

**SKRIPSI**

**ANALISIS KUALITAS AIR DAN BEBAN PENCEMARAN  
BERDASARKAN PARAMETER MIKROBIOLOGI  
DI DANAU UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**NURHUDAENI RAHMIANI  
K011181048**



*Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat*

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS KUALITAS AIR DAN BEBAN PENCEMARAN  
BERDASARKAN PARAMETER MIKROBIOLOGI  
DI DANAU UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**Disusun dan diajukan oleh**

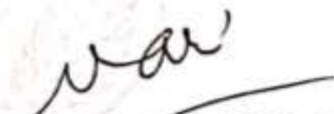
**NURHUDAENI RAHMIANI  
K011181048**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelaksanaan Studi Program Sarjana Program Studi Kesehatan Masyarakat  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 18 Juli 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



**Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes**  
Nip. 19661012 199303 1 002

**Dr. Hasnawati Amqam, S.KM., M.Sc**  
Nip. 19760418 200501 2 001



Ketika Program Studi,  
**Dr. Suriyah, SKM, M.Kes**  
Nip. 197405202002122001

## PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Senin  
Tanggal 18 Juli 2022.

Ketua : Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes (.....)

Sekretaris : Dr. Hasnawati Amqam, S.KM., M.Sc (.....)

Anggota :

1. Basir, SKM., M.Sc (.....)

2. Awaluddin, SKM., M.Kes (.....)

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurhudaeni Rahmiani

Nim : K011181048

Fakultas : Kesehatan Masyarakat

No.Hp : 085342684497

E-mail : rahmianin18k@student.unhas.ac.id

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi **“ANALISIS KUALITAS AIR DAN BEBAN PENCEMARAN BERDASARKAN PARAMETER MIKROBIOLOGI DI DANAU UNIVERSITAS HASANUDDIN”** benar bebas dari plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia disanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 28 Juli 2022



Nurhudaeni Rahmiani

## RINGKASAN

Universitas Hasanuddin  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Kesehatan Lingkungan

**Nurhudaeni Rahmiani**

**“Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Parameter Mikrobiologi di Danau Universitas Hasanuddin**

**(xx + 106 Halaman, 12 Tabel, 6 Gambar, 7 Grafik, 15 Lampiran)**

Danau Unhas merupakan Danau yang mendapatkan masukan bahan pencemar dari kegiatan pemukiman penduduk, Pesantren, Pangkalan Militer dan gedung kuliah Unhas karena terdapat saluran air tetap menuju danau yang memungkinkan terjadinya pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air dan alokasi beban pencemaran berdasarkan parameter *Total coliform* dan *Fecal coliform* di Danau Universitas Hasanuddin.

Jenis penelitian ini adalah observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*. Populasi dalam penelitian adalah semua air Danau Unhas dengan mengambil 5 titik sampel yaitu titik 1 (*outlet*), titik 2 (*inlet* 1), titik 3 (*inlet* 2), titik 4 (penyadapan) dan titik 5 (*inlet* 3). Pengambilan sampel dilakukan dua kali yaitu pada pagi dan sore hari secara *grab sampling* (sampel sesaat). Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan pemeriksaan laboratorium dan pengukuran debit menggunakan current meter serta melalui kajian kepustakaan. Pemeriksaan kepadatan *Total coliform* dan *Fecal coliform* menggunakan metode tabung ganda dengan tabel MPN melalui dua tahapan pemeriksaan yaitu Uji Praduga (*presumptive test*) dan Uji Penegasan (*Confirmed test*). Pengolahan dan analisis data menggunakan statistik deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan narasi.

Hasil pengukuran debit air rata-rata yang masuk ke Danau Unhas sebanyak 0,121 m<sup>3</sup>/det dan debit keluar rata-rata 0,06 m<sup>3</sup>/det. Hasil pengukuran kandungan bakteri *Total coliform* di Danau Unhas diperoleh hasil *Total coliform* maksimum >16000 MPN/100 ml dan minimum 330 MPN/100 ml dengan kepadatan rata-rata >10932 MPN/100 ml. Hasil pengukuran kandungan bakteri *Fecal coliform* di Danau Unhas diperoleh hasil *Fecal coliform* maksimum >16000 MPN/100 ml dan minimum 110 MPN/100 ml dengan kepadatan rata-rata >8555MPN/100 ml. Status baku mutu air Danau Unhas menggunakan metode STORET, termasuk dalam kondisi perairan yang tercemar sedang yang dapat dilihat dari jumlah skornya dengan nilai -12 sampai -30 kecuali pada titik 5 yang memenuhi baku mutu kelas 3. BPA *Total coliform* yang melebihi BPM berada pada titik 3 dan titik 4 pada pengukuran pagi dan sore hari serta titik 2 pagi hari, titik tersebut melebihi batas beban pencemaran yang dapat ditampung oleh

Danau Unhas. BPA *Fecal coliform* yang melebihi BPM berada pada titik 2, titik 3, titik 4 dan titik 1(pemeriksaan sore hari), keempat titik tersebut melebihi batas beban pencemaran yang dapat ditampung oleh Danau Unhas.

Perlunya dilakukan pengontrolan dan pemantauan secara komprehensif dan berkelanjutan dari pihak berwenang. Pemantauan harus terus menerus dilakukan agar Danau Unhas dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya. Memberikan rekomendasi kepada Pihak Unhas dan Pemerintah setempat untuk membangun fasilitas IPAL untuk pengolahan limbah buangan sebelum dialirkan ke Danau. Pengolahan ini dimaksudkan air kualitas air Danau dapat ditingkatkan dan dimanfaatkan lebih luas lagi kedepannya.

**Kata Kunci : Kualitas Air, Beban Pencemaran, Danau**

**Daftar Pustaka : 48 (2001-2022)**

## **SUMMARY**

**Hasanuddin University  
Faculty of Public Health  
Environmental Health**

**Nurhudaeni Rahmiani**

**“Analysis of Water Quality and pollution Load Based on Microbiological Parameters in Hasanuddin University Lake”**

**(xx + 106 Pages, 12 Tables, 6 Figures, 7 Charts, 15 Appendix)**

*Unhas Lake is a lake that gets input of pollutant materials from residential activities, Islamic boarding schools, military bases and Unhas college buildings because there is a permanent water channel leading to the lake which allows pollution to occur. This study aims to determine the water quality and pollution load allocation based on the parameters of Total coliform and Fecal coliform in Hasanuddin University Lake.*

*This type of research is analytic observational with a cross sectional approach. Determination of the sampling location is done by purposive sampling technique. The population in this study was all water from Lake Unhas by taking 5 sample points, namely point 1 (outlet), point 2 (Inlet 1), point 3 (Inlet 2), point 4 (tapping) and point 5 (Inlet 3). Sampling was carried out twice, namely in the morning and afternoon by grab sampling (sampling). Research data was collected by laboratory examination and measurement of discharge using a current meter and through literature review. Examination of the density of Total coliform and Fecal coliform using the double tube method with the MPN table through two stages of examination, namely the presumptive test and the Confirmation test. Processing and analyzing data using descriptive statistics and presented in the form of tables, graphs and narratives.*

*The results of the measurement of the average water discharge entering Unhas Lake are 0,121 m<sup>3</sup>/s and the average discharge is 0,06 m<sup>3</sup>/s. The results of the measurement of the total coliform bacteria content in Unhas Lake obtained the maximum total coliform >16000 MPN/100 ml and a minimum of 330 MPN/100 ml with an average density of >10932 MPN/100 ml. The results of measurements of Fecal coliform bacteria content in Unhas Lake obtained maximum Fecal coliform results > 16000 MPN/100 ml and a minimum of 110 MPN/100 ml with an average density of > 8555 MPN/100 ml. The status of the water quality standard of Lake Unhas using the STORET method, including in moderately polluted water conditions which can be seen from the total score with a value of -12 to -30 except at point 5 which meets the class 3 quality standard. 3 and 4 in the*

*morning and evening measurements as well as point 2 in the morning, these points exceed the pollution load limit that can be accommodated by Unhas Lake. Fecal coliform BPA which exceeds BPM is at point 2, point 3, point 4 and point 1 (afternoon inspection), these four points exceed the pollution load limit that can be accommodated by Unhas Lake.*

*It is necessary to carry out comprehensive and continuous control and monitoring from the authorities. Monitoring must be carried out continuously so that Unhas lake can be used properly. Provide recommendations to Unhas and the local government to build WWTP facilities for the treatment of effluent before it is channeled into the lake. This treatment is intended to improve the water quality of the lake water and use it more widely in the future.*

***Keywords: Water Quality, Pollution Load, Lake***

***Bibliography : 48 (2001-2022)***



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Segala puji bagi Allah *Shubahanahu Wa Ta'ala*, karena berkat rahmat dan ridha-Nya sehingga tugas akhir (skripsi) penulis dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tidak lupa dihaturkan kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* yang merupakan sebaik-baiknya suri tauladan bagi umat manusia.

Alhamdulillah dengan segala usaha dan kerja keras serta dukungan dan doa dari keluarga, kerabat, dan seluruh pihak yang telah berpartisipasi sehingga skripsi yang berjudul “**Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Parameter Mikrobiologi di Danau Universitas Hasanuddin**” dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat. Penulis dedikasikan skripsi ini kepada kedua orang tua tercinta (**Ismail dan Hadaria**) yang selama ini telah mendoakan memberikan dukungan baik secara moral dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga persembahkan skripsi ini kepada Saudara Kandung penulis (**Nurhidayah Amriani, S.H dan Muhammad Ridha Nur Wahid**) yang telah memberikan dukungan selama pengerjaan skripsi.

Pengerjaan skripsi ini tentunya penulis mendapat bantuan, semangat, doa serta motivasi, sehingga penulis dapat melewati hambatan dan tantangan tersebut dengan mudah. Dengan rohmat dan segala

kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Aminuddin Syam, SKM.,M,Kes.,M.Med.Ed selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
3. Dr. Erniwati Ibrahim, S.KM.,M.Kes selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Anwar Daud SKM.,M.Kes selaku Dosen pembimbing I dan Ibu Hasnawati Amqam, S.KM.,M.Sc selaku Dosen pembimbing II yang telah membimbing dan meluangkan waktu ditengah kesibukannya demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Basir SKM.,M.Sc selaku penguji dari Departemen Kesehatan Lingkungan dan Bapak Awaluddin, S.KM.,M.Kes selaku penguji dari Departemen Keselamatan dan Kesehatan kerja yang telah memberikan saran dan kritik serta arahan perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Prof. Dr. Masni, Apt. MSPH selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasihat, motivasi, serta dukungan selama menempuh pendidikan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh Bapak/Ibu dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah mengajarkan berbagai hal dan pengalaman

berharga yang berhubungan dengan ilmu kesehatan masyarakat selama mengikuti perkuliahan.

8. Seluruh Staf dan pegawai di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam pengurusan dalam pelaksanaan perkuliahan baik secara langsung maupun tidak langsung. Khususnya Staf Departemen Kesehatan Lingkungan banyak membantu dan memfasilitasi untuk kelancaran perkuliahan dan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Terkhusus kepada Keluarga Besar penulis yang telah memberikan dukungan selama menempuh pendidikan S1 di FKM Unhas
10. Sahabat Gurls (Alifah, Fauziah, Syukma dan Anti) yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan S1 di FKM Unhas.
11. Botaq (Aisyah, Icha, Ilmia, Dila dan Kikas) yang telah membersamai penulis dari SMA dan memberikan dukungan serta mendengarkan keluh kesah penulis.
12. Sahabat Penulis (Wiwi, Tika, Aan, Arif) yang selalu menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah selama menempuh proses perkuliahan, organisasi dan pengerjaan skripsi.
13. Sobat danau (Musda, Angel, Hezty, Nadiya, Miftah dan Risqal) yang sudah membantu dan bekerjasama serta saling dukung dalam penyelesaian skripsi ini.

14. UHC TEAM (Badawi, Rafly dan Wawan) yang telah memberikan pengalaman berharga dan menyenangkan kepada penulis selama berproses pada ajang Program Kreativitas Mahasiswa Tahun 2021
15. Keluarga Besar ISMKMI Nasional, DPN ISMKMI, Keilmuan Nasional, ISMKMI Wilayah 4, ISMKMI Daerah Sulselbar dan ISMKMI Unhas yang menjadi teman berproses penulis dalam berorganisasi selama perkuliahan.
16. Keluarga Besar UKM KPI Unhas khususnya Kabinet Lentera, Sobat Humas dan Angkatan 11 UKM KPI yang telah kebersamai penulis dalam berorganisasi dan mengembangkan potensi pada bidang penalaran dan keilmuan.
17. Teman-teman VENOM 2018 yang telah menjadi keluarga penulis selama berproses di KM FKM Unhas
18. Teman-teman Departemen Kesehatan Lingkungan angkatan 2018 yang telah kebersamai serta membantu dalam proses perkuliahan.
19. Teman-teman Posko PBL Melayu yang kebersamai penulis untuk berproses menerapkan ilmu Kesmas di masyarakat.
20. Keluarga Besar KM FKM Unhas yang telah memberikan penulis ruang untuk berproses di Lembaga FKM Unhas
21. Keluarga Besar Hml Kom. Kesmas yang telah menjadi tempat belajar penulis

22. Kepada petugas Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKLPP) yang telah membantu dalam pemeriksaan sampel penelitian.
23. Kepada seluruh pihak yang tidak sempat penulis sebutkan namanya namun telah membantu penulis dalam penyelesaian pendidikan jenjang Sarjana penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, saya mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan pada skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya maupun bagi dunia pendidikan dan masyarakat.

Makassar, 18 Juli 2022

Nurhudaeni Rahmiani

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....Error! Bookmark not defined.	
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI</b> .....Error! Bookmark not defined.	
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b> Error! Bookmark not defined.	
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>v</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
1. Tujuan Umum.....	6
2. Tujuan Khusus.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Tinjauan Umum Tentang Air Danau.....	7
B. Tinjauan Umum Tentang Kualitas Air.....	8
C. Tinjauan Umum Tentang Beban Pencemaran.....	11
D. Tinjauan Umum Tentang Bakteri <i>Coliform</i> .....	13
E. Tinjauan Umum Tentang <i>Fecal coliform</i> .....	16
F. Kerangka Teori.....	21
<b>BAB III KERANGKA KONSEP</b> .....	<b>24</b>
A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian.....	24
B. Kerangka Konsep Penelitian.....	25
C. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	26
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
A. Jenis Penelitian.....	29
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
C. Populasi dan Sampel Penelitian.....	30
D. Pengambilan Sampel.....	33
E. Pemeriksaan Laboratorium.....	36

F. Pengumpulan Data.....	47
G. Instrumen Penelitian.....	48
H. Pengolahan dan Analisis Data.....	49
I. Penyajian Data.....	49
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	50
1. Kondisi Geografis Danau Unhas .....	50
2. Deskripsi Titik Pengambilan Sampel .....	51
B. Hasil.....	56
1. Hasil Pengukuran Debit Air.....	56
2. Hasil Pengukuran Kandungan Mikrobiologi Air Danau Unhas ....	58
3. Status Baku Mutu Air Danau Unhas.....	61
4. Alokasi Beban Pencemaran Danau Unhas.....	66
C. Pembahasan .....	77
1. Hasil Pengukuran Debit Air.....	77
2. Hasil Pengukuran Kandungan Mikrobiologi Air Danau Unhas ..	79
3. Status Baku Mutu Air Danau Unhas.....	87
4. Alokasi Beban Pencemaran Danau Unhas.....	94
<b>BAB VI PENUTUP.....</b>	<b>99</b>
A. Kesimpulan.....	99
B. Saran.....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Nilai Untuk Menentukan Status Mutu Air .....	9
Tabel 2.2 Karakterisasi bahaya <i>pathogen E. coli</i> .....	18
Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif .....	26
Tabel 5.1 Hasil Penghitungan Debit Air .....	57
Tabel 5.2 Hasil Rata-rata Pengukuran Kandungan Mikrobiologi Air Danau Unhas .....	58
Tabel 5.3 Hasil Skoring Kualitas Air di Titik 1 ( <i>outlet</i> ).....	62
Tabel 5.4 Hasil Skoring Kualitas Air di Titik 2 ( <i>Inlet 1</i> ) .....	62
Tabel 5.5 Hasil Skoring Kualitas Air di Titik 2 ( <i>Inlet 1</i> ) .....	63
Tabel 5.6 Hasil Skoring Kualitas Air di Titik 4 (Penyadapan) .....	64
Tabel 5.7 Hasil Skoring Kualitas Air di Titik 5 ( <i>Inlet 3</i> ) .....	64
Tabel 5.8 Status Mutu Air Danau Unhas (STORET) dibandingkan dengan Baku Mutu Air (BMA) Kelas I, II, III dan IV (PP No. 22/2021) .....	66
Tabel 5.9 Beban Pencemaran Maksimum <i>Total coliform</i> .....	68
Tabel 5.10 Beban Pencemaran Aktual <i>Total coliform</i> .....	69
Tabel 5.11 Beban Pencemaran Maksimum <i>Fecal coliform</i> .....	73
Tabel 5.12 Beban Pencemaran Aktual <i>Fecal coliform</i> .....	74



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Teori Penelitian Mekanisme Pencemaran Air Danau .....	21
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian .....	25
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian .....	30
Gambar 5.1 Lokasi Penelitian .....	51
Gambar 5.2 Titik 1 ( <i>Outlet</i> ) .....	52
Gambar 5.3 Titik 2 ( <i>Inlet 1</i> ) .....	53
Gambar 5.4 Titik 3 ( <i>Inlet 2</i> ) .....	54
Gambar 5.5 Titik 4 ( <i>Penyadapan</i> ) .....	55
Gambar 5.6 Titik 5 ( <i>Inlet 3</i> ) .....	56

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 Kandungan <i>Total coliform</i> Air Danau Unhas Tahun 2022 .....	59
Grafik 5.2 Kandungan <i>Fecal coliform</i> Air Danau Unhas Tahun 2022 .....	60
Grafik 5.3 Hasil Skoring Status Mutu Kualitas Air Danau Unhas Berdasarkan Parameter Mikrobiologi.....	65
Grafik 5.4 Perbandingan BPM dan BPA <i>Total coliform</i> Danau Unhas pada Pagi Hari .....	70
Grafik 5.5 Perbandingan BPM dan BPA <i>Total coliform</i> Danau Unhas pada sore hari .....	71
Grafik 5.6 Perbandingan BPM dan BPA <i>Fecal coliform</i> Danau Unhas pada pagi hari .....	75
Grafik 5.7 Perbandingan BPM dan BPA <i>Fecal coliform</i> Danau Unhas pada sore hari .....	76

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi Penelitian.....	108
Lampiran 2. Lembar Observasi .....	109
Lampiran 3. Surat Izin Permintaan Data Awal .....	114
Lampiran 4. Lembar Perbaikan Proposal .....	115
Lampiran 5. Surat Izin Penelitian dari Kampus .....	116
Lampiran 6. Surat Izin Penelitian dari PTSP.....	117
Lampiran 7. Lembar Disposisi Surat Izin Penelitian dari Unhas .....	118
Lampiran 8. Kartu Disposisi Surat Izin Penelitian Oleh Biro Akademik Unhas .....	119
Lampiran 9. Kartu Disposisi Surat Izin Penelitian Oleh Kepala Biro Administrasi Umum Unhas .....	120
Lampiran 10. Kartu Disposisi Surat Izin Penelitian Oleh Bagian Tata Usaha dan Rumah Tangga Unhas.....	121
Lampiran 11. Surat Izin Peminjaman Alat Current Meter .....	122
Lampiran 12. Hasil Uji Laboratorium Sampel .....	123
Lampiran 13. Lembar Perbaikan Skripsi.....	133
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian .....	134
Lampiran 15. Riwayat Hidup .....	140

## DAFTAR SINGKATAN

ABR	= <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>
BGLB	= <i>Brilliant Green Lactose Bile Broth</i>
BHC	= <i>Benzen Heksa Khlorida</i>
BPA	= Beban Pencemaran Aktual
BPM	= Beban Pencemar Maksimum
BPS	= Badan Pusat Statistik
BTKLPP	= Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit
Cr-(VI)	= <i>Kromium Hexavalen</i>
Cu	= Tembaga
TDS	= <i>Total Dissolved Solid</i>
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>
BOD	= <i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DAS	= Daerah Aliran Sungai
DDT	= <i>Dichoro Diphenyl Trichlorethane</i>
DO	= <i>Dissolved Oxygen</i>
DTA	= Daerah Tangkapan Air
ECB	= <i>Escherichia coli Broth</i>
IEC	= <i>International Electronical Commission</i>
IKA	= Indeks Kualitas Air
IPAL	= Instalasi Pengolahan Air Limbah
ISO	= <i>International Standardization Organization</i>
JPT	= Jumlah Perkiraan Terdekat
KepMen LH	= Keputusan Menteri Lingkungan Hidup
LPPM	= Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
LTB	= <i>Lauryl Tryptose Broth</i>
GPI	= Gedung Pertemuan Ilmiah
GPA	= Gedung Pertemuan Alumni
GPS	= <i>Global Positioning System</i>
MPN	= <i>Most Probable Number</i>
Unhas	= Universitas Hasanuddin
US-EPA	= <i>United States Environmental Protection Agency</i>
P2KP	= Pusat Pengembangan Kebijakan Pembangunan
Pb	= Timbal
PerMen LH	= Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup
pH	= <i>Power of Hydrogen</i>
PP	= Peraturan Pemerintah
Puslitbang LH	= Pusat Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup
SNI	= Standar Nasional Indonesia
STORET	= <i>Storage and Retrieval of Water Quality Data System</i>
Zn	= Seng

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang cepat, membawa dampak negatif terhadap sumber daya air baik kuantitas maupun kualitasnya akibat dari aktivitas manusia. Perubahan pada lingkungan tergantung pada besarnya jumlah limbah yang dimasukkan dan kapasitas daya dukung lingkungan. Besarnya beban pencemar yang masuk melampaui daya dukung lingkungan akan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Nugroho, 2021).

Pencemaran air merupakan salah satu bentuk kerusakan lingkungan pada daerah perairan, termasuk di daerah perairan Danau Universitas Hasanuddin (Unhas). Pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu yang telah ditetapkan yang menyebabkan kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Danau merupakan salah satu sistem akuatik yang cukup banyak dimanfaatkan oleh manusia, berbentuk badan air dikelilingi oleh daratan baik terbentuk secara alami ataupun buatan dan berbentuk cekungan berisi air (Kayame *et al.*, 2021). Data dari LIPI tahun 2020,

diperkirakan Indonesia memiliki perairan dalam lebih dari 1.575 Danau, terdiri dari 840 Danau besar dan 735 Danau kecil (*situ*). Di Sulawesi Selatan jumlah Danau berkisar 31 Danau termasuk Danau Unhas. Air Danau di beberapa daerah banyak dimanfaatkan sebagai sumber air baku, sehingga perlu memperhatikan kualitas air Danau sebelum pemanfaatannya (Kayame *et al.*, 2021).

Pencemaran Danau disebabkan adanya aktivitas industri, rumah tangga/domestik dan pertanian dapat mencemari sumber air dengan limbah dari hasil buangnya (Daud, 2011). Meningkatnya beban pencemar yang masuk ke Danau disebabkan oleh kebiasaan masyarakat di sekitar Danau yang membuang limbah domestik baik limbah cair maupun padat seperti dalam bentuk senyawa organik yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme serta dapat berbentuk senyawa anorganik seperti sabun, deterjen, shampo, dan bahan pembersih lainnya yang dapat meningkatkan beban pencemar yang masuk ke perairan Danau (Coki *et al.*, 2015). Jumlah pencemaran berbanding lurus dengan meningkatnya populasi penduduk setempat (Kuswoyo dan Ulimaz, 2022)

Kualitas air Danau dipengaruhi oleh kualitas air dari daerah tangkapannya sedangkan kualitas air dari daerah tangkapan dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Penurunan kualitas air mempengaruhi turunya daya guna produktifitas, daya dukung dan daya tampung sumber air. Menurunnya kualitas air memiliki risiko dalam penyebaran berbagai

penyakit, salah satunya diare yang disebabkan oleh bakteri *E.coli* dan *Total coliform* pada Danau yang tercemar (Mokodompit *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mokodompit, dkk. (2020), pada kualitas air Danau Mooat pada titik 2,3 dan 4 yang berada di sekitar pemukiman padat penduduk melebihi standar baku mutu untuk parameter *Total coliform*, dikarenakan penduduk di sekitar perairan Danau membuang limbah rumah tangga langsung ke dalam perairan Danau. Sedangkan pada titik 1 tidak melebihi standar baku mutu dikarenakan tempat wisata Danau Mooat tidak berdekatan dengan pemukiman penduduk. Sama halnya dengan penelitian Sumarya *et al.* tahun 2020 pada kualitas dan tingkat pencemaran air Danau Buyan ditemukan jumlah *Total coliform* 1260 MPN/100 ml dan *Fecal coliform* 102 MPN/100 ml yang melebihi standar baku mutu pada stasiun III yang berada di dekat pemukiman penduduk yang dikaitkan dengan masuknya buangan rumah tangga berupa sisa makanan, detergen dan penggunaan toilet berupa air seni serta limbah lainnya.

Danau Unhas merupakan Danau di lingkup kampus Unhas yang memiliki luas 4.9525 Ha dan 1.2006 Ha (Unhas, 2021). Danau Unhas difungsikan pada berbagai sektor yaitu fungsi ekologis, edukasi/pendidikan, sosial budaya, dan seperti tempat rekreasi, tempat pemancingan, tempat penelitian serta sebagai sumber air baku untuk menyiram tanaman dan pepohonan di lingkungan kampus Universitas Hasanuddin. Sumber air di Danau Universitas Hasanuddin berasal dari

lingkungan kampus, kegiatan laboratorium, limbah rumah sakit, air buangan dari aktivitas masyarakat di sekitar Danau dan air hujan (Lestari *et al.*, 2020). Pada Danau Unhas terdapat saluran air tetap yang berasal dari aktivitas sekitar sehingga bahan buangan rumah tangga dapat masuk ke perairan Danau Unhas memungkinkan terjadinya pencemaran sehingga diperlukan pemeriksaan kualitas air Danau.

Maraknya pembangunan sarana dan prasarana di lingkungan kampus Unhas seperti pembangunan hotel, trotoar, jalan, gedung perkuliahan dan lainnya menjadi potensi besar meningkatnya beban pencemaran yang masuk ke Danau Unhas saat pembangunan dan pengoperasian bangunan tersebut. Instalasi pengolahan air limbah pada lingkup kampus Unhas dan pemukiman sekitar Danau belum tersedia sehingga limbah buangan dialirkan ke Danau tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Kondisi Danau Unhas saat dilakukan observasi, memiliki air yang keruh dan berwarna hijau, berlumut, banyak ditumbuhi eceng gondok dan mengeluarkan bau tidak sedap ketika berada di sekitar Danau mengindikasikan Danau Unhas mungkin telah mengalami pencemaran pada badan airnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Hardiyanti (2014) pada 5 stasiun (titik) Danau Universitas Hasanuddin didapatkan hasil jumlah bakteri *Fecal coliform* berkisar antara 30 MPN/100 ml – 17.329 MPN/100 ml dengan jumlah *Fecal coliform* tertinggi pada stasiun 3, yaitu 17.329 MPN/100 ml. Tingginya cemaran *Fecal coliform* berasal dari gedung



sekitar Unhas, pemukiman penduduk dan masjid kampus. Jumlah bakteri *Coliform* di lima stasiun (titik) pada Danau Unhas didapatkan berkisar antara 10462 MPN/100 ml - > 24196 MPN/100 ml. Bakteri *Total coliform* pada stasiun 1, 4, dan 5 tidak didominasi oleh jenis bakteri *Fecal coliform*. Tingginya jumlah bakteri disebabkan oleh aliran polutan organik dan anorganik yang memicu tingginya pertumbuhan bakteri aerobik maupun anaerobik fakultatif yang berperan dalam proses dekomposisi. Berdasarkan hasil perhitungan status mutu air Danau Unhas menggunakan metode STORET menunjukkan bahwa air Danau Unhas masuk dalam kategori air baku Kelas III atau tercemar sedang.

Penelitian pada Danau Unhas Khususnya pada parameter mikrobiologis terakhir dilakukan pada tahun 2014 dan dalam kurun waktu 8 tahun terakhir belum ada penelitian terbaru terkait hal tersebut. Pemantauan kualitas air dan beban pencemaran Danau Unhas perlu dilakukan untuk mengetahui status mutu perairan Danau Unhas guna mengoptimalkan pemanfaatan dan pengontrolan pencemaran yang terjadi. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan **“Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran di Danau Unhas Berdasarkan Parameter *Total coliform* dan *Fecal coliform*”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang tersebut, dapat dirumuskan suatu masalah yaitu “Apakah kualitas air Danau Unhas memenuhi standar baku mutu dan berapakah alokasi beban pencemaran di Danau Unhas?”

## **C. Tujuan Penelitian**

### **1. Tujuan Umum**

Untuk mengetahui kualitas air dan alokasi beban pencemaran pada Danau Universitas Hasanuddin

### **2. Tujuan Khusus.**

- a. Untuk menganalisis besaran debit air yang masuk dan keluar dari Danau Unhas
- b. Untuk menganalisis jumlah kandungan bakteri *Coliform* di Danau Unhas.
- c. Untuk menganalisis jumlah kandungan bakteri *Fecal coliform* di Danau Unhas.
- d. Untuk mengetahui status baku mutu air Danau Unhas.
- e. Untuk menganalisis alokasi beban pencemaran Danau Unhas.

## **D. Manfaat Penelitian**

### **1. Manfaat Ilmiah**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber referensi khususnya mengenai kualitas air dan beban pencemaran di Danau Universitas Hasanuddin berdasarkan parameter *Total coliform* dan *Fecal coliform*.

## **2. Manfaat bagi Institusi**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi yang berguna untuk pihak institusi yang bersangkutan dan dapat menjadi referensi ilmiah dalam upaya peningkatan status kesehatan masyarakat.

## **3. Manfaat bagi Peneliti**

Penelitian ini dapat menambah dan memperluas wawasan serta keterampilan peneliti sehingga dapat mengaplikasikan ilmu dan teori yang telah diperoleh di bangku perkuliahan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Tentang Air Danau**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, bahwa air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan peri kehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan. Air merupakan komponen lingkungan hidup yang penting bagi kelangsungan hidup dan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Sumber air terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, diantaranya akuifer, mata air, sungai, rawa, danau, situ, waduk, dan muara (Pemerintah Pusat, 2001).

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk mendefinisikan Danau sebagai wadah air dan ekosistemnya yang terbentuk secara alamiah termasuk situ dan wadah air sejenis dengan sebutan istilah lokal (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2009). Danau merupakan badan air yang berbentuk cekungan berisi air yang dikelilingi oleh daratan baik terbentuk secara alami maupun buatan. Danau termasuk ekosistem akuatik yang menempati daerah relatif sempit dan bermanfaat dalam mendukung kehidupan baik

sebagai tempat hidup flora dan fauna serta sumber air yang dapat dipergunakan langsung oleh masyarakat sekitar (Kayame *et al.*, 2021).

## **B. Tinjauan Umum Tentang Kualitas Air**

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain di dalam air. Kualitas air dapat dikatakan baik apabila parameter fisik, kimia dan biologi sesuai dengan baku mutu air. Parameter kualitas air meliputi parameter fisik (kekeruhan, warna, suhu, kandungan zat padat, bau, dan rasa), parameter kimia (pH, DO (*Dissolved Oxygent*), BOD (*Biological Oxygent Demand*), COD (*Chemical Oxygent Demand*), kesadahan, logam, dan lainnya), dan parameter mikrobiologi (*Total coliform* dan *Fecal coliform*). Kualitas air juga dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut (Noor, dkk., 2019). Kualitas air menunjukkan kesesuaian air untuk penggunaan tertentu, misalnya air minum, air bersih, perikanan, pengairan/irigasi, industri, rekreasi dan sebagainya (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Penentuan status mutu air menggunakan metode Storet dan Indeks Pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Secara prinsip metode Storet dilakukan dengan membandingkan antara data kualitas air dan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya untuk menentukan status mutu air. Jika hasil pengukuran  $\leq$  baku mutu maka diberi skor 0 karena memenuhi baku mutu. Sedangkan hasil pengukuran  $\geq$  baku mutu menunjukkan

kualitas air tidak memenuhi baku mutu. Penentuan status mutu air menggunakan sistem dari US-EPA (*United States Environmental Protection Agency*) dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas, yaitu (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003):

1. Kelas A (Skor 0) : Memenuhi baku mutu
2. Kelas B (Skor -1 s/d -10) : Tercemar ringan
3. Kelas C (Skor -11 s/d -30) : Tercemar sedang
4. Kelas D (Skor  $\geq$  31) : Tercemar berat

**Tabel 2.1 Sistem Nilai Untuk Menentukan Status Mutu Air**

Sampel*	Nilai	Peramater		
		Fisika	Kimia	Biologi
< 10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
$\geq$ 10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Sumber: KepMen LH No. 115 Tahun 2003

\*Jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air

Penentuan status mutu air dengan menggunakan metoda STORET dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Dilakukan pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*).
2. Bandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.

3. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran  $<$  baku mutu) maka diberi skor 0.
4. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran  $>$  baku mutu), maka diberi skor sesuai dengan tabel 2.1
5. Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, klasifikasi mutu air yang ditetapkan menjadi 4 kelas, yaitu (Pemerintah Republik Indonesia, 2021):

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku dan air minum, dan/atau peruntukan lain yang mutu air sama dengan kegunaannya.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya digunakan sebagai sarana/prasarana air rekreasi, peternakan, air yang mengairi tanaman, pembudidayaan ikan tawar, serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaannya.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya digunakan untuk pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air yang mengairi tanaman, serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sesuai dengan kegunaannya.

4. Kelas empat, air yang peruntukannya digunakan untuk mengairi tanaman serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sesuai dengan kegunaannya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, keberadaan mikroba pada air menjadi salah satu indikator untuk menentukan mutu air. Kualitas air dapat dinilai dari keberadaan dan jumlah bakteri di dalamnya, terdapat beberapa jenis bakteri yang hidup di dalam air yaitu bakteri *Coliform* dan *Fecal coliform*. Secara mikrobiologis, keberadaan bakteri *Coliform* pada air dapat dijadikan penentu apakah air tersebut layak digunakan untuk keperluan tertentu seperti untuk air minum, air bersih, perikanan, peternakan, pertanian, dan lain-lain (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

### **C. Tinjauan Umum Tentang Beban Pencemaran**

Sumber pencemar dapat dikelompokkan menjadi sumber pencemar langsung dan sumber pencemar tidak langsung. Sumber pencemar langsung adalah sumber pencemar yang langsung keluar dari sumbernya masuk ke media sebagai sumber dampak. Sumber pencemar langsung antara lain dari kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, peternakan dan sebagainya. Sumber tidak langsung adalah kontaminan yang memasuki lingkungan melalui media perantara, misalnya tanah, air tanah dan hujan sebelum ke target penerima dampak. Jenis bahan



buangan dari sumber pencemar langsung maupun tidak langsung dapat berbagai bentuk seperti bahan buangan padat, olahan bahan makanan, anorganik dan organik yang mengandung mikroorganisme, cairan berminyak, zat kimia dan zat warna kimia (Suyasa, 2015).

Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Danau juga berfungsi sebagai penampung air dari daerah tangkapan air (DTA) dan daerah aliran sungai (DAS), sehingga berbagai sumber pencemaran dari DTA, DAS dan bantaran Danau akan terbawa masuk ke perairan Danau. Beban pencemaran air akan meningkat seiring dengan penambahan jumlah penduduk dan aktivitas lainnya, sehingga perlu menentukan alokasi jumlah beban pencemaran yang masuk kedalam perairan dengan memperhatikan kondisi sosial ekonomi dan konservasi sumber daya air jangka panjang (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2009).

Perhitungan beban pencemar yang dilakukan berupa beban pencemar maksimum (BPM) dan beban pencemaran aktual (BPA). Beban pencemar aktual tidak boleh melebihi beban pencemar maksimum yang dihitung (Siregar, 2019). Perhitungan tersebut dapat dilakukan setelah mendapatkan data debit, data kelas air sungai, dan data kualitas air sungai. Beban pencemar maksimum adalah beban pencemar yang diperbolehkan di suatu Danau berdasarkan peruntukannya. Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi

awal Danau tanpa adanya masukan sumber pencemar, dengan rumus perhitungan sebagai berikut (Rahayu, dkk., 2018) :

$$\mathbf{BPM = Q \times C_{BM}}$$

Keterangan:

BPM : Beban pencemar maksimum (kg/hari)

Q : Debit terukur ( $m^3$  /detik)

$C_{BM}$  : Konsentrasi (Standar baku berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kelas III) (mg/liter).

Beban pencemar aktual adalah beban pencemar yang dihasilkan di suatu Danau pada saat kondisi eksisting, rumus yang digunakan dalam menghitung beban pencemar aktual adalah :

$$\mathbf{BPA = Q \times C_M}$$

Keterangan:

BPA : Beban Pencemaran aktual (kg/hari)

Q : Debit Air ( $m^3$ /s)

$C_M$  : Konsentrasi terukur (mg/L)

#### **D. Tinjauan Umum Tentang Bakteri *Coliform***

Secara umum, famili *Enterobacteriaceae* adalah bakteri anaerobik berbentuk batang, gram negatif, fakultatif, memfermentasi gula, memproduksi asam laktat dan produk lainnya, katalase positif dan sebagian besar mengurangi nitrat. *Enterobacteriaceae* kekurangan *sitokrom c oksidase* dan banyak yang memiliki flagela, meskipun

beberapa *nonmotile*. Banyak anggota famili *Enterobacteriaceae* adalah flora normal usus manusia dan hewan berdarah panas lainnya dan biasanya ditemukan dalam konsentrasi mulai dari  $10^6$  hingga  $10^9$  *coliform* per gram tinja. Beberapa bakteri ini tumbuh bebas di habitat sekunder atau lingkungan termasuk air, tanah, pasir, dan sedimen (Whitman, 2011).

*Coliform* merupakan bakteri kelompok gram negatif berbentuk batang dengan ukuran berkisar antara 1.0-1.5  $\mu\text{m}$  x 2.0-6.0  $\mu\text{m}$ , tidak membentuk spora, aerob dan anaerob fakultatif yang memfermentasi *lactose* dengan menghasilkan asam dan gas dalam waktu 48 jam suhu  $37^\circ\text{C}$ . Jumlah *coliform* yang diperoleh dari hasil inkubasi dinyatakan dengan *Total coliform*. *Coliform* dapat tumbuh hingga pada suhu  $44.5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  dengan memfermentasi laktosa dan memproduksi asam dan gas (Sinaga, 2021).

Secara umum, bakteri *coliform* berasal dari usus hewan berdarah panas dan berasal dari hewan atau tinja. *Coliform* menghuni jalur usus semua vertebrata (Whitman, 2011). Bakteri yang termasuk bakteri golongan *coliform* antara lain anggota genus *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, dan *Klebsiella* (Sari, et al., 2019).. Namun, *Klebsiella pneumoniae* dan *K. rhinoscleromatis* juga biasa ditemukan di tanah (Whitman, 2011).

Bakteri *Coliform* digolongkan menjadi dua yaitu *Coliform fekal* dan *non fekal*. *Coliform fekal* berasal dari tinja manusia dan hewan

diantaranya bakteri *E.coli*. *Coliform non fekal* bukan berasal dari tinja manusia, melainkan berasal dari hewan/tanaman yang sudah mati diantaranya *Aerobacter* dan *Klebsiella*. Bakteri *coliform* termasuk flora normal usus besar manusia dan hewan berdarah panas, tidak berbahaya namun ada beberapa *strain* yang patogen pada manusia maupun hewan. Keberadaan *Coliform fekal* seperti *E.coli* pada air menjadi indikasi adanya kontaminasi *fekal*. Penentuan *Coliform fekal* menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen (Sinaga, 2021).

Bakteri *coliform* digunakan sebagai indikator adanya kontaminasi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air dan makanan. Keberadaan bakteri *coliform* dalam air dan makanan menunjukkan kemungkinan adanya mikroba enteropatogenik dan toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. Kandungan bakteri *coliform* dalam air yang semakin sedikit menunjukkan kualitas air yang semakin baik. Sedangkan semakin tinggi kandungan *coliform* maka kualitas air tersebut semakin buruk (Jiwintarum *et al.*, 2017). Berdasarkan parameter mikrobiologi, baku mutu *Total coliform* pada kelas 1 sebanyak 1.000 MPN/100 ml, kelas 2 sebanyak 5.000 MPN/100 ml, kelas 3 dan 4 sebanyak 10.000 MPN/100 ml (Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

### E. Tinjauan Umum Tentang *Fecal coliform*

*Fecal coliform* merupakan bakteri pada kelompok *coliform* dari family *Enterobacteriaceae* yang mampu memfermentasi laktosa pada suhu 44.5°C. Bakteri yang termasuk dalam kelompok *Fecal coliform* adalah *E.coli* dan *Klebsiella*. Namun, *Klebsiella* bukan termasuk indikator kuat kontaminasi tinja karena tidak ditemukan dalam jumlah tinggi pada tinja dan ditemukan secara luas pada tanah dan air. *Klebsiella* juga ditemukan dalam konsentrasi tinggi pada limbah industri yang tidak terkontaminasi oleh *feces* dan tumbuh subur pada perairan yang kaya nitrit. Kelompok lain dari *Fecal coliform* yang tidak berasal dari *feces* diantaranya *Enterobacter* dan *Citrobacter* (Whitman, 2011). Berdasarkan parameter mikrobiologi, baku mutu *Fecal coliform* pada kelas 1 sebanyak 100 MPN/100 ml, kelas 2 sebanyak 1.000 MPN/100 ml, kelas 3 dan 4 sebanyak 2.000 MPN/100 ml (Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu bakteri gram negatif dari famili *Enterobacteriaceae*, berbentuk batang, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora dan merupakan flora normal pada usus mamalia. Bakteri ini umum hidup dalam saluran pencernaan manusia atau hewan. Secara fisiologi, *E.coli* memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *E.coli* tumbuh dengan baik di air tawar, air laut, atau di tanah. *E.coli* merupakan bakteri indikator kualitas air karena keberadaan *E.coli* dalam air

mengindikasikan air tersebut terkontaminasi oleh *feces* yang mengandung mikroorganisme *enterik pathogen* (Rahayu *et al.*, 2018).

Bakteri *E.coli* dapat hidup dan bertahan pada tingkat keasaman yang tinggi, di dalam tubuh manusia. *E.coli* umum hidup di dalam saluran pencernaan manusia atau hewan juga dapat hidup dan bertahan di luar tubuh manusia yang penyebarannya melalui *feces*. Terdapat empat mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja yaitu: virus, protozoa, cacing dan bakteri yang umumnya banyak ditemukan adalah bakteri jenis *E.coli*. Mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja dapat menularkan beragam penyakit bila masuk tubuh manusia, dalam satu gram tinja dapat mengandung satu miliar partikel virus infeksius yang mampu bertahan hidup selama beberapa minggu pada suhu dibawah 10<sup>0</sup>C (Zikra, Amir and Putra, 2018).

Bakteri *E.coli* umumnya dianggap sebagai *strain* tinja khas yang menunjukkan kontaminasi kotoran atau limbah rumah tangga (Sinaga, 2021). Jumlah *E.coli* yang melebihi standar persyaratan kualitas air dapat berdampak pencemaran pada badan air. Semakin tinggi jumlah bahan buangan yang masuk ke Danau maka bisa mengakibatkan berbagai jenis penyakit pada manusia. Bakteri *coli* yang memasuki badan air menunjukkan benda tersebut telah tercemar oleh *fecal* karena bakteri tersebut berasal dari tinja hewan berdarah panas dan tinja manusia (Mokodompit *et al.*, 2020).

Bakteri *E. coli* termasuk bakteri yang dapat menyebabkan keluhan diare. Diare merupakan suatu kondisi dimana konsistensi buang air besar seseorang menjadi lembek atau cair, bahkan dapat berupa air saja dan frekuensinya tiga kali atau lebih dalam sehari. Penyakit ini tergolong ringan, tetapi jika tidak ditangani dengan benar dapat berakibat fatal, terutama pada balita dan anak-anak (Sari *et al.*, 2019). Penyakit ini adalah salah satu dari banyak penyakit lain yang dapat disebabkan oleh buruknya kualitas air minum secara mikrobiologis (Zikra *et al.*, 2018).

**Tabel 2.2 Karakterisasi bahaya *pathogen E. coli***

<b>Patotipe</b>	<b>Dosis infeksi (CFU)</b>	<b>Penyakit yang ditimbulkan</b>	<b>Populasi risiko</b>
ETEC	$10^8$	Diare disertai kram perut. Beberapa kasus dapat disertai dengan pusing dan sakit kepala	Anak-anak di beberapa negara berkembang serta wisatawan/turis
EPEC	$10^8 - 10^{10}$	Diare berair atau diare berdarah, dapat disertai pula dengan demam dan muntah	Sebagian besar bayi serta anak-anak di negara berkembang
EHEC	<50 - 100	Diare yang disertai dengan kram perut, 30-60% kasus disertai mual dan muntah,	Anak-anak serta orang dewasa di seluruh dunia
EIEC	$>10^6$	Diare berdarah	Anak-anak usia 2-5 tahun

Salah satu metode yang digunakan dalam penghitungan jumlah koloni bakteri adalah metode tabung ganda dengan tabel MPN (*Most Probable Number*), dalam metode tabung ganda digunakan medium cair di dalam tabung reaksi, dalam hal ini perhitungan dilakukan berdasarkan jumlah tabung positif. Pengamatan tabung yang positif dapat dilihat dengan mengamati timbulnya kekeruhan, atau terbentuknya gas di dalam tabung Durham untuk bakteri pembentuk gas. Makin banyak tabung yang digunakan dalam perhitungan nilai MPN, akan menunjukkan tingkat ketelitian yang lebih tinggi. Metode MPN biasanya dilakukan untuk menghitung jumlah bakteri di dalam contoh berbentuk cair, meskipun dapat pula digunakan untuk contoh berbentuk padat dengan terlebih dahulu disuspensikan dengan perbandingan 1 : 10 dari contoh tersebut dalam *buffer*. Kelompok bakteri yang dapat dihitung dengan metode MPN juga bervariasi bergantung pada media yang digunakan untuk pertumbuhannya (Jiwintarum *et al.*, 2017).

Pengujian air untuk jumlah bakteri golongan *coli* dilakukan dalam beberapa tingkatan yaitu: Pengujian perkiraan, pengujian penegasan dan pengujian lengkap. Pengujian perkiraan merupakan uji pendahuluan untuk menduga apakah di dalam air terdapat bakteri golongan *coli*. Pengujian perkiraan dinyatakan positif jika terbentuk gas pada tabung peragian. Tetapi yang positif pada pengujian ini belum tentu dalam air tersebut mengandung bakteri



golongan *coli* sebab banyak bakteri lain yang dapat meragikan *laktose* dengan menghasilkan gas, karena itu perlu pengujian lanjutan. Pengujian penegasan dilakukan dengan cara meneruskan pengujian perkiraan yang positif kedalam media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB). Jika dalam medium cair ini terbentuk gas berarti pengujian dinyatakan positif. Pengujian lengkap bertujuan untuk meyakinkan hasil pengujian penegasan. Jumlah tabung yang positif dari pengujian perkiraan, penegasan dan pengujian lengkap pada pengujian bakteri golongan *coli* prosedur tabung ganda merupakan suatu kombinasi dan dinyatakan dengan istilah, MPN (*Most Probable Number*) atau JPT (Jumlah Perkiraan Terdekat) (Amqam *et al.*, 2021).

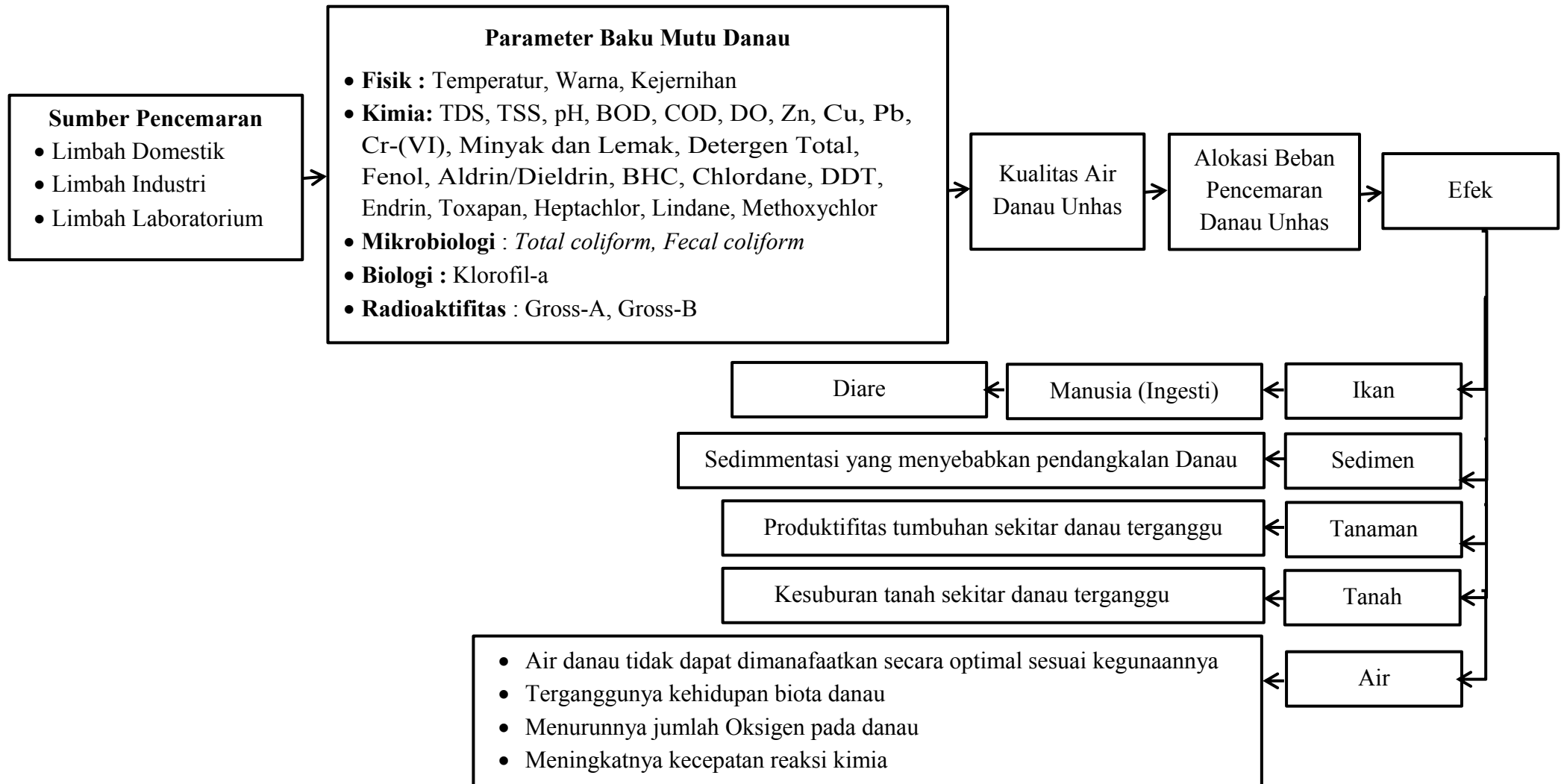
Secara matematis menghitung JPT dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\text{JPT}}{100} \text{ ml} = \text{Tabel JPT} \times \frac{10}{\text{Volume contoh yang terbesar diuji}}$$

Saat digunakan lebih dari tiga pengenceran secara desimal, nilai JPT tetap dihitung hanya tiga pengenceran saja. Pemilihan ketiga pengenceran dengan memilih pengenceran tertinggi pada semua tabung positif (pengenceran sebelumnya tidak memiliki hasil negatif) dan dua pengenceran sebelumnya lebih tinggi secara berturut-turut.

## F. Kerangka Teori

Kerangka teori yang menjadi acuan dalam penelitian ini disajikan pada gambar berikut:



**Gambar 2.1 Kerangka Teori Penelitian Mekanisme Pencemaran Air Danau**

Penjelasan Skema Kerangka Teori Penelitian yang digunakan sebagai berikut:

Danau Unhas mendapatkan masukan bahan pencemar dari aktifitas domestik, industri dan laboratorium seperti limbah dari pemukiman penduduk, pesantren dan pangkalan militer berupa limbah detergen, air cucian, sisa makanan dan limbah air seni dari toilet. Limbah dari aktifitas kampus dan laboratorium berubah buangan dari air cucian dari toilet dan aktifitas lainnya yang mengalir melalui irigasi yang terintegrasi dan masuk melalui *inlet* Danau. Masuknya berbagai limbah ke Danau dapat mempengaruhi kandungan parameter fisik, kimia, mikrobiologi, biologi dan radioaktif. Khususnya untuk parameter mikrobiologi dapat mempengaruhi kandungan *Total coliform* dan *Fecal coliform* yang ada di perairan Danau melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan dan akan mempengaruhi kualitas air Danau Unhas. Menurunnya kualitas air Danau karena pencemaran dapat menyebabkan pemanfaatan air Danau tidak sesuai dengan fungsinya. Ketika beban pencemaran di Danau Unhas melebihi daya tampung beban pencemaran maka perlu dilakukan penanganan agar Danau dapat melakukan *self purification* dengan baik.

Efek yang dapat dihasilkan dari pencemaran Danau dapat mempengaruhi beberapa sektor diantaranya ikan, sedimen, tanaman, tanah dan air. Ikan yang hidup di perairan yang memiliki kandungan mikrobiologi tinggi akan berbahaya bagi manusia yang mengonsumsinya bisa terkontaminasi dan menyebabkan masalah pencernaan seperti diare

dan penyakit lainnya. Sedimentasi dapat menyebabkan pendangkalan Danau dan ekosistem yang kurang baik bagi biota perairan. Tanaman yang tumbuh di sekitaran perairan Danau akan terganggu produktifitasnya serta kesuburan tanah terganggu. Air Danau tidak dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan peruntukannya, jumlah Oksigen pada perairan menurun menyebabkan kehidupan biota Danau terganggu serta meningkatnya kecepatan reaksi kimia.

## BAB III

### KERANGKA KONSEP

#### A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian

Danau secara umum terbentuk secara alami yang berbentuk cekungan luas yang ada dipermukaan bumi. Danau saat ini sebagian besar telah mengalami penurunan kualitas air karena adanya pencemaran, baik yang berbentuk padat maupun cair. Danau Unhas merupakan salah satu Danau yang diduga telah mengalami pencemaran berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya. Danau Unhas bersifat multifungsi, seringkali digunakan sebagai tempat rekreasi, tempat pemancingan, tempat penelitian serta sebagai sumber air baku untuk menyiram tanaman dan pepohonan di lingkungan kampus Universitas Hasanuddin.

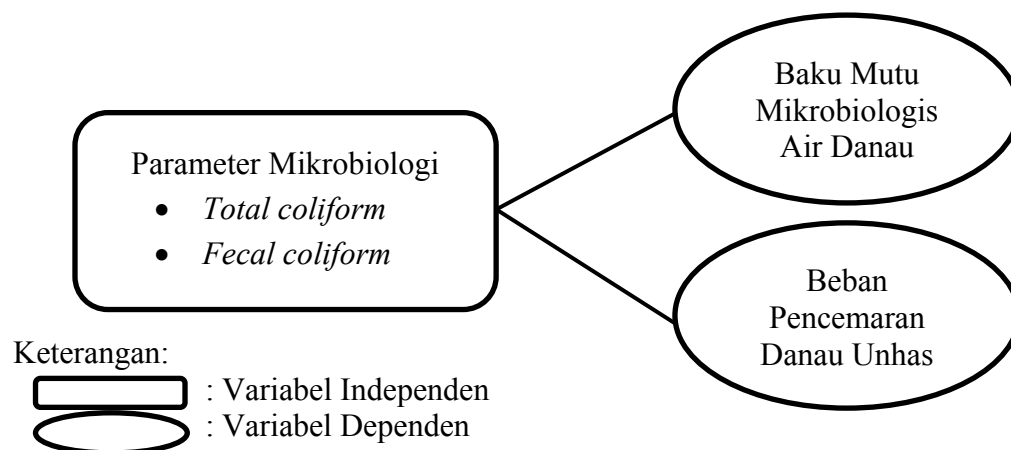
Kualitas air Danau yang tidak sesuai dengan standar baku mutu dapat berdampak negatif bagi kesehatan manusia dan biota air yang ada di dalam suatu perairan. Air dikatakan memiliki kualitas yang baik apabila memenuhi karakteristik fisik, kimia dan biologi. Oleh karena itu, pentingnya dilakukan pemantauan kualitas air dan menghitung beban pencemaran agar dapat dilakukan pengelolaan dan pengendalian pencemaran.

Faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Kualitas Air (IKA) pada parameter mikrobiologi yaitu kadar *Total coliform* dan *Fecal coliform*. Parameter *Total coliform* digunakan untuk mengetahui

indikator adanya kontaminasi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air Danau. Keberadaan bakteri *coliform* dalam air menunjukkan kemungkinan adanya mikroba enteropatogenik dan toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. Parameter *Fecal coliform* digunakan untuk menganalisis adanya bakteri golongan *coli* tinja karena sebagian dari spesies bakteri golongan *coli* mempunyai habitat pada tanah. Analisis kandungan *Fecal coliform* lebih spesifik digunakan untuk menemukan keberadaan bakteri *coli* tinja.

## B. Kerangka Konsep Penelitian

Berikut adalah kerangka konsep dalam penelitian ini:



**Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian**

### C. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Mendefinisikan variabel penelitian untuk memudahkan peneliti menggunakan instrumen penelitian:

**Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif**

No.	Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Kriteria Objektif	Cara Ukur	Alat Ukur	Skala Pengukuran
1.	Debit Air	Debit air yang dimaksud dalam penelitian ini adalah laju aliran air (volume air) yang melewati saluran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> per satuan waktu dinyatakan dalam satuan $m^3/s$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debit masuk adalah debit yang melalui <i>inlet</i> Danau</li> <li>- Debit Keluar adalah debit yang melalui <i>outlet</i> Danau</li> </ul>	<p>Debit air dapat diukur menggunakan rumus:</p> $Q = A \times v$ $v = \frac{D}{t}$ $A = L \times d$ <p>Keterangan:            Q : Debit air (<math>m^3/s</math>)            A : Luas Penampang (<math>m^2</math>)            V : Volume air (<math>m^3</math>)            t : Waktu (s)            D : Jarak antara daerah penampang I dengan II (m)            d : Kedalaman (m)            L : Lebar penampang            v : Kecepatan Aliran (m/s)</p>	Current meter	Rasio

2.	Status Baku Mutu Air	Tingkat kondisi air Danau yang menunjukkan kondisi tercemar atau baik saat pemeriksaan dengan membandingkan baku mutu air yang ditetapkan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Kelas A</b> (Skor 0): Memenuhi baku mutu</li> <li>- <b>Kelas B</b> (Skor -1 s/d -10) : Tercemar ringan</li> <li>- <b>Kelas C</b> (Skor -11 s/d -30) : Tercemar sedang</li> <li>- <b>Kelas D</b> (Skor <math>\geq</math> 31): Tercemar berat</li> </ul>	Menggunakan Metode Storet	-	Ordinal
3.	Beban pencemaran	Beban pencemaran yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu jumlah <i>Total coliform</i> dan <i>Fecal coliform</i> yang terkandung dalam air	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beban pencemar maksimum</li> <li>- Beban pencemar aktual, jika beban pencemar aktual lebih besar / melebihi ambang batas, maka Danau sudah tercemar</li> </ul>	<p>Rumus beban pencemar maksimum adalah:</p> $\mathbf{BPM = Q \times C_{BM}}$ <p>Keterangan:  <b>BPM</b> : Beban pencemar maksimum (kg/hari)  <b>Q</b> : Debit terukur (m<sup>3</sup> /detik)  <b>C<sub>BM</sub></b> : Konsentrasi (Standar baku berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kelas III) (mg/liter).  Rumus beban pencemar aktual adalah :</p> $\mathbf{BPA = Q \times C_M}$	-	Rasio



				Keterangan: <b>BPA</b> : Beban Pencemaran aktual (kg/hari) <b>Q</b> : Debit Air (m <sup>3</sup> /s) <b>C<sub>M</sub></b> : Konsentrasi terukur (mg/L)		
4.	<i>Total coliform</i>	<i>Total coliform</i> yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah kandungan bakteri <i>Coliform</i> pada air Danau Unhas.	- Memenuhi syarat apabila kadar <i>Total coliform</i> sama dengan atau dibawah 10,000 MPN/100 ml - Tidak memenuhi syarat apabila kadar <i>Total coliform</i> diatas 10,000 MPN/100 ml	Menggunakan metode Tabung ganda dengan tabel MPN ( <i>Most Probable Number</i> ) sesuai <i>Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, 2012 Part 9221 B dan C; ISO/IEC 17025, 2017 butir 7.2</i>	Tabel MPN	Nominal
5.	<i>Fecal coliform</i>	<i>Fecal coliform</i> yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah kandungan bakteri <i>Fecal coliform</i> pada air Danau Unhas	- Memenuhi syarat apabila kadar <i>Fecal coliform</i> sama dengan atau dibawah 2.000 MPN/100 ml - Tidak memenuhi syarat apabila kadar <i>Fecal coliform</i> diatas 2.000 MPN/100 ml	Menggunakan metode Tabung ganda dengan tabel MPN ( <i>Most Probable Number</i> ) sesuai <i>Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, 2012 Part 9221 E; ISO/IEC 17025, 2017 butir 7.2</i>	Tabel MPN	Nominal