi (bakteri, virus, parasite yang berasal dari pertanian atau perkebunan).

b. Kegiatan industri

Pencemaran air akibat dari kegiatan industri, umumnya disebabkan oleh sistem pembuangan air limbah produksi yang belum diolah secara tepat dan kemudian dibuang ke dalam badan air atau perairan yang nantinya berdampak pada kehidupan organisme air. Jenis polutan air dari kegiatan industri tergantung pada kegiatan industri karena bahan baku dan proses kerja yang bervariasi. Namun secara umum dapat dikelompokkan pada polutan fisik (pasir dan lumpur), kimia (kadmium, merkuri, timah hitam, dan logam berat lainnya), mikrobiologi (parasite, bakteri, dan virus), dan radioaktif.

c. Kegiatan Rumah Tangga (Domestik)

Berasal dari cemaran limbah rumah tangga, seperti air limbah kamar mandi maupun dapur. Selain itu, pencemar domestik juga termasuk dapat berasal dari buangan kakus, tempat pencucian peralatan makan dan pakaian, apotek, rumah makan, rumah sakit, dan sebagainya. Adapun air limbah yang dihasilkan berupa zat organik (padat atau cair), limbah B3 (Bahan berbahaya dan Beracun), garam terlarut, lemak, dan bakteri (jasad pathogen dan golongan fecal coli).

1.6.3 Parameter Kualitas Air

Dalam Asnawi dkk. (2023), parameter kualitas air merupakan hal penting yang perlu diketahui bagi pengguna air, baik secara individu, komunitas, maupun industri. Kualitas air berfungsi sebagai informasi tentang komposisi secara kualitatif dan kuantitatif senyawa kimia, faktor fisika, dan mikroorganisme yang terkandung di dalam air tersebut. Parameter kualitas air adalah indikator yang menyatakan standar kelayakan air tersebut digunakan sesuai peruntukan dan kebutuhannya. Parameter kualitas air berbeda-beda tiap jenis air. Misalkan parameter air untuk kebutuhan mandi dan higiene sanitasi memiliki parameter yang berbeda dengan air minum. Begitu juga dengan air untuk kebutuhan industri, air kolam renang (rekreasi), air untuk perikanan, air untuk budidaya pertanian, air limbah domestik hingga air limbah industri, tentu memiliki parameter kualitas yang berbeda-beda satu sama lain.

Parameter fisika. Parameter fisika adalah parameter kualitas air yang dapat dianalisis atau diamati berdasarkan karakteristik fisik dan visual. Berikut ini beberapa parameter fisika air.

1. *Total Solid*

Total padatan adalah semua bahan yang terdapat dalam contoh air setelah dipanaskan pada suhu 103°C - 105°C selama kurang lebih 1 jam. Total padatan ini terdiri dari total padatan terlarut (*total dissolved solid*) dan total padatan tersuspensi (*total suspended solid*).

2. Bau

Udara tidak sedap yang dihasilkan proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

3. Temperatur

Terjadinya reaksi kimia yang sejalan dengan meningkatnya temperatur, ditambah dengan terjadinya penurunan kuantitas oksigen pada air permukaan, dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air limbah.

4. Warna

Warna dibedakan menjadi *true color* dan *apparent color*. *True color* atau warna sejati adalah warna yang diakibatkan oleh material koloid dan berasal dari penguraian zat organik, seperti zat humus, lignin dan asam organik lainnya. Sedangkan *apparent color* atau warna semua adalah warna yang diakibatkan oleh materi tersuspensi, seperti pemakaian zat warna oleh industri, pewarna makanan, cat dan lainnya.

5. Kekeruhan

Kekeruhan adalah suatu keadaan dimana transparansi suatu zat cair berkurang akibat kehadiran zat-zat lainnya. Kehadiran zat-zat yang dimaksud terlarut dalam zat cair dan membuatnya seperti berkabut atau tidak jernih.

Parameter kimia. Parameter kimia adalah parameter kualitas air yang ditinjau dari komposisi unsur atau senyawa kimia yang terkandung di dalamnya, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik. Di bawah ini merupakan contoh parameter kimia.

1. Derajat keasaman (pH)

pH adalah tingkat keasaman suatu benda yang diukur dengan menggunakan skala pH antara 0 hingga 14. Nilai pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator dari adanya keseimbangan unsur kimia dan unsur hara yang bermanfaat bagi kehidupan vegetasi akuatik.

2. Alkalinitas

Alkalinitas merupakan kemampuan air dalam menetralkan asam atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Alkalinitas adalah suatu parameter kimia yang menunjukkan jumlah ion karbonat dan bikarbonat yang 7 mengikat logam alkali tanah pada perairan.

3. *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut merupakan jumlah miligram gas oksigen yang terlarut dalam air yang dipengaruhi oleh tekanan atmosfer, suhu, salinitas, turbulensi air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air.

4. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk memecah bahan organik secara aerobik. Proses dekomposisi bahan organik ini diartikan bahwa mikroorganisme memperoleh energi dari proses oksidasi dan memakan bahan organik yang terdapat di perairan. Mengetahui nilai BOD di perairan dapat bermanfaat untuk mendapatkan informasi berkaitan tentang jumlah beban pencemaran yang terdapat di perairan akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk merancang sistem pengolahan biologis di perairan yang tercemar tersebut.

5. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi didefinisikan sebagai jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat di dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O.

Parameter biologi. Parameter biologi, yaitu parameter kualitas air yang ditinjau dari kandungan mikroorganisme di dalamnya, yang dapat berupa organisme seperti, virus, jamur, ganggang, dan bakteri patogen.

1.6.4 Standar Baku Mutu Air

Parameter kualitas air memiliki nilai baku mutu yang berbeda-beda tiap jenis air. Parameter tersebut telah diatur oleh pemerintah dalam bentuk standar baku mutu kualitas air. Standar baku mutu kualitas air adalah nilai ambang batas maksimum atau minimum yang diperbolehkan atau harus ada yang telah ditetapkan dalam suatu sampel air. Standar Baku Mutu berisikan tentang ketentuan parameter kualitas air dalam bentuk peraturan perundangan yang dikeluarkan oleh pemerintah. Baku mutu kualitas air yang berlaku ialah Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Lampiran VI.

Tabel 1. Baku mutu air danau dan sejenisnya

No	Parameter	Unit	Kelas Air			
			I	II	III	IV
1.	Suhu	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	1000
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	25	50	100	400
4.	Derajat keasaman (pH)		6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9
5.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12
6.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80
7.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1
8.	Total Nitrogen	mg/L	0,65	0,75	1,90	-

Keterangan

Kelas I Merupakan air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas II	Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
Kelas III	Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
Kelas IV	Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 22 (2021)

1.6.5 Makrozoobentos

Bentos merupakan organisme yang melekat atau beristirahat pada dasar perairan atau di permukaan substrat dasar perairan. Pada awalnya, bentos hanya digolongkan sebagai hewan (zoobentos) dan tumbuhan (fitobentos), tetapi berkembang menjadi bentos berdasarkan ukuran, yaitu bentos mikroskopis atau dikenal dengan sebutan mikrobentos dan makrobentos. Komunitas zoobentos yang hidup di dasar perairan terdiri atas lima kelompok, yaitu Mollusca, Polychaeta, Crustacea, Echinodermata, dan kelompok lain yang terdiri atas beberapa takson kecil seperti Sipunculidae, Pogonophora, dan lainnya. Berdasarkan kebiasaan hidupnya, fauna bentik dapat dikelompokkan sebagai infauna dan epifauna. Infauna merupakan fauna bentik yang hidup menetap di dalam sedimen, sedangkan epifauna adalah fauna bentik yang hidup menempel pada daun lamun dan di atas dasar perairan (Harahap, 2022).

Harahap (2022) menyebutkan, bentos dibedakan berdasarkan ukurannya sebagai berikut.

1. Makrobentos

Yaitu organisme yang hidup di dasar perairan dan tersaring oleh saringan yang berukuran mata saring 1,0 x 1,0 milimeter atau 2,0 x 2,0 milimeter, yang pada pertumbuhan dewasanya berukuran 3-5 milimeter. Berdasarkan letaknya dibedakan menjadi infauna dan epifauna, di bawah lumpur, sedangkan epifauna adalah kelompok makrobentos yang hidup di permukaan substrat.

2. Mesobentos

Yaitu organisme yang mempunyai ukuran 0,1 - 1,0 milimeter, misalnya golongan protozoa yang berukuran besar (cicaria), cacing yang berukuran kecil dan crustaceae yang sangat kecil.

3. Mikrobentos

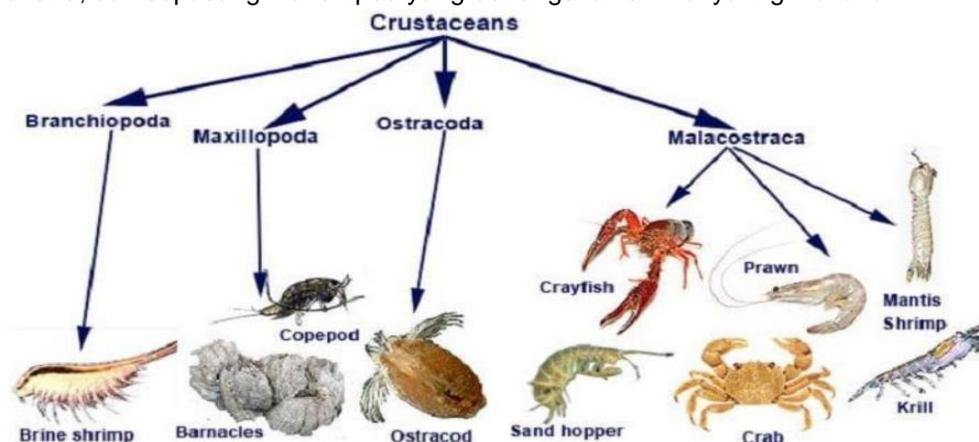
Yaitu organisme yang mempunyai ukuran kurang dari 0,1 milimeter, misalnya protozoa. Daya tahan dan adaptasi bentos berbeda-beda antar jenis yang satu dengan yang lainnya, yaitu ada yang tahan terhadap keadaan perairan setempat, tetapi ada pula yang tidak tahan sehingga keberadaan bentos tertentu dapat dijadikan petunjuk dalam menialai kualitas perairan tersebut.

Pada lingkungan yang dinamis, zoobentos dapat memberikan gambaran mengenai kualitas perairan, karena pada dasarnya bentos hidup menetap dan mengalami kontak langsung dengan yang masuk ke habitatnya. Kelompok hewan ini dapat memberikan gambaran mengenai perubahan faktor-faktor lingkungan perairan adalah jenis-jenis yang termasuk dalam kelompok invertebrata makro. Kelompok ini lebih dikenal dengan makrozoobentos. Bentuk luar (morfologi) makrozoobentos adalah invertebrata (hewan yang tidak memiliki tulang belakang) dan hidup menetap di dasar laut, ada yang menempel pada substrat, dan ada yang bisa merambat dalam substrat (Harahap, 2022).

Dalam **Arbi dkk. (2022)**, makrozoobentos dapat diklasifikasikan cara makanannya kedalam lima kelompok, yaitu hewan pemangsa, hewan penggali, hewan pemakan detritus yang mengendap di permukaan, hewan yang menelan makanan dari atas permukaan. Berdasarkan kebiasaan makanannya dibagi menjadi:

1. *Filter feeder* adalah hewan yang menyaring partikel-partikel detritus yang masih melayang dalam perairan. Contohnya, Balanus (Crustacea), Nereis (Polychaeta), Crepidula (Gastropoda).
2. *Deposit feeder* adalah hewan bentos yang memakan partikel-partikel detritus yang telah mengendap pada dasar perairan. Contohnya, Terella dan amphitrite (Polychaeta), Tellina dan Arba (Bivalvia).

Krustasea. Krustasea atau lebih dikenal sebagai udang-udangan dan kepiting adalah kelompok hewan yang mempunyai eksoskeleton (kerangka luar) berupa kulit tubuh atau kutikula yang keras. Kata "crustacea" sendiri diambil dari bahasa Latin yakni crustaceus yang artinya "hewan bercangkang". Krustasea merupakan subfilum dari Arthropoda yang sebagian besar hidup di perairan, termasuk di dalamnya adalah lobster, udang, kepiting, dan teritip. Krustasea memiliki dua pasang antena serta bagian kepala dan toraksnya menjadi satu unit bagian. Krustasea juga memiliki tubuh yang bersegmen dan terdiri atas sefalotoraks (kepala dan dada menjadi satu) serta abdomen (perut). Bagian anterior (ujung depan) tubuh besar dan lebih lebar, sedangkan ujung belakangnya (posterior) sempit. Pada bagian kepala terdapat beberapa alat mulut, yaitu: dua pasang antena, sepasang mandibula untuk menggigit mangsanya, sepasang maksilla, dan sepasang maksilliped yang berfungsi untuk menyaring makanan.



Gambar 2. Contoh krustasea
Sumber: Arbi dkk. (2022)

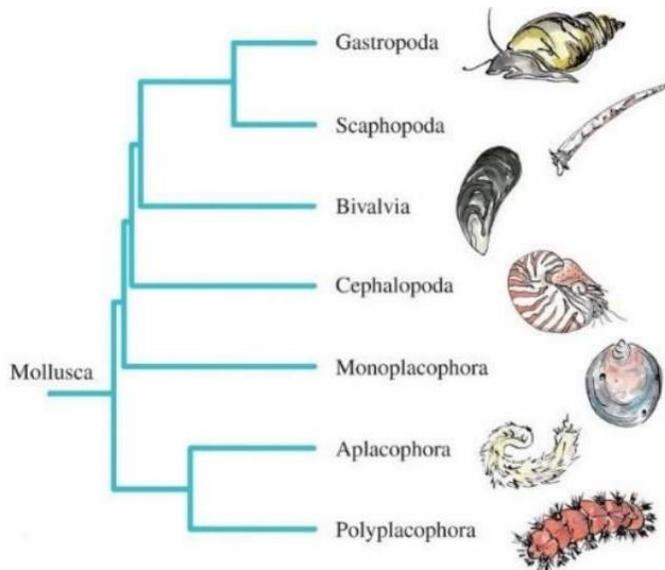
Krustasea memiliki siklus hidup yang berbeda-beda antara setiap spesies dengan keunikannya masing-masing. Satu kesamaan dalam siklus hidup krustasea adalah semua krustasea mempunyai fase nauplius dalam siklus hidupnya. Nauplius adalah fase awal larva krustasea yang pada tahap ini tubuh larva krustasea hanya terdiri dari kepala dan telson karena perut dan dada krustasea belum terbentuk. Nauplius ini selanjutnya akan berkembang dan melewati beberapa tahap metamorfosis sebelum menjadi dewasa. Larva nauplius ini adalah karakteristik utama semua hewan anggota krustasea. Krustasea memiliki peran ekologis yakni sebagai sumber makanan bagi ikan, khususnya larva krustasea. Namun di sisi lain beberapa jenis krustasea dapat merugikan ekosistem perairan, contohnya jenis copepoda yang berperan sebagai inang penyakit, kepiting air tawar potamonidae yang dapat merusak benih padi, terdaapt pula isopoda sebagai parasit pada ikan dan udang.

Moluska. Filum moluska merupakan kelompok binatang yang tidak bertulang belakang (avertebrata). Moluska sendiri berasal dari bahasa latin *molis* yang berarti lunak. Moluska sebagai hewan bertubuh lunak memiliki cangkang yang tersusun dari zat kapur (CaCO_3) sebagai pelindung tubuhnya. Bentuk tubuh dan cangkang moluska pun beranekaragam. Tubuh moluska ada yang berbentuk dari silindris seperti cacing, tidak memiliki kaki, sampai bentuk hampir bulat tanpa kepala, dan tertutup dua keping cangkang. Tubuh moluska akan tetap berada di dalam cangkang, hingga pada kondisi aman moluska akan keluar dari cangkangnya. Adapun jenis hewan dari moluska yang tidak memiliki cangkang adalah gurita. Moluska diperkirakan terdapat sekitar 80.000 sampai 150.000 spesies, dan 35.000 menjadi fosil. Moluska memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

1. Tubuh simetri bilateral, tertutup oleh mantel yang menghasilkan cangkang, dan memiliki kaki ventral
2. Saluran pencernaan lengkap, dalam rongga mulut memiliki radula kecuali pada pelecypoda.
3. Mulut berhubungan dengan oesophagus, perut, dan usus yang melingkar
4. Anus terletak di tepi dorsal rongga mantel di bagian posterior.
5. 13 Jantung moluska terdiri dari dua serambi dan sebuah bilik, terdapat di dalam rongga pericardium.
6. Peredaran darah terbuka yang berarti darah tidak melalui pembuluh darah, tetapi melalui sinus darah yaitu rongga di antara sel-sel dalam organ
7. Alat pernapasan kebanyakan moluska dilakukan oleh satu atau banyak insang yang disebut dengan ctenidia. Selain itu, adapula yang memiliki paru-paru atau keduanya.
8. Alat indera terletak di dalam rongga mantel yang disebut dengan osphradium. Osphradium berfungsi sebagai chemoreceptor dan mendeteksi jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran air yang masuk.
9. Kebanyakan moluska memiliki kaki yang besar, datar, berotot, dan bagian telapak kaki mengandung kelenjar lendir serta cilia.
10. Sistem saraf terdiri atas cincin saraf yang melingkari oesophagus dengan beberapa pasang ganglion dan dua pasang benang saraf

Berdasarkan keberadaan kaki, cangkang, dan alat pernapasannya, filum moluska terbagi menjadi tujuh kelas, yakni sebagai berikut.

1. Kelas Gastropoda. Pada umumnya memiliki cangkang tunggal, atau tanpa cangkang karena mereduksi. Kepala, tubuh dan alat gerak dapat dibedakan dengan mudah. Alat gerak di bagian perut terdiri dari sebagian besar jaringan otot. Berasal dari kata gastro yang berarti perut, dan poda berarti kaki. Mata dapat dilihat dengan jelas. Telah teridentifikasi sekitar 35.000 jenis di seluruh dunia, dan sekitar 20.000 adalah moluska yang hidup di air laut. Terdiri dari berbagai jenis keong, siput, dan limpet.
2. Kelas Bivalvia/Pelecypoda. Merupakan kelompok moluska yang memiliki sepasang cangkang yang dihubungkan oleh semacam engsel (ligamen) sehingga dapat dibuka dan ditutup, biasa disebut bivalvia. Kaki berupa jaringan otot berbentuk pipih melebar, atau termodifikasi menjadi alat penggali ataupun alat pelekat. Kepala tereduksi sehingga sulit untuk dikenali. Tidak memiliki mata. Alat pernapasan berupa insang. Organ kelamin bersifat dioecious, dan beberapa bersifat hermaphrodit atau dapat berubah kelamin. Terdiri dari kerang, remis, kupang, dan tiram.
3. Kelas Aplacophora. Memiliki bentuk menyerupai cacing, ukuran tubuh sangat kecil diselubungi lapisan kapur, tetapi tidak memiliki cangkang. Alat gerak sulit dikenali karena tereduksi. Alat pernapasan berupa insang, terletak pada kloaka. Disebut juga dengan Solenogaster. Terdeskripsi sekitar 250 jenis, di seluruh laut dunia.
4. Kelas Monoplacophora. Tubuhnya kecil dengan bentuk seperti limpet, bedanya dengan limpet adalah memiliki segmentasi internal. Sangat jarang karena umumnya hidup di laut dalam. Sampai saat ini di seluruh dunia hanya tercatat sekitar 10 jenis. Dari jumlah itu pun umumnya ditemukan hanya berupa cangkang.
5. Kelas Polyplacophora. Dikenal dengan sebutan chiton, merupakan moluska paling primitif. Memiliki 8 buah cangkang yang berupa lempengan dan tersusun berjajar seperti susunan genteng pada bagian dorsal. Berasal dari kata poly yang berarti banyak, dan placo berarti lempeng. Memiliki empat sampai delapan pasang insang yang tersusun seperti sisir di dalam mantel. Alat gerak pada bagian ventral, berbentuk pipih, dapat melekat kuat pada substrat. Diketahui sekitar 650 jenis yang umumnya ditemukan pada perairan dangkal dengan substrat berbatu.
6. Kelas Scaphopoda. Memiliki cangkang tunggal dengan bentuk cangkang menyerupai tanduk atau gading. Meskipun memiliki cangkang tunggal yang identik dengan gastropoda, tetapi hubungannya lebih dekat dengan pelecypoda. Ciri utama yang identik dengan pelecypoda adalah tidak adanya kepala, mata, insang, dan jantung. Disebut juga dengan keong gigi karena biasanya dijumpai hanya pada ujung cangkang saja. Diketahui ada sekitar 350 jenis dalam satu famili di seluruh dunia.
7. Kelas Cephalopoda. Umumnya tidak bercangkang, kecuali pada Nautilus spp. Memiliki bagian tubuh yang dapat dibedakan dengan mudah. Kaki terdapat pada bagian kepala. Berasal dari kata cephal yang berarti kepala, dan poda berarti kaki. Alat pernapasan berupa insang. Bersifat dioecious dan bereproduksi dengan cara kopulasi. Di seluruh dunia tercatat ada lebih dari 1.000 jenis. Terdiri dari nautilus, cumi-cumi, sotong, dan gurita.



Gambar 3. Contoh moluska

Sumber: Arbi dkk. (2022)

Echinodermata. Ciri khas dari filum Echinodermata adalah memiliki lima sumbu tubuh dan kulitnya berduri, baik duri lunak maupun duri keras. Filum ini terdiri dari lima kelas, yaitu:

1. Kelas Holothuroidea

Kelas ini dikenal dengan nama timun laut, atau teripang bagi jenis-jenis yang dimanfaatkan oleh manusia. Ciri khas dari timun laut adalah memiliki bentuk tubuh memanjang dengan sisi punggungnya (dorsal) terdapat dua sumbu simetri tubuh (bivium) dan sisi perutnya (ventral) terdapat tiga sumbu simetri tubuh (trivium) (Samyn dkk, 2006). Di sisi punggungnya terdapat tonjolan yang berfungsi sebagai sensor atau indra peraba yang disebut papila (dorsal papillae). Di sisi perutnya terdapat tonjolan kecil dan panjang yang berfungsi sebagai alat pergerakan yang disebut kaki tabung (tube feet). Di salah satu ujung tubuhnya terdapat mulut yang dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi sebagai alat penangkap makanan dan mengantarkannya ke dalam mulut, sedangkan di ujung lainnya terdapat anus.

2. Kelas Asteroidea

Anggota kelas ini diwakili oleh bintang laut. Seperti namanya, anggota kelompok ini sebagian besar berbentuk bintang dengan lima lengan dan kelipatannya walaupun ada juga yang berbentuk pentagon karena lengan yang sangat pendek, atau lengannya berjumlah empat hingga tujuh. Tubuh hewan ini tersusun atas rangka kapur yang disebut keping-keping ossicles, dengan berbagai bentuk dan tersusun sedemikian rupa hingga memberi kemungkinan bagi lengan bintang laut untuk bergerak dan menekuk.

3. Kelas Ophiuroidea

Anggota kelas ini disebut juga dengan bintang mengular, terlihat seperti bintang laut tetapi dengan lengan yang lebih ramping, lebih Panjang, dan lebih fleksibel. Tubuhnya terdiri atas cakram pusat (disc) dan umumnya memiliki lima lengan. Mulut terdapat pada cakram pusat di bagian ventral, tanpa memiliki anus. Lengan yang

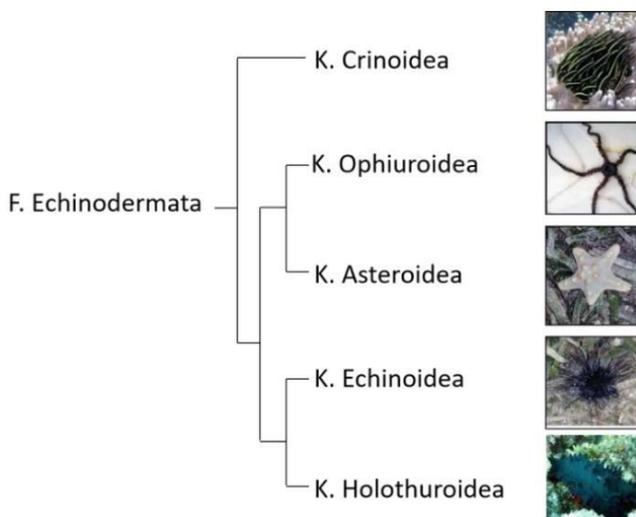
bersegmen-segmen terhubung dengan cakram pusat dengan duriduri yang ada di sisi lengan. Bintang mengular memiliki pergerakan lebih cepat dibandingkan bintang laut. Bintang mengular mengandalkan pergerakan dengan menggunakan lengan yang fleksibel seperti ular, sedangkan bintang laut hanya mengandalkan kaki tabung. Lengan juga membantu dalam proses makan di mana makanan digunakan untuk “memegang” makanan, lalu dimasukkan ke mulut. Mulut bintang mengular memiliki lima rahang dari osikula atau lempeng kapur. Karena tidak memiliki anus, maka sisa pencernaan juga dibuang melalui mulutnya.

4. Kelas Echinoidea

Kelas ini diwakili oleh kelompok yang umum seperti bulu babi dan dolar pasir. Anggota kelas Echinoidea ini dapat ditemukan pada berbagai substrat baik secara mengelompok maupun soliter. Beberapa ditemukan di tempat terbuka, meliang, maupun bersembunyi di bawah permukaan pasir. Anggota kelas Echinoidea memiliki rangka keras yang merupakan endoskeleton, terbentuk dari keping *ossicle* atau osikula yang keras, dan menyatu sehingga diistilahkan sebagai test atau beberapa menyebut cangkang. Permukaan tubuhnya dipenuhi duri yang bisa digerakkan oleh otot, sehingga tampak seperti bola berduri pada beberapa jenis. Hewan pada kelas ini memiliki sistem gigi yang disebut Aristotle's Lantern, walaupun pada beberapa ahli menganggap bahwa Aristotle's Lantern mengacu pada cangkang/test dari bulu babi. Bentuk durinya dapat bermacam-macam, ada yang tipis, tebal, panjang, pendek, berbentuk lempengan, pejal, beronga, dan variasi lainnya. Satu duri dari kelas ini merupakan satu kristal utuh. Duri-duri pada Echinoidea digunakan sebagai pertahanan dan pergerakan.

5. Kelas Crinoidea

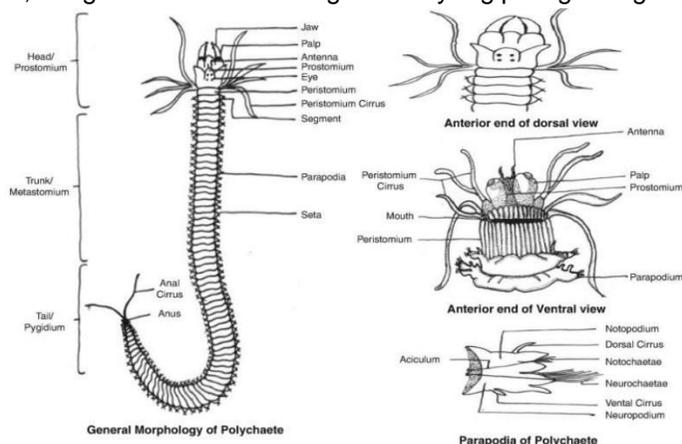
Crinoidea memiliki cakram pusat dengan mulut yang terletak di permukaan atas bersebelahan dengan anus. Cakram pusat ini dikelilingi oleh lima lengan dan bercabang sesuai dengan ciri umum echinodermata, yaitu pentaradial. Lengan dari kelompok hewan ini memiliki osikula yang membentuk segmen-segmen dan dapat bergerak. Lengan-lengan tersebut memiliki pinnula, berbentuk kecil di sisi-sisi lengan yang berfungsi untuk mengumpulkan partikel planktonik dan detritus dari air. Cara makan seperti ini membuat hewan itu disebut sebagai *filter feeder*. Pada sisi cakram pusat memiliki banyak bentukan seperti cakar dengan ujung tajam melengkung ke sisi bawah yang disebut cirri dan berfungsi untuk mencengkeram substrat. Kelompok dengan cirri di cakram pusat disebut sebagai feather star (Bahasa Inggris: bintang bulu) dan dapat berpindah tempat. Kelompok lain disebut sea lilies (Bahasa Inggris: lili laut) memiliki batang di bawah cakram pusat dan pada bagian bawah dilengkapi dengan holdfast bentukan seperti akar untuk melekat pada substrat.



Gambar 4. Contoh echinodermata

Sumber: Arbi dkk. (2022)

Polychaeta. Kelas Polychaeta adalah cacing bersegmen yang masuk ke dalam Filum Annelida bersama Kelas Clitellata. Setiap segmen memiliki parapodia yang berkembang baik (Subkelas Errantia) atau tereduksi (Subkelas Sedentaria). Kelas ini tersusun atas 85 famili, 1417 genera, dan 11.456 spesies. Sebanyak 5200 spesies baru diprediksi akan ditemukan mulai dari sekarang hingga 2100 (Pamungkas et al., 2019). Studi taksonomi Polychaeta di Indonesia telah dimulai sejak abad ke-17 oleh Rumphius yang menemukan sebuah cacing laut dan diberi nama *Vermiculi Marini*. Polychaeta di Indonesia hingga saat ini tercatat sebanyak 580 spesies atau kurang lebih 5% dari total spesies di dunia, dengan Nereididae sebagai famili yang paling beragam (75 spesies).



Gambar 5. Morfologi umum polychaeta

Sumber: Arbi dkk. (2022)

Polychaeta tersebar luas di perairan laut dan menunjukkan pola distribusi horisontal (perubahan komposisi spesies berdasarkan lintang dan bujur) dan distribusi vertikal (perubahan komposisi spesies berdasarkan kedalaman). Kekayaan spesies cenderung tinggi di lintang 50°N, 15-30°N, dan 35°S. Spalding et al. (2007) mengusulkan sistem

Marine Ecoregions of the World (MEOW) untuk memetakan pola distribusi biota laut ke dalam 12 realm, 62 provinsi, dan 232 ekoregion. Sistem ini tampaknya kurang merepresentasikan pola distribusi Polychaeta di Indonesia, terutama Polychaeta di ekoregion Barat Sumatera dan Selatan Jawa yang cenderung memiliki komposisi spesies yang sama (Hadiyanto et al., 2021). Distribusi Polychaeta di perairan dangkal dibagi menjadi dua zona yaitu intertidal (0-2 m) dan subtidal (>2 m) (Giangrande, 1988), sedangkan Polychaeta di laut dalam terdistribusi ke dalam tiga zona, yaitu 200-1000 m, 1000-3000 m, dan >3000 m (Carvalho et al., 2013). Polychaeta tinggal di beragam substrat, seperti berbatu, pasir, lumpur, dan substrat keras buatan sebagai biofouling, sehingga sering menjadi kelompok paling dominan dalam komunitas makrobentos dalam hal kekayaan spesies dan kelimpahan (Hutchings, 1998). Karakter morfologi, terutama parapodia, menentukan kemampuan Polychaeta untuk tinggal di substrat tertentu. Polychaeta dengan parapodia yang berkembang baik (Subkelas Errantia) dapat merayap di atas permukaan substrat keras dan menggali substrat pasir atau lumpur, sedangkan Polychaeta dengan parapodia yang tereduksi (Subkelas Sedentaria) lebih terspesialisasi untuk menggali substrat lunak (pasir atau lumpur). Beberapa Polychaeta dapat mensekresi cairan di dalam tubuhnya untuk membuat tabung sebagai tempat tinggal (tubicolous worms). Polychaeta ini dapat menempel pada substrat keras atau melubanginya, sehingga cenderung bersifat sessile. Polychaeta berperan sebagai karnivora, herbivora, omnivora, pemakan deposit, dan pemakan material tersuspensi. Peran ini tergantung dari kemampuan motilitas Polychaeta. Polychaeta yang bergerak aktif di atas permukaan substrat cenderung bersifat karnivora, herbivora, atau omnivora, sedangkan Polychaeta yang menggali substrat pasir atau lumpur pada umumnya berperan sebagai pemakan deposit. Beberapa Polychaeta yang tinggal di dalam tabung dengan menempel atau melubangi substrat keras berperan sebagai pemakan partikel tersuspensi dengan bantuan tentakelnya.

1.6.6 Statistical Product and Service Solution (SPSS)

SPSS dikenalkan oleh SPSS Inc yang merupakan sebuah program computer yang berfungsi membuat analisis statistika. SPSS versi pertama dirilis pada tahun 1968, dan diciptakan oleh Norman Nie, seorang lulusan Fakultas Ilmu Politik dari Stanford University, yang sekarang menjadi Profesor Peneliti Fakultas Ilmu Politik di Stanford dan Profesor Emeritus Ilmu Politik di *University of Chicago*. Semula SPSS hanya digunakan untuk ilmu sosial saja, tapi perkembangan berikutnya digunakan untuk berbagai disiplin ilmu sehingga kepanjangannya berubah menjadi "*Statistical Product and Service Solution*". Dalam perkembangannya, SPSS mulai digunakan oleh peneliti pasar, peneliti Kesehatan, organisasi pemasaran, dan sebagainya. Adapun keunggulan SPSS adalah sebagai berikut.

1. Diwujudkan dalam menu dan kotak-kotak dialog antarmuka (*dialog interface*) yang cukup memudahkan para *user* dalam perekaman data (*data entry*)
2. Memberikan perintah dan sub-sub perintah analisis hingga menampilkan hasilnya
3. Memiliki kehandalan dalam menampilkan chart atau plot hasil analisis
4. Kemudahan penyuntingan bilamana diperlukan

Menu bar SPSS. *Menu bar* berisi Kumpulan-kumpulan perintah dasar untuk mengoperasikan SPSS. *Menu bar* terdiri atas:

1. *File*

Untuk operasi file dokumen SPSS yang telah dibuat, baik untuk perbaikan percetakan dan sebagainya. Ada 5 macam data yang digubakan dalam SPSS, yakni sebagai berikut.

- a. *Data* : dokumen SPSS berupa data
- b. *Syntax* : dokumen berisi file syntax SPSS
- c. *Output* : dokumen yang berisi hasil *running out* SPSS
- d. *Script* : dokumen yang berisi *running out* SPSS
- e. *Database*

Dalam menu file, terdapat beberapa opsi perintah, yaitu:

- a. *New* : membuat lembar kerja baru
- b. *Open* : membuka dokumen SPSS yang telah ada
- c. *Read Text Data* : membuka dokumen dari file *text*, yang bisa dikonversi dalam lembar data SPSS
- d. *Save* : menyimpan dokumen yang telah dibuat
- e. *Save as* : menyimpan ulang dokumen dengan nama/ tempat/ format yang berbeda
- f. *Page setup* : mengatur halaman kerja SPSS
- g. *Print* : mencetak hasil *output* / data / syntaq lembar SPSS
- h. *Print Review* : melihat hasil cetakan yang nantinya diperoleh
- i. *Recently used data* : berisi data yang pernah dibuka sebelumnya
- j. *Recently used file* : berisi list file yang pernah dikerjakan

2. *Edit*

Untuk melakukan pengeditan pada operasi SPSS, baik pengeditan data, serta pengaturan untuk konfigurasi secara keseluruhan.

- a. *Undo* : pembatalan perintah yang dilakukan sebelumnya
- b. *Redo* : perintah pembatalan perintah undo yang dilakukan sebelumnya
- c. *Cut* : penghapusan sebuah sel/text/objek, bisa dicopy untuk keperluan tertentu dengan perintah dari menu paste
- d. *Paste* : menampilkan sel/text/obyek hasil dari perintah copy atau cut
- e. *Paste after* : mengulangi perintah paste sebelumnya
- f. *Paste spesial* : perintah paste spesial, yaitu bisa konvesri ke gambar, word, dll
- g. *Clear* : menghapus sebuah sel/text/obyek
- h. *Find* : mencari suatu text
- i. *Options* : berisi data yang pernah dibuka sebelumnya

3. *View*

Untuk pengaturan tampilan di layar kerja SPSS, serta mengetahui proses-proses yang sedang terjadi pada operasi SPSS.

- a. *Status bar* : mengetahui proses yang sedang berlangsung
- b. *Toolbar* : mengatur tampilan toolbar

- c. *Fonts* : untuk mengatur jenis dan ukuran font SPSS
- d. *Gridlines* : mengatur garis sel pada SPSS
- e. *Value labels* : mengatur tampilan pada editor untuk mengetahui value label

4. *Data*

Menu data digunakan untuk melakukan pemrosesan data.

- a. *Define dates* : mendefinisikan sebuah waktu untuk variabel yang meliputi jam, tanggal, tahun, dan sebagainya
- b. *Insert Variable* : menyisipkan kolom variable
- c. *Insert case* : menyisipkan baris
- d. *Go to case* : memindahkan cursor pada baris tertentu
- e. *Sort case* : mengurutkan nilai dari suatu kolom variabel
- f. *Transpose* : operasi transpose pada sebuah kolom variable menjadi baris
- g. *Merge files* : menggabungkan beberapa file dokumen SPSS, yang dilakukan dengan penggabungan kolom-kolom variabelnya
- h. *Split file* : memecahkan file berdasarkan kolom variabelnya
- i. *Select case* : mengatur sebuah variable berdasarkan sebuah persyaratan tertentu

5. *Transform*

Menu transform dipergunakan untuk melakukan perubahan-perubahan atau penambahan data.

- a. *Compute* : operasi aritmatika dan logika
- b. *Count* : untuk mengetahui jumlah sebuah ukuran data tertentu pada suatu baris tertentu.
- c. *Recode* : untuk mengetahui jumlah sebuah ukuran data tertentu, sifatnya menggantikan (*into same variable*) atau merubah (*into different variable*) pada variable baru
- d. *Categorize variable* : mengubah angka rasional menjadi angka diskrit
- e. *Rank case* : mengurutkan nilai data sebuah variabel

6. *Analyze*

Menu *analyze* digunakan untuk melakukan analisis data yang telah dimasukkan ke dalam computer. Analisis data dilakukan dengan menu *correlate*, *compare*, *mens*, *regresion*.

7. *Graph*

Menu *graph* digunakan untuk membuat grafik, diantaranya ialah *bar*, *line*, *pie*, dan lain-lain.

8. *Utilities*

Menu *utilities* dipergunakan untuk mengetahui informasi variabel, informasi file, dan lain-lain.

9. *Ad-ons*

Menu *ad-ons* digunakan untuk memberikan perintah kepada SPSS jika ingin menggunakan aplikasi tambahan, misalnya, amos dan SPSS *data entry*.

10. Windows

Menu *windows* digunakan untuk melakukan perpindahan (*switch*) dari satu file ke file lainnya.

11. Help

Menu *help* digunakan untuk membantu pengguna dalam memahami perintah-perintah SPSS jika menemui kesulitan

Tool bar SPSS. *Tool Bar* pada SPSS memberikan shortcut perintah berupa ikon yang dapat mempercepat pekerjaan terkait beberapa fungsi menu bar pada SPSS. Berikut ilustrasi toolbar dari perangkat lunak SPSS.

Tabel 2. Ikon pada *tool bar* dan fungsinya

Ikon Toolbar	Nama Ikon	Fungsi
	<i>Open data document</i>	Untuk membuka file yang tersimpan sama dengan perintah File > Open > Data
	<i>Save this document</i>	Untuk menyimpan file yang sedang aktif, sama dengan File > Save (Ctrl+S)
	<i>Print</i>	Untuk mencetak data yang aktif pada Data View, sama dengan Ctrl+P
	<i>Recall recently used dialogs</i>	Untuk memanggil dialog perintah yang sering digunakan
	<i>Undo</i>	Untuk membatalkan perintah sebelumnya, sama dengan Ctrl+Z
	<i>Redo</i>	Untuk mengembalikan perintah yang telah dibatalkan sebelumnya, sama dengan Ctrl+Y
	<i>Go to case</i>	Untuk berpindah atau menyorot suatu kasus yang spesifik, sama dengan Edit > Go to Case .
	<i>Go to variable</i>	Untuk menyorot variable tertentu atau yang spesifik, sama dengan Edit > Go to Variable
	<i>Variable</i>	Untuk melihat informasi setiap variabel pada lembar kerja yang aktif, sama dengan Utilities > Variables
	<i>Run descriptive statistics</i>	Menjalankan fungsi statistika deskriptif, yang secara default menampilkan frekuensi data. Variabel yang disorot pada lembar kerja aktif akan diproses untuk analisis statistika deskriptif. Sama dengan Analyze > Descriptive Statistics > Frequencies
	<i>Find</i>	Berfungsi untuk mencari suatu nilai dari Data View yang aktif dan juga tersedia untuk menggantikan nilai tersebut. Shortcut ini merupakan perintah dari Find (Ctrl+F) dan Replace (Ctrl+H) pada menu Edit

Ikon Toolbar	Nama Ikon	Fungsi
	<i>Insert cases</i>	Untuk menambah kasus baru di sel yang disorot, sama dengan Edit › Insert Variable
	<i>Insert variable</i>	Untuk menambah atau menyisipkan variabel baru, sama dengan Edit › Insert Variable
	<i>Split file</i>	Untuk memecah dataset berdasarkan variabel. Hal ini dapat mempermudah analisis khusus terhadap variabel tertentu. Sama dengan Data › Split File
	<i>Weight cases</i>	Untuk menentukan bobot variabel, sama dengan Data › Weight Cases
	<i>Select cases</i>	Untuk menyorot kasus yang spesifik, sama dengan Data › Select Cases
	<i>Value labels</i>	Untuk mengganti tampilan value atau label pada Data View, hal ini berkaitan dengan ordinal dan nominal measurement
	<i>Use variable sets</i>	Untuk memilih variabel yang akan digunakan untuk analisis data secara menyeluruh, sama dengan Utilities › Use Variable Sets
	<i>Show variables</i>	<i>all</i> Untuk menampilkan semua variabel, sama dengan Utilities › Show All Variables
	<i>Spell check</i>	Untuk mengecek kesalahan eja, bergantung konfigurasi bahasa yang aktif, sama dengan Utilities › Spelling

Sumber: Modul Pengolahan dan Analisis Data Menggunakan SPSS (2021)

Data view. *Data view* adalah tampilan lembar kerja SPSS yang menampilkan variabel beserta data yang ada dalam variabel tersebut. Data view pada SPSS menampilkan setiap baris sebagai suatu kasus (case) dan setiap kolom merepresentasikan suatu variabel.

1. Kasus (cases) pada SPSS merepresentasikan suatu hasil pengamatan terhadap suatu objek dapat berupa pengamatan berdasarkan observasi atau eksperimen. Contoh: hasil survey suatu penelitian, hasil pendataan data mahasiswa, dan lain-lain.
2. Variabel adalah atribut, karakteristik, atau pengukuran yang mendeskripsikan suatu kasus. Contoh: umur, nama, pendidikan, dan lain-lain

Variable view. *Variable view* adalah tampilan lembar kerja SPSS untuk melakukan manajemen variabel terkait membuat dan mengedit variabel. Seluruh variabel pada SPSS dapat dilihat melalui *variable view*. Terdapat opsi *name*, *type (tipe variabel)*, *width*, *decimals*, *label*, *values*, *missing*, *columns*, *align*, *measure*, dan *role* pada *variable view*. Berikut penjelasan masing-masing opsi tersebut.

Tabel 3. Opsi *variable view*

Kolom	Opsi	Penjelasan
<i>Name</i>		Memberikan nama variabel, akan ditampilkan pada <i>header Data View</i>
		Menentukan tipe variabel
	<i>Numeric</i>	Data angka
	<i>Comma</i>	Data angka pemisah
	<i>Dot</i>	Data angka pemisah
	<i>Scientific Notation</i>	Data angka dengan tampilan notasi matematika
	<i>Type</i>	<i>Date</i>
<i>Dollar</i>		Data angka dengan tampilan dollar
<i>Custom Currency</i>		Data angka dengan tampilan mata uang tertentu
<i>String</i>		Data teks
<i>Restricted Number</i>		Hanya data angka diawali dengan angka 0 sesuai panjangnya
<i>Width</i>		Menentukan panjang data
<i>Decimals</i>	Menentukan panjang data decimal secara numerik	
<i>Label</i>	Memberikan label yang akan ditampilkan pada jendela output	
<i>Values</i>	Umumnya digunakan oleh data nominal dan ordinal untuk merepresentasikan suatu nilai numerik sebagai label	
<i>Missing</i>	Untuk penanganan data yang tidak ada (anda dapat membiarkan kosong)	
<i>Column</i>		Menentukan panjang tampilan data pada <i>Data View</i>
		Menentukan <i>align</i> tampilan data
<i>Align</i>	<i>Left</i>	Rata kiri
	<i>Right</i>	Rata kanan
	<i>Center</i>	Rata tengah
<i>Measure</i>		Menentukan tipe data
	<i>Nominal</i>	Data nominal
	<i>Ordinal</i>	Data tingkatan
	<i>Scale</i>	Data skala
<i>Role</i>		Digunakan untuk menentukan peranan variabel dalam melakukan analisis data
	<i>Input</i>	Variabel independent (predictor/default)
	<i>Target</i>	Variabel dependent (output)
	<i>None</i>	Tanpa peranan
	<i>Partition</i>	Variabel akan dilakukan partisi data menjadi sampel terpisah
	<i>Split</i>	Digunakan dengan IBM® SPSS® Modeler (bukan IBM® SPSS® Statistics).

Sumber: Modul pengolahan dan analisis data menggunakan SPSS (2021)

1.6.7 Studi Penelitian Terdahulu yang Relevan

Studi penelitian terdahulu dibutuhkan dalam memperkuat proses analisis penelitian. Berikut studi penelitian yang relevan

Tabel 4. Studi penelitian terdahulu yang relevan

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil penelitian
1	Rifqi Farhan, Barti S. Muntalif, Nurul Chazanah, Suharyanto, and Mutia Annisya Ismi, 2024	Analisis Kelimpahan Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Berdasarkan Indeks Biotik Dan Indeks Pencemaran Di Sungai Citarum, Jawa Barat	Keanekaragaman makrozoobentos yang ditemukan pada waduk bili-bili Kabupaten Gowa cukup beragam ditinjau dari parameter indeks keanekaragaman, indeks keseragaman serta indeks dominansi yaitu data indeks keanekaragaman makrozoobentos berkisar antara 2.04 – 2.22 tergolong dalam kategori sedang, indeks keseragaman makrozoobentos berkisar antara 0.94 – 0.97 tergolong pada kategori tinggi serta indeks dominansi makrozoobentos berkisar antara 0.12 – 0.14 tergolong dalam kategori rendah. Hasil pengamatan kualitas air waduk bili-bili untuk parameter fisika suhu berkisar antara 28°C-29°C, kecerahan berkisar antara 18.8 cm – 36.3 cm dan parameter kimia pH berkisar antara 7.4-7.7 dan DO berkisar antara 6.89 – 6.94 semuanya masih pada ambang batas standar mutu air yang baik dengan mengacu pada syarat baku mutu air berdasarkan PP NO. 82 Tahun 2001 serta tergolong air kelas 1.
2	M. Ahmad Efendi, Subari Yanto, Patang, 2023	Keanekaragaman Makrozoobentos dan Analisis Kualitas Air di Waduk Bili-bili Kabupaten Gowa	Berdasarkan hasil uji parameter fisika, kimia dan biologi perairan Sungai Bilah Labuhanbatu tergolong tercemar sedang. Nilai indeks keanekaragaman (H') makrozoobentos pada kelima stasiun berkisar 0.97- 2.05, hal ini menunjukkan bahwa dari keseluruhan stasiun riset termasuk ke dalam kelompok tercemar ringan. Nilai Indeks Similaritas (IS) yang diperoleh pada lima stasiun riset berkisar antara 62,5%-84,21%, dan termasuk dalam kondisi mirip.

3	Arman Harahap, 2022	Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Bilah Labuhanbatu	Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa tidak ditemukan kehadiran spesies makrozoobentos di stasiun pengamatan yang diartikan hasilnya adalah 0 (nol). Dengan analisis lebih lanjut bahwa indeks keanekaragaman jenis makrozoobenthos adalah 0 (nol) yang memiliki arti bahwa $H' < 1$ maka keanekaragaman jenis tergolong rendah, produktivitas sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem yang tidak stabil. Adapun hasil uji kualitas parameter fisika menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Adapun parameter suhu tidak memiliki rentang yang jauh berbeda antar 3 stasiun. Kecerahan memiliki nilai yang sama untuk ketiga stasiun yaitu 0.1 meter. Berdasarkan parameter kimia nilai BOD stasiun 1, 2, dan 3 hampir sama namun stasiun 3 paling kecil yaitu 2.42 mg/L. Untuk parameter DO stasiun 1 memiliki nilai terkecil yaitu 1.84 mg/L. adapun pH air juga tidak jauh berbeda antar stasiun, dengan nilai terendah sebesar 6.49 pada stasiun 1. Dilihat dari kondisi lapangan Danau Sipin diklasifikasikan tingkat pencemaran yang berat.
4	Suraida, Bobby Syefrinando, Alfian, 2021	Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air di Danau Sipin Kota Jambi	Makrozoobentos yang ditemukan dan diidentifikasi pada empat stasiun terdiri dari 6 ordo dan 10 famili. Indeks keanekaragaman berkisar dari 0.59 (rendah) – 1.25 (sedang), indeks dominansi berkisar dari 0.38 – 0.59. Adapun korelasi antara indeks keanekaragaman dengan sifat fisika dan kimia menunjukkan korelasi searah dengan variabel DO dan korelasi berlawanan arah dengan variabel pH, suhu, BOD, COD, TSS, dan TDS.
5	Lia Hikmatul Maula, 2018	Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator	Berdasarkan hasil penelitian, pada perairan Sungai Sebukhas ditemukan 3 ordo dan 5 famili makrozoobentos, yaitu: ordo <i>pulmonata</i> (achanitidae dan

		Kualitas Sungai Malang	Air Cokro	lymnatidae), ordo <i>decapoda</i> (amphipoda dan <i>sacculinidae</i>), dan ordo <i>arhynchobdelae</i> (hirudinidae). Dari 47 individu yang ditemukan, diketahui indeks keanekaragaman pada lokasi A, B, dan C secara berturut-turut adalah 2.12, 4, dan 2.55. Kelimpahan 53.7 %, 67.5 %, dan 76.5 %. Indeks dominansi 0.04, 0.09, dan 0.07. Adapun parameter fisika (suhu, kecepatan arus, TSS) dan kimia (pH, BOD, COD) yang diuji masih memenuhi baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 pada seluruh parameter fisika dan parameter kimia pH dan COD. Hasil makrozoobentos dan kualitas perairan menunjukkan perairan belum tercemar.
6	Ratna 2017	Juwita, Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Sebukhas Di Desa Bumi Agung Kecamatan Belalau Barat Lampung Barat		Keanekaragaman makrozoobentos yang ditemukan pada waduk bili-bili Kabupaten Gowa cukup beragam ditinjau dari parameter indeks keanekaragaman, indeks keseragaman serta indeks dominansi yaitu data indeks keanekaragaman makrozoobentos berkisar antara 2.04 – 2.22 tergolong dalam kategori sedang, indeks keseragaman makrozoobentos berkisar antara 0.94 – 0.97 tergolong pada kategori tinggi serta indeks dominansi makrozoobentos berkisar antara 0.12 – 0.14 tergolong dalam kategori rendah. Hasil pengamatan kualitas air waduk bili-bili untuk parameter fisika suhu berkisar antara 28°C-29°C, kecerahan berkisar antara 18.8 cm – 36.3 cm dan parameter kimia pH berkisar antara 7.4-7.7 dan DO berkisar antara 6.89 – 6.94 semuanya masih pada ambang batas standar mutu air yang baik dengan mengacu pada syarat baku mutu air berdasarkan PP NO. 82 Tahun 2001 serta tergolong air kelas 1.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan, terhitung sejak bulan Juni – Agustus 2024. Penelitian dimulai dengan observasi awal, penentuan titik penelitian berdasarkan kondisi lingkungan sekitar, pengambilan sampel makrozoobentos dan sampel air, hingga analisis hubungan keanekaragaman makrozoobentos dengan kualitas air perairan Danau Mawang.

Pengambilan data dilakukan di perairan Danau Mawang, Kelurahan Romang Lompoa, Kecamatan Bonto Marannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan dengan membagi area penelitian menjadi tujuh stasiun pengamatan. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 6. Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian kuantitatif, sehingga tidak hanya mengumpulkan data, tetapi perlu juga dilakukan analisis data yang dapat diukur dan dinyatakan dalam bentuk angka untuk menemukan pola dan hubungan antar variabel yang ditentukan. Adapun identifikasi makrozoobentos dan pengujian parameter fisik dan kimia air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Makassar.



Gambar 6. Lokasi penelitian
Sumber: Google earth pro (2024)

2.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua variabel, yaitu:

1. Variabel bebas adalah variabel yang memengaruhi atau sebab perubahan dari variabel terikat. Adapun variabel bebas dari penelitian ini adalah titik lokasi stasiun pengamatan dan waktu pengambilan sampel makrozoobentos dan sampel kualitas air perairan Danau Mawang
2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat dari adanya variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikat adalah keanekaragaman makrozoobentos dan sifat fisik-kimia perairan.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini melibatkan penggunaan beberapa alat serta bahan pada berbagai tahapan penelitian, mulai dari perencanaan hingga pengujian pengolahan sampel air limbah. Adapun alat dan bahan yang digunakan diuraikan pada tabel 5.

Tabel 5. Alat dan bahan penelitian

No	Metode	Alat dan Bahan	Kegunaan	
1.	Pengambilan Sampel Makrozoobentos			
	Secara langsung berdasarkan SNI 13-4718-1998		<i>Global Position System (GPS)</i>	Menentukan titik koordinat pengambilan sampel
			<i>Grab Sampler</i>	Mengambil sampel makrozoobentos pada perairan agak dalam dengan substrat lunak.
			Jaring 1×1 mm	Mengambil sampel makrozoobentos pada perairan berbatu
			Saringan bertingkat	Menyaring sampel substrat
			Alkohol 70 %	Mengawetkan sampel makrozoobentos
			Ember	Mewadahi sampel makrozoobentos
			Plastik	Mewadahi sampel makrozoobentos
			Sekop	Media pengaduk substrat
			Alat tulis	Mencatat hasil pengamatan
			Kamera	Alat dokumentasi
		Rakit	Alat transportasi	
2.	Pengambilan Sampel Uji Kualitas Air			
	Secara langsung berdasarkan SNI 8995:2021		<i>Global Position System (GPS)</i>	Menentukan titik koordinat pengambilan sampel
			Botol sampel	Menyimpan sampel air
			<i>Cool box</i>	Mewadahi penyimpanan sampel air

No	Metode	Alat dan Bahan	Kegunaan
		<i>Van Dorn Water Sampler</i>	Mengambil sampel air pada kedalaman tertentu
		Termometer	Mengukur suhu sampel air
		pH	Mengukur pH sampel air
		Alat tulis	Mencatat hasil pengamatan
		Kamera	Alat dokumentasi
		Rakit	Alat transportasi
3.	Identifikasi Makrozoobentos		
	Secara Mikroskopis berdasarkan SNI 03-3401-1994	Mikroskop diseksi	Alat identifikasi makrozoobentos
		Cawan petri	Media penyimpanan sampel makrozoobentos
		Pinset	Memindahkan sampel makrozoobentos saat pengidentifikasian
4.	Pengukuran Parameter TSS		
	Gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019	Desikator yang berisi desikan	Menyimpan <i>Microglass-fiber Filter</i> agar bebas air
		Oven	Mengeringkan <i>Microglass-fiber Filter</i>
		Timbangan	Menimbang <i>Microglass-fiber Filter</i>
		Gelas ukur	Mengukur sampel air
		Cawan petri	Media penimbang
		Pinset	Memindahkan <i>Microglass-fiber Filter</i>
		Sistem vakum	Membantu proses filtrasi
		<i>Microglass-fiber Filter</i>	Media filter
		Sampel air	Sebagai objek penelitian
		Air bebas mineral (Aquades)	Membantu pembilasan
5.	Pengukuran Parameter TDS		
	Gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019	Desikator yang berisi desikan	Menyimpan <i>Microglass-fiber Filter</i> agar bebas air
		Oven	Mengeringkan <i>Microglass-fiber Filter</i>
		Timbangan	Menimbang <i>Microglass-fiber Filter</i>
		Gelas ukur	Mengukur sampel air
		Cawan petri	Media penimbang
		Pinset	Memindahkan <i>Microglass-fiber Filter</i>
		Sistem vakum	Membantu proses filtrasi
		<i>Microglass-fiber Filter</i>	Media filter
		Penangas air	Memanaskan sampel air

No	Metode	Alat dan Bahan	Kegunaan
		Sampel air	Sebagai objek penelitian
		Air bebas mineral (Aquadest)	Membantu pembilasan
6.		Pengukuran Parameter DO	
	Yodometri berdasarkan SNI 6989.14:2004	Botol Winkler Terang	Menyimpan larutan uji
		Lemari Inkubasi	Menyimpan larutan botol winkler gelap yang terdapat larutan uji
		Buret	Meneteskan reagen saat titrasi
		Statif	Tempat meletakkan klem
		Klem	Menjepit buret
		Erlenmeyer	Menyimpan larutan
		Gelas ukur	Menyimpan larutan
		Labu ukur	Menyimpan larutan
		Pipet tetes	Mengaerasi sampel
		Pipet volumetric	Memindahkan larutan
		Sampel air	Memindahkan larutan
		Mangan sulfat ($MnSO_4$)	Sebagai objek penelitian
		Sodium thiosulfate ($H_2S_2O_3$)	Larutan pereaksi
		Asam sulfat pekat (H_2SO_4)	Larutan pereaksi
		Larutan alkali iodide azida (NaOH-KI)	Larutan pereaksi
		Indikator amilum	Larutan pereaksi
		Air bebas mineral	Larutan indikator
7.		Pengukuran Parameter BOD	
	Yodometri berdasarkan SNI 6989.72:2009	Botol Winkler Gelap dan Terang	Menyimpan larutan uji
		Lemari Inkubasi	Menyimpan larutan botol winkler gelap yang terdapat larutan uji
		Buret	Meneteskan reagen saat titrasi
		Statif	Tempat meletakkan klem
		Klem	Menjepit buret
		Erlenmeyer	Menyimpan larutan
		Gelas ukur	Menyimpan larutan
		Labu ukur	Menyimpan larutan
		Aerator	Mengaerasi sampel
		Pipet tetes	Memindahkan larutan
		Pipet volumetric	Memindahkan larutan
		Sampel air	Sebagai objek penelitian
		Mangan sulfat ($MnSO_4$)	Larutan pereaksi

No	Metode	Alat dan Bahan	Kegunaan
		Sodium thiosulfate ($H_2S_2O_3$)	Larutan pereaksi
		Asam sulfat pekat (H_2SO_4)	Larutan pereaksi
		Larutan alkali iodide azida (NaOH-KI)	Larutan pereaksi
		Indikator amilum	Larutan indikator
		Air bebas mineral	Larutan pereaksi
8.		Pengukuran Parameter COD	
		Pendingin Liebig 30 cm	Pengembun dalam proses destilasi cairan
		Hot plate	Memanaskan larutan
		Buret 25 mL	Meneteskan reagen saat titrasi
		Pipet volumetrik	Memindahkan larutan
		Pipet tetes	Memindahkan larutan
		Erlenmeyer 250 mL (labu refluk)	Menyimpan larutan
		Timbangan analitik	Mengukur berat suatu zat atau bahan kimia dalam jumlah sangat kecil
	Refluks Terbuka secara Titrimetri berdasarkan SNI 6989.15:2019	Sampel air	Sebagai objek penelitian
		Air bebas mineral (Aquadest)	Larutan pelarut
		Larutan Kalium Dikromat $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N	Larutan pereaksi
		Larutan asam sulfat – perak sulfat	Larutan pereaksi
		Larutan indikator ferroin	Larutan indikator
		Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N	Larutan pereaksi
		Serbuk merkuri sulfat, $HgSO_4$	Menghilangkan gangguan klorida
		Batu didih	Meratakan panas
9.		Pengukuran Parameter Amonia	
	Spektrofotometri Secara Fenat berdasarkan SNI 6989.30:2005	Spektrofotometer UV-VIS	Mengukur absorbansi
		Erlenmeyer	Menyimpan larutan
		Gelas ukur	Memindahkan larutan
		Pipet volumetrik	Memindahkan larutan

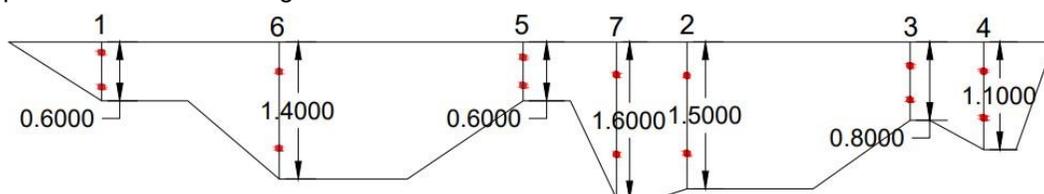
2.4.3 Identifikasi Makrozoobentos

Setelah dilakukan pengambilan sampel di lapangan, maka sampel akan diidentifikasi di laboratorium. Adapun tahapan identifikasinya ialah sebagai berikut.

1. Cuci sampel yang telah diawetkan dengan cara meletakkan substrat ke dalam saringan berukuran 1 mm, selanjutnya substrat dibilas dengan air tawar sambil digoyangkan untuk menghilangkan partikel lembut berupa lumpur, sehingga substrat yang tertinggal di atas penyaring berupa pasir halus dan kasar dan tentu saja adalah makrozoobentos
2. Selanjutnya dilakukan proses penyortiran di bawah mikroskop majemuk. Penyortiran biasanya cukup dilakukan di pembesaran 10 kali lensa objektif. Lampu mikroskop diperlukan untuk memudahkan proses tersebut. Penyortiran dilakukan dengan cawan petri sebagai wadah dan pinset sebagai alat pemindahan
3. Selanjutnya sampel diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri morfologinya dan dikelompokkan berdasarkan filum, kelas, ordo, famili, dan spesiesnya.

2.4.4 Pengambilan Sampel Air

Menurut SNI 8995:2021, setelah menentukan titik pengambilan sampel air berdasarkan lokasinya, maka perlu diketahui kedalaman danau untuk mengambil sampel air. Adapun Danau Mawang setelah diukur kedalamannya adalah < 10 m. Maka pengambilan sampel air dilakukan pada dua titik, yaitu bagian permukaan dan dasar perairan atau sekitar sepertiga dan dua pertiga kedalaman titik danau. Hal ini sesuai dengan gambar 8 yang menunjukkan kedalaman dan titik pengambilan sampel air pada kedalaman tertentu di perairan Danau Mawang.



Gambar 8. Titik Pengambilan Sampel Air

Sumber: Hasil pengukuran (2024)

Selanjutnya pengambilan sampel air dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Siapkan alat pengambil sampel air, dimana untuk mengambil sampel air dengan kedalaman tertentu digunakan *point sampler* tipe horizontal.
2. Siapkan pula wadah sampel air, dimana untuk wadah yang digunakan ialah wadah botol plastik polietilena (PE)
3. Bilas *point sampler* serta wadah sampel dengan air yang akan diambil minimal tiga kali pembilasan
4. Ambil sampel air pada dua titik kedalaman perairan, kemudian homogenkan
5. Masukkan sampel air yang telah dihomogenkan ke dalam wadah sampel air
6. Ukur parameter lapangan yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan seperti pH dan suhu. Adapun parameter lain pada penelitian yang dapat diawetkan ialah sebagaimana yang disajikan pada 8.

Tabel 8. Cara pengawetan dan penyimpanan sampel air

No	Parameter	Volume sampel diperlukan (mL)	Pengawetan	Lama penyimpanan Maksimum yang dianjurkan
1	DO	300	Titration dapat ditunda setelah diasamkan. Tambahkan H ₂ SO ₄ sampai pH < 2	8 jam
2	COD	100	didinginkan. Tambahkan H ₂ SO ₄ sampai pH < 2	7 hari
3	Nitrat-Nitrit	200	didinginkan. Tambahkan H ₂ SO ₄ sampai pH < 2	28 hari
4	Amonia-Nitrogen Organik	500	didinginkan. Tambahkan H ₂ SO ₄ sampai pH < 2	7 hari

Sumber: SNI 6989.57 (2008)

2.5 Teknik Analisis Data

2.5.1 Analisis Data Makrozoobentos

Analisis data makrozoobentos terdiri dari analisis kepadatan populasi, kepadatan relatif, indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, serta indeks dominansi makrozoobentos.

1. Kepadatan populasi dan kepadatan relatif

Dalam buku metode ekologi Krebs (2014), kepadatan populasi dan kepadatan relatif memiliki makna penting terkait dengan distribusi organisme dalam suatu ekosistem. Dimana, untuk kepadatan populasi merujuk pada jumlah individu dari suatu spesies yang tinggal di suatu area tertentu. Kepadatan populasi penting untuk memahami dinamika populasi, interaksi antar spesies, dan ketersediaan sumber daya. Kepadatan populasi dihitung dengan rumus persamaan 1.

$$K \text{ (individu/m}^2\text{)} = \frac{\text{Jumlah individu}}{\text{Luas area}} \quad (1)$$

Keterangan:

K = kepadatan populasi

Adapun kepadatan relatif dalam ilmu ekologi adalah perbandingan jumlah individu suatu spesies dengan jumlah individu spesies lain dalam ekosistem yang sama atau perbandingan kepadatan spesies di berbagai habitat. Kepadatan relatif dihitung dengan persamaan 2.

$$KR \text{ (\%)} = \frac{\text{Kepadatan suatu spesimen}}{\text{Jumlah kepadatan seluruh spesimen}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

KR = kepadatan relatif

2. Indeks keanekaragaman

Setelah dilakukan pengamatan dan identifikasi, maka dilakukan perhitungan indeks keanekaragaman. Menurut Krebs (2014), indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener* dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (3)$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener*

$p_i = n_i/N$

n_i = jumlah individu masing-masing jenis

N = jumlah total individu dari seluruh jenis

Kategori nilai indeks *Shannon-Wiener* mempunyai kisaran nilai berikut.

Tabel 9. Kategori nilai indeks keanekaragaman

Interval	Keterangan
$H' < 1$	Keanekaragaman rendah
$1 < H' < 3$	Keanekaragaman sedang
$H' > 3$	Keanekaragaman tinggi

Sumber: Krebs (2014)

3. Indeks pemerataan

Menurut Krebs (2014) nilai indeks pemerataan (E) berkisar antara 0 – 1. Jika nilai indeks keseragaman mendekati 0, berarti pemerataannya rendah karena adanya jenis yang mendominasi. Bila mendekati 1, maka pemerataan tinggi dan menggambarkan tidak ada jenis yang mendominasi sehingga pembagian jumlah individu pada masing-masing jenis sangat seragam atau merata. Adapun persamaan indeks evenness berdasarkan fungsi *Shannon-Wiener* ialah:

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad (4)$$

Keterangan:

E = indeks pemerataan

H' = indeks keanekaragaman

S = jumlah spesimen

Kategori nilai indeks pemerataan mempunyai kisaran nilai seperti tabel 10.

Tabel 10. Kategori nilai indeks pemerataan

Interval	Keterangan
$E < 0.25$	Tidak merata
$0.26 \leq E \leq 0.50$	Kurang merata
$0.51 \leq E \leq 0.75$	Cukup merata
$0.76 \leq E \leq 0.95$	Hampir merata
$0.96 \leq E \leq 1.00$	Merata

Sumber: Krebs (2014)

4. Indeks Dominansi

Menurut Krebs (2014) daya tahan dan adaptasi makrozoobentos berbeda-beda antar jenis yang satu dengan yang lainnya. Adapula jenis yang mengendalikan arus energi dan mempengaruhi lingkungan daripada jenis lainnya. Hal inilah yang

dimaksud dominansi dalam suatu ekologi. Indeks dominansi dapat diketahui menggunakan persamaan *Simpson* pada persamaan 5.

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^{-2} \quad (5)$$

Keterangan:

C = indeks dominansi

n_i = jumlah individu masing-masing jenis

N = jumlah total individu dari seluruh jenis

Indeks dominansi berada pada kisaran 0 – 1, jika indeks dominansi mendekati 0 berarti tidak terdapat generasi yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas dalam keadaan stabil. Bila indeks dominansi mendekati 1, berarti terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas labil, akibat adanya tekanan ekologis. Untuk interpretasi yang lebih jelas, kategori nilai indeks dominansi sebagaimana tabel 11.

Tabel 11. Kategori nilai indeks dominansi

Interval	Keterangan
$0.0 < C < 0.5$	Tidak terdapat spesies mendominasi
$0.5 \leq C \leq 1.0$	Terdapat spesies mendominasi

Sumber: Krebs (2014)

5. Indeks *Biological Monitoring Working Party – Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT)

Indeks BMWP-ASPT adalah indeks biotik dengan prinsip penilaian berdasarkan hasil identifikasi famili makrozoobentos yang paling toleran menyesuaikan BMWP-ASPT. Adapun tahapan perhitungan ialah sebagai berikut.

- a. Identifikasi makrozoobentos pada tiap stasiun kemudian tentukan skor untuk masing-masing famili makrozoobentos yang ditentukan berdasarkan tabel 12.

Tabel 12. BMWP score

Famili	Skor
Siphonuridae Heptageniidae Leptophlebiidae Ephemerellidae Potamanthidae Ephemeridae Taeniopterygidae Leuctridae Capniidae Perlodidae Perlidae Chloroperlidae Aphelocheiridae Phryaneidae Molannidae Beraidae Odontoceridae Leptoceridae Goeridae Lepidostomatidae Brachycentridae Sericostomatidae Astacidae Lestidae Agriidae Gomphidae Cordulegastridae Aeshnidae Corduliidae Libellulidae Psychomyiidae Philopotamidae Caenidae Nemouridae Rhyacophilidae Polycentropodidae Limnephilidae	10
Neritidae Viviparidae Ancyliidae Hydroptilidae Unionidae Corophiidae Gammaridae Platycnemididae Coenagriidae Mesoveliidae Hydrometridae Gerridae Nepidae Naucoridae Notonectidae Pleidae Corixidae Haliplidae Hygrobiidae Dytiscidae Gyrinidae Elminthidae Hydropsychidae Tipulidae Simuliidae Planariidae Dendrocoelidae Baetidae Sialidae Piscicolidae	8 7 6 5 4

Famili	Skor
Viviparidae Hydrophiidae Lymnaeidae Physidae Planorbidae Sphaeriidae Glossosomatidae Hirudidae Erpobdellidae Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta (semua kelas)	1

Sumber: Armitage et al. (1983)

- b. Setelah itu untuk mendapatkan nilai indeks BMWP-ASPT digunakan persamaan 6.

$$ASPT = \frac{BMWP \text{ total}}{S} \quad (6)$$

Keterangan:

BMWP total = jumlah skor setiap famili

S = jumlah famili

- c. Selanjutnya, interpretasikan kategori kualitas air berdasarkan nilai ASPT berdasarkan tabel 13.

Tabel 13. Kategori nilai ASPT

Nilai ASPT	Kategori
$3.0 \leq ASPT < 3.6$	Sangat buruk
$3.6 \leq ASPT < 4.3$	Buruk
$4.3 \leq ASPT < 4.8$	Sedang
$4.8 \leq ASPT < 5.4$	Baik
> 5.4	Sangat baik

Sumber: Armitage et al. (1983)

2.5.2 Analisis Parameter Fisika dan Kimia Air

Pada penelitian ini, parameter yang diukur meliputi parameter fisika (suhu, TSS, dan TDS) dan kimia (pH, DO, BOD, COD, dan Total Nitrogen). Parameter pH dan suhu diukur secara langsung (*in situ*). Sedangkan untuk parameter TSS, TDS, DO, BOD, COD, amonia akan diuji di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan nitrat, nitrit, dan nitrogen organik akan diuji di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Makassar (*eksitu*) dengan metode yaitu: Termometer berdasarkan SNI 6989.23:2005 (suhu), pH meter berdasarkan SNI 6989.11:2019 (pH), gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019 (TSS), gravimetri berdasarkan SNI 6989.27:2019 (TDS), yodometri berdasarkan SNI 6989.14:2004 (DO), yodometri berdasarkan SNI 6989.72:2009 (BOD), refluks terbuka berdasarkan SNI 6989.15:2019 (COD), dan fenat spektrofotometri berdasarkan SNI 6989.30:2005 (Amonia).

1. Pengujian suhu
 - a. Masukkan ujung bawah termometer tanpa menyentuh dasar botol.
 - b. Catat hasil yang terbaca pada termometer.
2. Pengujian pH
 - a. Siapkan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan *buffer*
 - b. Cuci elektroda dengan *aquadest*, kemudian dengan sampel air

c. Setelah itu, celupkan kedalam sampel air selama 1 menit dan mencatat hasil pembacaan.

3. Pengujian *Total Suspended Solid* (TSS)

Metode gravimetri merupakan metode yang digunakan untuk menentukan kadar padatan tersuspensi dengan prinsip penimbangan. Sampel yang telah homogen disaring dengan media penyaring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada media penyaring dikeringkan pada kisaran suhu 103°C – 105 °C hingga mencapai berat tetap. Kenaikan berat saringan mewakili *Total Suspended Solid* (TSS). Berikut prosedur pengujian *Total Suspended Solid* (TSS):

- a. Lakukan penyaringan dengan peralatan penyaring. Basahi media penyaring dengan sedikit air bebas mineral.
- b. Aduk sampel dengan membolak-balikkan botol sampel ± 20 kali, kemudian ambil air sampel sebanyak 100 mL dan masukkan kedalam media penyaring. Nyalakan sistem vakum.
- c. Bilas media penyaring 3 kali dengan masing-masing 10 mL air bebas mineral, lanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris
- d. Pindahkan *microglass-fiber filter* secara hati-hati dari peralatan penyaring ke cawan petri dengan bantuan pinset
- e. Keringkan cawan petri yang berisi *microglas-fiber filter* dalam oven selama satu jam kemudian didinginkan di desikator dan ditimbang
- f. Hitung kadar TSS dengan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \quad (7)$$

Keterangan:

W_0 = berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg)

W_1 = berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering (mg)

V = volume sampel (mL)

1000 = konversi mL ke L

4. Pengujian *Total Dissolved Solid* (TDS)

- a. Lakukan penyaringan dengan peralatan penyaring. Basahi media penyaring dengan sedikit air bebas mineral.
- b. Aduk sampel dengan membolak-balikkan botol sampel ± 20 kali, kemudian ambil air sampel sebanyak 100 mL dan masukkan kedalam media penyaring. Nyalakan sistem vakum.
- c. Bilas media penyaring 3 kali dengan masing-masing 10 mL air bebas mineral, lanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris. Buang air bilasan
- d. Untuk persiapan cawan, panaskan cawan yang bersih pada suhu 180°C selama 1 jam dalam oven kemudian pindahkan cawan ke desikator
- e. Setelah dingin segera timbang untuk mendapatkan berat awal
- f. Untuk cawan dengan padatan terlarut total, akan dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 550°C selama 60 menit
- g. Kemudian keluarkan cawan biarkan berada pada suhu kamar, dan dinginkan dalam desikator

- h. Sampel yang telah homogen dimasukkan sebanyak 100 ml kedalam alat penyaring dan vakum
- i. Setelah tersaring semua, bilas dengan air suling sebanyak 10 mL sebanyak 3 kali
- j. Lanjutkan penghisapan hingga penyaringan sempurna, kemudian hasil saringan termasuk air bilasan dimasukkan ke dalam cawan yang sudah punya berat awal
- k. Uapkan hasil saringan dengan penangas air hingga kering, kemudian masukkan ke dalam oven pada suhu 180°C selama kurang lebih 1 jam
- l. Pindahkan cawan ke dalam desikator, dan setelah dingin timbang untuk mendapatkan berat padatan terlarut
- m. Hitung kadar TDS dengan rumus:

$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \quad (8)$$

Keterangan:

W_0 = berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg)

W_1 = berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering (mg)

V = volume sampel (mL)

1000 = konversi mL ke L

5. Pengujian DO

Metode ini meliputi cara uji uji kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*, DO) dari contoh air dengan metode yodometri (modifikasi azida). Prinsip dari metode ini yaitu oksigen terlarut bereaksi dengan ion mangan (II) dalam suasana basa menjadi hidroksida mangan dengan valensi yang lebih tinggi (Mn IV). Dengan adanya ion yodida (I) dalam suasana asam, ion mangan (IV) akan menjadi ion mangan (II) dengan membebaskan yodin (I_2) yang setara dengan kandungan oksigen terlarut. Yodin yang terbentuk kemudian dititrasi dengan sodium thiosulfate dengan indikator amilum. Berikut prosedur pengujian *Dissolved Oxygen* (DO):

- a. Pindahkan sampel air ke dalam botol winkler sampai meluap (jangan sampai terjadi gelembung udara), tutup kembali.
- b. Tambahkan 1 mL Larutan $MnSO_4$ dan 1 mL NaOH-KI. Penambahan reagen-reagen ini juga dengan memasukkan pipet di bawah permukaan botol. Tutup dengan hati-hati dan mengaduk dengan membolak-balik ± 20 kali. Biarkan beberapa saat hingga endapan kecoklatan terbentuk sempurna.
- c. Tambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat dengan hati-hati dan tutup kemudian homogenkan dengan cara yang sama hingga semua endapan larut sempurna
- d. Ambil 50 mL air botol winkler dan pindahkan ke dalam erlenmeyer
- e. Tambahkan 5 - 8 tetes indikator amilum hingga terbentuk warna biru
- f. Titrasi dengan Natrium Tiosulfat 0,025 N hingga warna biru tepat hilang.
- g. Hitung kadar DO dengan rumus:

$$\text{DO (mg/L)} = \frac{1000 \times A \times N \times 8 \times \frac{V_b}{(V_b - 2)}}{V_c} \quad (9)$$

Keterangan:

A = mL larutan baku natrium thiosulfate yang digunakan

V_c = mL larutan yang dititrasi

N = kenormalan larutan natrium thiosulfate

V_b = volume botol winkler

6. Pengujian BOD

Prinsip dari metode ini yaitu sejumlah sampel ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih antara konsentrasi oksigen terlarut 0 hari dan 5 hari. Berikut prosedur pengujian *Biological Oxygen Demand* (BOD):

- Pindahkan sampel air ke dalam tabung erlenmeyer untuk dilakukan aerasi agar sampel jenuh oksigen.
- Pindahkan sampel air yang jenuh oksigen ke dalam botol winkler sampai meluap (jangan sampai terjadi gelembung udara), tutup kembali. Untuk penentuan DO_5 dilakukan penyimpanan sampel selama 5 hari terlebih dahulu. Sedangkan DO_0 langsung dilakukan metode titrasi.
- Tambahkan 1 mL Larutan MnSO_4 dan 1 mL NaOH-KI . Penambahan reagen-reagen ini juga dengan memasukkan pipet di bawah permukaan botol. Tutup dengan hati-hati dan mengaduk dengan membolak-balik ± 20 kali. Biarkan beberapa saat hingga endapan kecoklatan terbentuk sempurna.
- Tambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat dengan hati-hati dan tutup kemudian homogenkan dengan cara yang sama hingga semua endapan larut sempurna
- Ambil 50 mL air botol winkler dan pindahkan ke dalam erlenmeyer
- Tambahkan 5 - 8 tetes indikator amilum hingga terbentuk warna biru
- Titrasi dengan Natrium Tiosulfat 0,025 N hingga warna biru tepat hilang
- Hitung BOD dengan rumus:

$$\text{BOD (mg/L)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5 \quad (10)$$

Keterangan:

DO_0 = DO hari ke-0

DO_5 = DO hari ke-5

7. Pengujian COD

Prinsip dari metode ini yaitu zat organik dioksidasi dengan campuran mendidih asam sulfat dan kalium dikromat yang diketahui normalitasnya dalam suatu refluk selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS). Berikut prosedur pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD):

- Pindahkan 10 mL sampel air ke dalam erlenmeyer
- Tambahkan 0,2 g serbuk HgSO_4 dan beberapa batu didih
- Tambahkan 5 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N.
- Tambahkan dengan hati-hati 15 mL asam sulfat - perak sulfat kemudian dinginkan dalam air pendingin.
- Hubungkan dengan pendingingin Liebig dan didihkan di atas hot plate selama 2 jam.
- Dinginkan dan mencuci bagian dalam dari pendingin dengan air suling hingga sampel air menjadi lebih kurang 70 mL.

- g. Dinginkan sampai temperatur kamar, menambahkan indikator ferroin 2 sampai dengan 3 tetes, menitrasi dengan larutan FAS 0,1 N sampai warna merah kecoklatan, mencatat kebutuhan larutan FAS,
- h. Lakukan langkah 1 sampai dengan 7 terhadap air suling sebagai blanko. Mencatat kebutuhan larutan FAS.
- i. Hitung kadar COD dengan rumus:

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(B-S) \times N \times 8 \times 1000}{V} \quad (11)$$

Keterangan:

B = Volume FAS yang digunakan dalam larutan blanko (mL)

S = volume FAS yang digunakan dalam sampel air (mL)

N = Normalitas FAS (N)

V = volume sampel (mL)

8. Pengujian Amonia

Pengujian kadar amonia dilakukan secara fenat dengan spektrofotometri berdasarkan SNI 06-6989.30-2005 dengan panjang gelombang 640 nm. Prinsip kerja metode fenat adalah amonia akan bereaksi dengan natrium hipoklorit dan fenol yang selanjutnya dikatalis dengan natrium nitroprusid sehingga membentuk senyawa kompleks indofenol berwarna biru. Berikut prosedur pengujian parameter amonia:

- a. Pipet 25 mL sampel masukkan ke dalam erlenmeyer
- b. Tambahkan 1 mL larutan fenol kemudian homogenkan
- c. Tambahkan 1 mL matrium nitroprusid kemudian homogenkan
- d. Tambahkan 2.5 mL larutan pengoksidasi kemudian homogenkan
- e. Tutup erlenmeyer tersebut dengan plastik atau aluminium foil, biarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna
- f. Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada gelombang 640 nm.
- g. Hitung kadar amonia dengan rumus:

$$\text{NH}_3 \text{ (mg/L)} = C \times fp \quad (12)$$

Keterangan:

C = kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp = faktor pengenceran

Selanjutnya, dilakukan analisis nilai indeks pencemaran air berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 dengan meninjau status mutu air. Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan kriteria mutu air yang ditetapkan. Status mutu air ditentukan berdasarkan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air dengan Indeks Pencemaran (*Pollution Index*). Jika C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang diperoleh dari hasil pengujian, L_{ij} menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu air danau dan sejenisnya pada kelas II, maka P_{ij} nilai indeks pencemaran dirumuskan :

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{C_i^2}{L_{ij}} M - \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right) R} \quad (13)$$

Keterangan:

M = nilai maksimum

R = nilai rata-rata

Nilai indeks pencemaran (P_{ij}) direpresentasikan dengan tabel 14.

Tabel 14. Interval tingkat pencemaran

Nilai	Keterangan
$0 \leq P_{ij} \leq 1.0$	Memenuhi baku mutu
$1.0 < P_{ij} \leq 5.0$	Tercemar ringan
$5.0 < P_{ij} \leq 10$	Tercemar sedang
$P_{ij} > 10$	Tercemar berat

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 (2021)

Adapun perhitungan indeks pencemaran air memiliki beberapa syarat perhitungan antara lain:

- a. Jika nilai konsentrasi parameter menurun menunjukkan pencemaran yang meningkat, misalnya parameter DO, maka nilai teoritik atau nilai maksimum C_{iM} merupakan nilai DO jenuh. Dalam kasus ini, jika $C_i < L_{ij}$, nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan dengan nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan, yaitu:

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = \frac{C_{iM} - C_i}{C_{iM} - L_{ij}} \quad (14)$$

Namun, jika $C_i > L_{ij}$, maka nilai (C_i/L_{ij}) baru adalah L_{ij}/C_i .

- b. Jika nilai L_{ij} memiliki rentang, maka:

Untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata :

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = \frac{C_i - L_{ij} \text{ rata-rata}}{L_{ij} \text{ minimum} - L_{ij} \text{ rata-rata}} \quad (15)$$

Untuk $C_i \geq L_{ij}$ rata-rata :

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = \frac{C_i - L_{ij} \text{ rata-rata}}{L_{ij} \text{ maksimum} - L_{ij} \text{ rata-rata}} \quad (16)$$

- c. Jika nilai C_i atau L_{ij} berdekatan atau berbeda jauh, maka:

Untuk $C_i/L_{ij} < 1$ maka gunakan langsung nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran, namun jika $C_i/L_{ij} > 1$ maka (C_i/L_{ij}) baru:

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = 1 + P \log (C_i/L_{ij} \text{ hasil pengukuran}) \quad (17)$$

Keterangan:

P = 5 (konstanta)

2.5.3 Hubungan Indeks Makrozoobentos Dengan Parameter Fisika Dan Kimia Air

Analisis korelasi antara keanekaragaman Makrozoobentos dengan parameter fisika dan kimia air dilakukan dengan rumus koefisien *Pearson* di bawah ini.

$$r = \frac{\sum(x-x)(y-y)}{\sqrt{\sum(x-x)^2 \sum(y-y)^2}} \quad (18)$$

Keterangan:

r = koefisien korelasi

x = variabel bebas

y = variabel terikat

Korelasi Pearson ini diprogramkan menggunakan *software* SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) 27.0, dimana keanekaragaman makrozoobentos sebagai variabel terikat (y) dan sifat fisika dan kimia air merupakan variabel bebas (x). Adapun koefisien korelasi sederhana dilambangkan dengan (r) adalah suatu ukuran arah dan kekuatan hubungan antar kedua variabel x dan y, dengan ketentuan nilai r berkisar dari $-1 \leq r \leq 1$. Apabila $r = -1$ berarti korelasinya negatif sempurna (menyatakan hubungan antara x dan y adalah negatif dan sangat kuat), $r = 0$ artinya tidak ada korelasi, dan $r = 1$ berarti korelasinya sangat kuat dengan arah yang positif. Nilai positif menunjukkan hubungan searah meningkat, dan nilai negatif menunjukkan hubungan searah menurun. Nilai (r) direpresentasikan dengan tabel 15.

Tabel 15. Interval korelasi dan tingkat hubungan antar variabel

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
$0,000 \leq r \leq 0,199$	Sangat rendah
$0,200 \leq r \leq 0,399$	Rendah
$0,400 \leq r \leq 0,599$	Sedang
$0,600 \leq r \leq 0,799$	Kuat
$0,800 \leq r \leq 1,000$	Sangat kuat

Sumber: Krebs (2014)

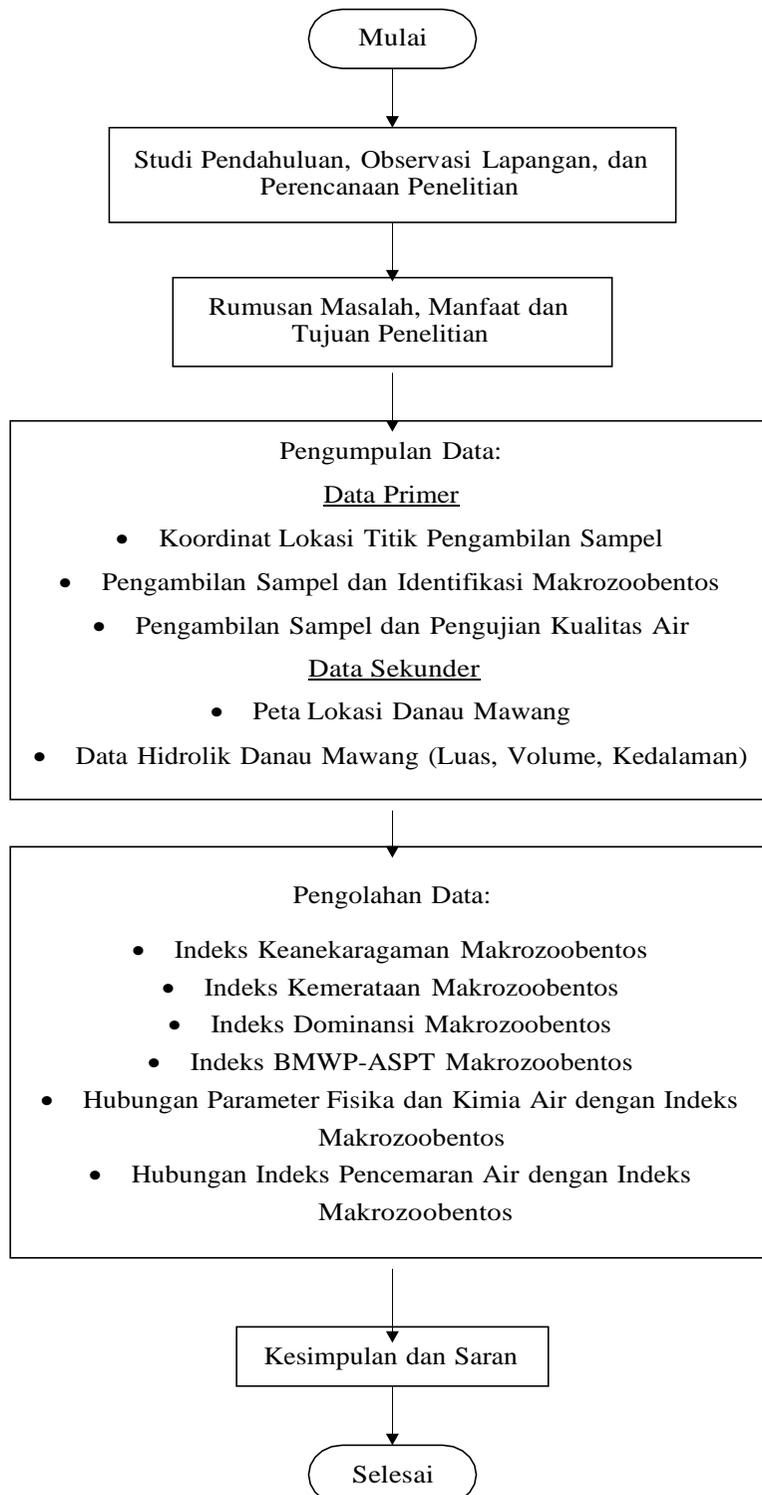
Syarat untuk dilakukannya analisis korelasi Pearson dengan SPSS ialah sebagai berikut.

1. Kedua variabel yang dihubungkan merupakan variabel numerik
2. Jenis hipotesis merupakan hipotesis korelatif
3. Jika normal dan syarat linearitas terpenuhi, maka dilakukan uji korelasi Pearson
4. Bila kedua variabel tidak normal dan syarat linearitas terpenuhi, maka pengujian korelasi *Spearman*, jika normal maka pengujian korelasi *Pearson*.

Analisis korelasi *Pearson* dengan SPSS 27.0 dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

1. Buka program SPSS, klik *variable view*. Selanjutnya, pada bagian *name* tulis setiap variabel bebas (parameter air) dan variabel terikat (indeks makrozoobentos), pada *decimals* ubah semua menjadi angka 0.
2. Selanjutnya, dari menu utama SPSS, pilih menu *Analyze*, lalu klik *Non Parametric Test*, lalu klik *Legacy Dialogs*, lalu klik *1-Sample K-S*. Muncul kotak dialog dengan nama "*One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test*". Masukkan variabel x dan y. Selanjutnya, pada kotak *test distribution* pilih normal, terakhir klik OK. Jika nilai *p-value* > 0.05, artinya data terdistribusi normal dan uji korelasi *Pearson* dapat dilanjutkan. Namun, jika *p-value* ≤ 0.05, artinya data tidak terdistribusi normal, dan digunakan metode uji korelasi *Spearman*.
3. Selanjutnya, dari menu utama SPSS, pilih menu *Analyze*, lalu klik *Correlate*, dan klik *Bivariate*. Muncul kotak dialog dengan nama "*Bivariate Correlations*". Masukkan variabel *suhu* (X1), *pH* (X2), dan *H'* (Y1) dan seterusnya pada kotak *variables*. Selanjutnya, pada kolom "*Correlation Coefficient*" pilih *pearson*, lalu untuk kolom "*Test of Significant*" pilih *Two-tailed*, dan centang pada *Flag Significant Correlations*, terakhir klik OK untuk mengakhiri perintah.

2.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian