

TESIS

Analisis Bioindikator Makrozoobenthos, Fitoplankton, dan Mikrobiologi dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem akibat Limbah Cair Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat

"Analysis of Macrozoobenthose, Phytoplankton and Microbiology Bioindications in Determining Ciasem River Water Quality Due To Liquid Waste From Bantargebang Integrated Waste Management Facilities (IWMF), Bekasi District, West Java Province"



AHMAD ASHARI AMINUDDIN

P032222011



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

**Analisis Bioindikator Makrozoobenthos, Fitoplankton, dan Mikrobiologi
dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem Akibat Limbah Cair Tempat
Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi,
Provinsi Jawa Barat**

AHMAD ASHARI AMINUDDIN

P032222011



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Analysis of Macrozoobenthose, Phytoplankton, and Microbiology
Bioindications in Determining Ciasem River Water Quality Due To Liquid
Waste From Bantargebang Integrated Waste Management Facilities,
Bekasi District, West Java Province**

AHMAD ASHARI AMINUDDIN

P032222011



ENVIRONMENTAL MANAGEMENT STUDY PROGRAM

GRADUATE SCHOOL

HASANUDDIN UNIVERSITY

MAKASSAR, INDONESIA

2024

**Analisis Bioindikator Makrozoobenthos, Fitoplankton, dan Mikrobiologi
dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem Akibat Limbah Cair Tempat
Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi,
Provinsi Jawa Barat**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Pengelolaan Lingkungan Hidup

Disusun dan Diajukan oleh

AHMAD ASHARI AMINUDDIN

P032222011

Kepada

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

Analisis Bioindikator Makrozoobentos, Fitoplankton, Dan Mikrobiologi Dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem Akibat Limbah Cair Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat

AHMAD ASHARI AMINUDDIN

P032222011

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tanggal 26 Juli 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup
Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi, M.Si
NIP. 19650810 199103 1 006

Prof. Dr. Ir. Eymal B. Demmallino, M.Si
NIP. 19640815 199002 1 001

Ketua Program Studi
Pengelolaan Lingkungan Hidup

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,

Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi, M.Si
NIP. 19650810 199103 1 006



Prof. Dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.Med.Ed.
NIP. 19661231 199503 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul "Analisis Bioindikator Makrozoobenthos, Fitoplankton, dan Mikrobiologi dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem akibat Limbah Cair Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing yaitu Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi., M.Si sebagai Pembimbing Utama dan Prof. Dr. Ir. Eymal B. Demmallino., M.Si sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun 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 disertasi ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di African Journal of Biological Sciences (ISSN: 2663-2187) sebagai artikel dengan judul "*Impact of Integrated Waste Processing Site Leachate on Water Quality and Coliform Bacteria Abundance*", DOI: 10.48047/AFJBS.6.Si4.2024.999-1012. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis 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 tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.



Makassar,
Ahmad Ashari Aminuddin
NIM. P032222011

UCAPAN TERIMA KASIH


Alhamdulillah, penulis berterima kasih kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberinya kekuatan dan kasih sayang untuk menyelesaikan tesis ini yang berjudul "Analisis Bioindikator Makrozoobenthos, Fitoplankton, dan Mikrobiologi dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem Akibat Limbah Cair Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi, Jawa Barat". Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister dalam Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, tesis ini disusun berdasarkan temuan penelitian yang dilakukan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua orang yang telah membantu dan mendorong proses penyusunan tesis ini hingga selesai, terutama mereka yang telah memberikan bantuan moril dan materil:

1. Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si., sebagai dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan saran selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Eymal B. Demmallino, M.Si., sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan saran selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini.
3. Prof. Dr. Fahrudin, S.Si., M.Si., Prof. Dr. Mahatma Lanuru, ST., M.Sc., dan Dr. Athira Rinandha Eragradini GP, S.Pi., M.Si., sebagai penguji yang telah memberikan wawasan dan pandangan terhadap saran dan masukan untuk tesis saya untuk menjadi lebih baik.
4. Tim Penelitian Monitoring Kondisi Lingkungan TPST Bantargebang yang telah membersamai dan bekerjasama dalam pengumpulan data dan penyelesaian studi saya.
5. Ir. Zaherunaja, M.Si dan Ir. Ristri Widyasworo beserta keluarga besar Karsa Buana Lestari Group yang telah memberi support dan dukungan untuk saya dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Keluarga tercinta, khususnya Orang tua, istri, dan anak saya karena atas dukungan, doa, semangat, dan kasih sayangnya yang begitu tulus kepada saya dalam penyelesaian tesis ini.
7. Teman-teman kelas program studi Pengelolaan Lingkungan Hidup Angkatan 2022 genap, yang senantiasa memberikan semangat, saran dan solusi terhadap proses mulai kuliah sampai tahap penyelesaian tugas akhir.

Saya ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada semua orang yang telah mendoakan dan memberikan dukungan moril serta materil kepada saya, baik yang saya kenal maupun tidak. Semoga Allah SWT memberkahi mereka semua dengan kesehatan, kekuatan, dan kesempatan untuk terus berbuat kebaikan.

Makassar, Juli 2024





Penulis

ABSTRAK

AHMAD ASHARI AMINUDDIN. **Analisis Bioindikator Makrozoobentos, Fitoplankton, Dan Mikrobiologi dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Ciasem Akibat Limbah Cair Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, Kota Bekasi, Jawa Barat** (dibimbing oleh Muhammad Farid Samawi dan Eymal B. Demmallino).

Penelitian ini mengungkap keanekaragaman biota akuatik yang ditemukan di Sungai Ciasem disebabkan kualitas air yang buruk akibat masukan limbah rumah tangga dan limbah hasil pengolahan sampah di TPST Bantargebang. Penelitian ini bertujuan mengkaji kondisi kualitas air Sungai Ciasem melalui pendekatan bioindikator berupa makrozoobentos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang ditemukan. Penelitian dilakukan pada Bulan Januari hingga Maret Tahun 2024 di empat stasiun yaitu hulu, tengah, pertemuan aliran, dan hilir Sungai Ciasem. Penelitian menggunakan tiga pendekatan metode, yaitu Indeks SIGNAL 2, Indeks Saprobik, dan Kelimpahan Bakteri Koliform. Analisis statistik yang digunakan ialah deskriptif dan korelasi menggunakan CCA. Hasil yang diperoleh menunjukkan status Sungai Ciasem telah tercemar berat berdasarkan Indeks SIGNAL 2, tercemar sedang hingga berat berdasarkan Indeks Saprobik, dan tercemar feces manusia dan bahan organik berdasarkan kelimpahan bakteri koliform. Kualitas air Sungai Ciasem relatif meningkat dibandingkan Tahun 2021 hingga 2023 yang terjadi dibagian hulu dan outlet IPAS 3 akibat masukan bahan organik dari aktivitas domestik maupun pengolahan sampah di sekitar sungai. Indeks keragaman makrozoobentos dan fitoplankton rendah, dengan dominansi yang sedang hingga rendah dan keseragaman yang relatif tinggi. Simpulan yang dapat disimpulkan ialah, jenis makrozoobentos yang dapat dijadikan bioindikator pencemaran perairan akibat air lindi ialah *Chironomidae* dan *Thiaridae*; jenis fitoplankton bioindikator ialah *Cyanophyta* dan *Euglenophyta*; dan jenis bakteri ialah fecal dan total koliform, serta *E. coli*. Parameter yang berkorelasi dengan keberadaan makrozoobentos, fitoplankton, dan bakteri koliform ialah suhu, debit, DO, COD, BOD, TSS, TDS, amonia, minyak lemak, MBAS, dan H₂S.

Kata Kunci: bioindikator, fitoplankton, koliform, limbah, makrozoobentos, Sungai Ciasem

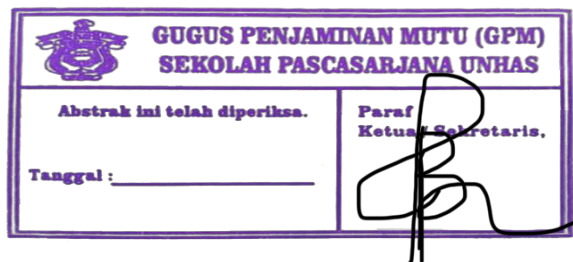
 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa.	Paraf Ketua Sekretaris,
Tanggal : _____	

ABSTRACT

AHMAD ASHARI AMINUDDIN. **Analysis of Macrozoobenthos, Phytoplankton and Microbiology Bioindicators in Determining the Water Quality of the Ciasem River Due to Liquid Waste at the Bantargebang Integrated Waste Processing Site, Bekasi District, West Java Province** (supervised by Muhammad Farid Samawi and Eymal B. Demmallino).

This research reveals the aquatic biodiversity found in the Ciasem River is affected by poor water quality due to inputs from household waste and waste from the Bantargebang Waste Treatment Plant (TPST). The study aims to assess the water quality conditions of the Ciasem River using bioindicators such as macrozoobenthos, phytoplankton, and coliform bacteria. The research was conducted from January to March 2024 at four stations: upstream, midstream, confluence, and downstream of the Ciasem River. Three methodological approaches were employed: SIGNAL 2 Index, Saprobic Index, and Coliform Bacteria Abundance. Statistical analyses included descriptive and correlation analyses using CCA. The results indicate that the status of the Ciasem River shows heavy pollution according to the SIGNAL 2 Index, moderate to heavy pollution based on the Saprobic Index, and contamination with human feces and organic matter based on coliform bacteria abundance. The water quality of the Ciasem River has improved relative to the years 2021 to 2023, particularly in the upstream and IPAS 3 outlet areas, due to organic matter inputs from domestic activities and waste processing around the river. Macrozoobenthos and phytoplankton diversity indices are low, with moderate to low dominance and relatively high uniformity. In conclusion, the macrozoobenthos species Chironomidae and Thiaridae serve as bioindicators of water pollution due to leachate, while the phytoplankton indicators are Cyanophyta and Euglenophyta. The bacterial indicators include fecal and total coliforms, as well as *E. coli*. Parameters correlating with the presence of macrozoobenthos, phytoplankton, and coliform bacteria include temperature, flow rate, dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), total suspended solids (TSS), total dissolved solids (TDS), ammonia, fat oil grease (FOG), MBAS (Methylene Blue Active Substances), and hydrogen sulfide (H₂S).

Keywords : bioindicators, coliform, macrozoobenthos, phytoplankton, waste Ciasem River



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	ivi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Kerangka Berpikir	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
1.6. Ruang Lingkup Penelitian	7
BAB II.....	8
METODE PENELITIAN	8
2.1. Pendekatan Penelitian.....	8
2.2. Jenis Penelitian	8
2.3. Sumber dan Jenis Data Penelitian	8
2.4. Waktu dan Tempat Penelitian	9
2.5. Teknik Pengumpulan Data.....	9
2.6. Teknik Analisis Data	15
2.6.1. Analisis Kualitas Air Sungai Ciasem.....	15
2.6.2. Analisis Struktur Komunitas	15
2.6.2.1. Indeks Keanekaragaman (H').....	15
2.6.2.2. Indeks Keseragaman (E)	16
2.6.2.3. Indeks Dominansi (C)	16
2.6.3. Analisis Status Pencemaran Perairan dengan Bioindikator.....	16
2.6.3.1 Makrozoobenthos dengan Indeks <i>Stream Invertebrate Grade Number Average Level 2</i> (SIGNAL 2).....	16

2.6.3.2 Fitoplankton dengan Indeks Saprobik	17
2.6.3.3 Bakteri Koliform dengan Analisis Kelimpahan	18
2.6.4. Keterkaitan Struktur Komunitas dengan Kualitas Air.....	19
2.6.4.1 <i>Cannonical Correlation Analysis</i> (CCA).....	19
2.6.4.2 Analisis Korelasi	19
BAB III.....	20
BAB IV	50
KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	58
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	73

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Metode analisis parameter kualitas air Sungai Ciasem	12
2. Baku mutu kelas II kualitas air Sungai Ciasem	13
3. Hubungan Koefisien Saprobik dengan tingkat pencemaran perairan	18
4. Kelompok plankton dalam persamaan Koefisien Saprobik.....	18
5. Struktur Komunitas Makrozoobenthos.....	36
6. Struktur Komunitas Fitoplankton	37
7. Indeks SIGNAL 2 Makrozoobenthos	38
8. Indeks Saprobik Fitoplankton Sungai Ciasem.....	41
9. Eigenvalue Analisis CCA	44
10. Hasil Uji Korelasi.....	46

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran mengenai keterkaitan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem	6
2. Lokasi penelitian mengenai keterkaitan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform dengan kualitas air Sungai Ciasem.....	9
3. Alur pengambilan sampel air Sungai Ciasem	10
4. Kuadran untuk nilai SIGNAL 2.....	17
5. Konsentrasi TDS di Sungai Ciasem	23
6. Konsentrasi TSS di Sungai Ciasem.....	24
7. Konsentrasi BOD di Sungai Ciasem.....	24
8. Konsentrasi COD di Sungai Ciasem.....	25
9. Konsentrasi DO di Sungai Ciasem	26
10. Konsentrasi Nitrit di Sungai Ciasem	27
11. Konsentrasi Amonia di Sungai Ciasem.....	28
12. Konsentrasi Fosfat di Sungai Ciasem.....	28
13. Konsentrasi H ₂ S di Sungai Ciasem.....	29
14. Konsentrasi Total Fenol di Sungai Ciasem	30
15. Konsentrasi Kromium Heksavalen di Sungai Ciasem	31
16. Konsentrasi Minyak dan Lemak di Sungai Ciasem	31
17. Konsentrasi MBAS di Sungai Ciasem.....	32
18. Curah Hujan di Lokasi Penelitian.....	33
19. Kepadatan dan Jumlah Jenis Makrozoobenthos.....	34
20. Proporsi Kepadatan dan Jumlah Jenis Makrozoobenthos.....	35
21. Kelimpahan dan Jumlah Jenis Fitoplankton.....	36
22. Proporsi Kelimpahan dan Jumlah Jenis Fitoplankton.....	37
23. Kuadran SIGNAL 2 Makrozoobenthos.....	39
24. Kelimpahan Bakteri Fecal Koliform.....	42
25. Kelimpahan Bakteri Total Koliform	42
26. Kelimpahan Bakteri E. coli	43
27. Kuadran Biplot	45

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Dokumentasi Pengambilan dan Pengujian Sampel	59
2. Data Kualitas Air Sungai Ciasem (Periode 2024).....	60
3. Data Kualitas Air Sungai Ciasem (Periode 2021-2022).....	62
4. Struktur Komunitas Fitoplankton dan Makrozoobenthos	64
5. Data Fitoplankton untuk Indeks Saprobik	66
6. Data Makrozoobenthos untuk Indeks SIGNAL 2.....	67
7. Data Bakteri Koliform	68
8. Uji CCA pada Kualitas Air Sungai Ciasem	69
9. Uji Korelasi pada Air Sungai Ciasem.....	70
10. Data Curah Hujan	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai merupakan ekosistem air tawar lotik yang bersifat dinamis (Kinanti et al., 2014). Kecepatan arus sungai pada umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan ekosistem danau (perairan lentik) dan mampu mempengaruhi luas penampang sungai serta debit yang dihasilkan (Ishak et al., 2023). Keberadaan sungai sangat bermanfaat bagi makhluk hidup di dalam dan sekitarnya, seperti biota akuatik yang hidup di sungai dan manusia yang memanfaatkan sungai untuk menunjang segala aktivitasnya (Putro & Masrofah, 2019). Peran lain sungai ialah habitat biota perairan seperti makrozoobenthos, nekton, tumbuhan air, plankton, dan perifiton. Oleh sebab itu, keberadaan ekosistem sungai berperan sangat penting bagi kelangsungan hidup biota akuatik maupun manusia yang ada di sekitarnya (Putro & Masrofah, 2019). Akan tetapi, sering kali aktivitas manusia di sekitar sungai berpotensi menambah beban polutan yang mencemari sungai, seperti limbah dari aktivitas rumah tangga, perkebunan, pertanian, dan aktivitas industri (Warman, 2015). Selain limbah tersebut, beban masukan dari air lindi juga berpotensi menurunkan kualitas air sungai (Satrio & Ristin, 2015). Salah satu sungai di Jawa Barat yang mendapatkan masukan bahan pencemar dari air lindi dan aktivitas rumah tangga ialah Sungai Ciasem, Kecamatan Bantargebang.

Sungai Ciasem terletak di Kecamatan Bantargebang dan berjarak dekat dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang. Menurut Kurniasari & Aprianti, (2020), terdapat dua aliran sungai yang mengalir dekat dengan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, yaitu Sungai Ciasem dan Sungai Ciketing. Akan tetapi, Sungai Ciasem mendapat pengaruh langsung dari keberadaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, mulai dari hulu, tengah, hingga hilir yang berlokasi dekat dengan IPA Terpadu Kota Bekasi. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang telah beroperasi sejak tahun 1989 dengan timbunan sampah yang diperkirakan mencapai 3.141.648 ton/tahun. Terdapat 4 zona tumpukan sampah yang beroperasi di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang dengan ketinggian rata-rata setiap zona mencapai 25 meter. Timbunan sampah di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang berasal dari wilayah DKI Jakarta yang mencapai 6.500 – 7.000 ton/hari pada tahun 2020, dan timbunan tersebut diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat (Kurniasari & Aprianti, 2020). Pada Tahun 2023, berdasarkan data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN), telah terjadi peningkatan timbunan sampah hingga 7.000 ton/hari yang tertimbun di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang. Peningkatan timbunan sampah di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang akan memicu peningkatan air lindi yang meresap dan mengalir dalam tanah ataupun saluran drainase, hingga berakhir pada aliran Sungai Ciasem. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya pengelolaan sampah ataupun aktivitas masyarakat di sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang yang berpotensi meningkatkan beban masukan bahan pencemar pada Sungai Ciasem, sehingga ekosistem Sungai Ciasem tidak terganggu.

Terdapat tiga air effluent hasil pengolahan air lindi yang masuk ke dalam Sungai Ciasem, yaitu outlet IPAS pada Zona 3, outlet IPAS pada Zona Gabungan, dan outlet IPAS TPA Sumur Batu. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kurniasari & Aprianti, (2020) menyatakan bahwa bagian hulu Sungai Ciasem telah tercemar sedang, dan terus meningkat hingga ke hilir, menjadi tercemar berat. Parameter BOD dan COD semakin meningkat hingga ke hilir dan melampaui baku mutu sesuai peruntukan Sungai Ciasem, sehingga disimpulkan daya tampung beban pencemar Sungai Ciasem sangat rendah. Selain itu, penelitian lainnya yang dilakukan oleh Purnama, (2018) menyebutkan bahwa Sungai Ciasem telah tercemar TSS, COD, seng, tembaga, fosfat, sehingga kandungan oksigen yang terlarut dalam air (DO) sungai cukup rendah. Penurunan kadar DO dalam air mengakibatkan rendahnya tingkat keanekaragaman dan jumlah biota perairan di Sungai Ciasem, serta banyak biota perairan yang mengalami kematian. Penelitian yang dilakukan oleh Fadhilah & Fitria, (2020) menunjukkan adanya kematian ikan dan sejumlah biota lain di hulu dan hilir Sungai Ciasem. Penyebab kematian biota perairan tersebut ialah masukan limbah organik yang tinggi dan pengaruh dari limbah hasil pemrosesan sampah dan air lindi pada IPAS Zona 3 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang. Oleh sebab itu, perlu adanya pemantauan kondisi kualitas air Sungai Ciasem berdasarkan organisme bioindikator.

Salah satu bentuk upaya untuk menjaga kelestarian Sungai Ciasem ialah dengan melakukan pemantauan kualitas air melalui aspek biologi (biomonitoring) menggunakan bioindikator berupa struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan mikrobiologi berupa bakteri koliform. Pemantauan kualitas air secara biologi dapat memberikan gambaran yang lebih tepat karena melalui perhitungan jumlah atau komposisi keberadaan organisme petunjuk atau bioindikator yang sensitif terhadap masukan bahan pencemar atau gangguan lingkungan yang masuk ke dalam perairan (Holt & Miller, 2011). Organisme bioindikator akan memberikan respon atau tingkah laku yang berbeda ketika terdapat perubahan lingkungan yang mengganggu kelangsungan hidupnya.

Beberapa organisme bioindikator yang sering digunakan untuk memantau kondisi perairan ialah makrozoobenthos, fitoplankton, dan organisme bakteri koliform. Menurut Metcalfe & Smith, (1994), makrozoobenthos dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas lingkungan karena memiliki perbedaan respon sensitivitas terhadap tiap jenis polutan, bereaksi cepat terhadap perubahan lingkungan, banyak ditemukan pada ekosistem perairan mengalir, dan mampu menggambarkan kondisi seluruh perairan karena dapat ditemukan pada hulu hingga hilir perairan. Menurut Amizera et al., (2012), makrozoobenthos memiliki masa hidup yang relatif lama, sehingga rekaman kualitas lingkungan yang dimiliki cukup luas dan cenderung menetap di dasar perairan. Sementara fitoplankton dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas perairan karena mampu memberikan respon yang sangat cepat (Nugroho, 2006) terhadap perubahan kondisi lingkungan, dan berperan sebagai produsen primer, sehingga dapat diamati siklusnya melalui rantai makanan (Nybakken, 1992). Selain itu, keberadaan bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) sebagai organisme mikroba juga dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran perairan akibat bahan organik (Askar et al., 2018), karena keberadaan bakteri patogen dapat menyebabkan terganggunya metabolisme dan

fisiologis organisme lain. Akan tetapi, informasi mengenai pemantauan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform sebagai bioindikator di Sungai Ciasem sangat minim.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al., (2011) menyebutkan bahwa jenis bakteri yang dominan ditemukan pada air lindi ialah proteobakteria. Contoh genera proteobakteria yang ditemukan pada air lindi pengolahan daging Hanwoo di Korea Selatan ialah *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *Bacillaceae*, *Clostridium*, dan *Clostridiales* (Yang et al., 2017). Sementara jenis plankton yang umumnya ditemukan pada air lindi yang mengalir menuju Sungai Kreo, Kota Semarang, berupa *Cyclotella* sp., *Fragilaria crotonensis*, *Synedra splendens*, *Tabellaria fenestrata*, *Navicula radiosa*, *Closterium* sp., *Nitzschia* sp., *Microspora* sp., dan *Gyrosigma acuminatum* (Kurniawati et al., 2015). Jenis makrozoobenthos yang dominan ditemukan pada air lindi ialah dari ordo gastropod, berupa *Littoria* sp., *Opeas* sp., *Lymnaea* sp., dan *Quoiya decolata* (Ayu et al., 2015). Meskipun demikian, penelitian yang mengkaji organisme bioindikator akibat masukan air lindi pada perairan sungai belum dikaji lebih lanjut. Oleh sebab itu, perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai penelitian yang berfokus pada analisis status pencemaran Sungai Ciasem akibat masukan air lindi melalui bioindikator berupa makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform.

Pembaruan pada penelitian ini berfokus pada kajian *biomonitoring* dan bioindikator pencemaran perairan akibat masukan air lindi di Sungai Ciasem menggunakan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform yang ditemukan. Hal tersebut karena belum tersedianya kajian ataupun penelitian sebelumnya yang melakukan *biomonitoring* dan bioindikator perairan akibat masukan air lindi berdasarkan keberadaan dan jumlah jenis makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang ditemukan di Sungai Ciasem.

Sungai Ciasem mengalir dari hulu yang dekat dengan wilayah pemukiman sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, menuju tengah aliran di wilayah IPAS 3 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, dan berakhir di hilir dekat dengan IPA Terpadu. Bahan pencemar dari tiap aspek seperti rumah tangga, industri, maupun Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang akan terakumulasi dan mengganggu kelangsungan hidup biota perairan (Rahayu et al., 2018). Perubahan kondisi lingkungan yang terjadi secara terus menerus akan mematikan fungsi ekosistem sungai, baik bagi biota perairan maupun bagi manusia yang hidup di sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang. Kondisi kualitas air Sungai Ciasem dan minimnya informasi mengenai keragaman biota perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) yang ditemukan di Sungai Ciasem melatarbelakangi penelitian ini. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kondisi kualitas air Sungai Ciasem melalui pendekatan bioindikator berupa struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform yang ditemukan.

1.2. Rumusan Masalah

Sungai Ciasem terletak dekat dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang. Terdapat tiga aliran limbah hasil pemrosesan sampah yang masuk ke dalam Sungai Ciasem, yaitu outlet IPAS pada Zona 3, outlet IPAS pada Zona Gabungan, dan outlet IPAS TPA Sumur Batu (Kurniasari & Aprianti, 2020). Selain aliran limbah hasil pemrosesan sampah, terdapat masukan bahan pencemar lainnya yaitu dari aktivitas rumah tangga yang berada di hulu Sungai Ciasem. Beban masukan bahan pencemar tersebut akan terakumulasi di bagian hilir Sungai Ciasem. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya pengelolaan sampah ataupun aktivitas masyarakat yang berpotensi meningkatkan beban masukan bahan pencemar pada Sungai Ciasem, sehingga ekosistem Sungai Ciasem tidak terganggu.

Salah satu bentuk upaya untuk menjaga kelestarian Sungai Ciasem ialah dengan melakukan pemantauan kualitas air melalui aspek biologi (*biomonitoring*) menggunakan bioindikator berupa struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform. Makrozoobenthos (Holt & Miller, 2011), fitoplankton (Amizera et al., 2012), dan organisme mikroba berupa bakteri koliform (Askar et al., 2018) dapat dijadikan sebagai bioindikator karena memiliki kemampuan respon sensitivitas yang tinggi dan cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan tempat tinggalnya. Akan tetapi, informasi mengenai pemantauan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Ciasem sangat minim. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemantauan status kualitas air Sungai Ciasem akibat masukan air lindi menggunakan organisme bioindikator pencemaran perairan.

Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa Sungai Ciasem telah tercemar logam berat berupa seng dan tembaga. Selain itu, terjadi peningkatan beberapa konsentrasi parameter kualitas air Sungai Ciasem pada bagian hilir, yaitu BOD, COD, dan TSS. Peningkatan logam berat dan ketiga parameter tersebut mampu mengikat oksigen terlarut dalam perairan, sehingga kandungan oksigen terlarut (DO) pada Sungai Ciasem menurun. Penurunan kandungan oksigen terlarut mengakibatkan rendahnya tingkat keanekaragaman dan jumlah biota perairan di Sungai Ciasem, serta banyak biota perairan yang mengalami kematian. Penelitian yang dilakukan oleh Fadhilah & Fitria, (2020) menyebutkan bahwa kematian biota perairan disebabkan adanya masukan limbah organik dan logam yang tinggi dari limbah hasil pemrosesan sampah dan air lindi pada di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang.

Hal yang menjadi novelty dari penelitian ini ialah pada kajian pencemaran air melalui pemantauan (*biomonitoring*) dan penerapan indikator secara biologi (*bioindicator*) menggunakan makhluk hidup akibat masukan polutan dari air lindi ke Sungai Ciasem. Kajian biologi yang diamati menggunakan struktur komunitas organisme makrozoobentos, komposisi spesies fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform yang ditemukan. Novelty tersebut didasarkan karena belum adanya penelitian atau kajian terdahulu yang melakukan *biomonitoring* dan *bioindicator* makhluk hidup pada badan air akibat masukan air lindi.

Kondisi kualitas air Sungai Ciasem dan rendahnya keragaman biota perairan yang ditemukan, mengakibatkan perlu adanya kajian lanjutan mengenai status kualitas air

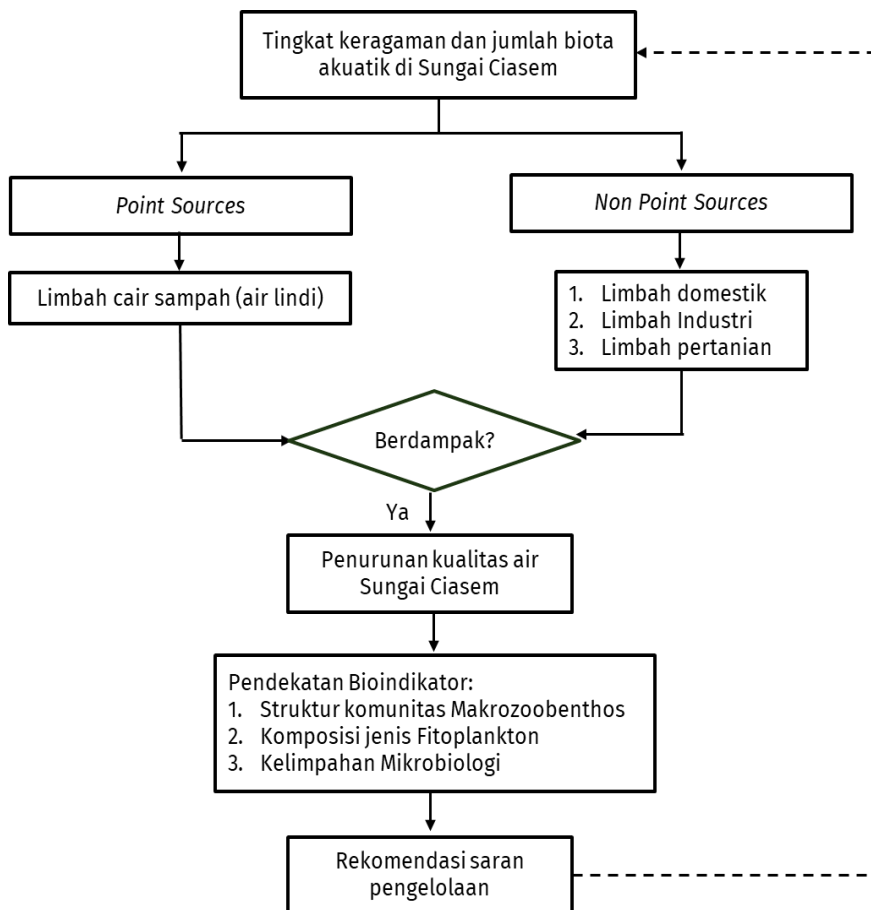
Sungai Ciasem berdasarkan organisme bioindikator pencemaran perairan. Berdasarkan uraian tersebut, pokok permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini ialah:

- a. Bagaimana kondisi terkini kualitas air Sungai Ciasem?
- b. Bagaimana struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform sebagai bioindikator pencemaran di Sungai Ciasem?
- c. Bagaimana keterkaitan struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem?

1.3. Kerangka Berpikir

Sungai Ciasem terletak dekat dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, dan menerima buangan limbah hasil pemrosesan sampah dari IPAS. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa kondisi kualitas air Sungai Ciasem telah tercemar sedang hingga berat menuju ke hilir akibat peningkatan kandungan beberapa parameter, seperti TSS, BOD, dan COD. Permasalahan muncul ketika rendahnya tingkat keragaman biota perairan yang ditemukan di sepanjang aliran Sungai Ciasem, yaitu dari bagian hulu, tengah, dan hilir. Rendahnya tingkat keragaman biota perairan di Sungai Ciasem didukung dengan minimnya informasi mengenai keberadaan dan struktur komunitas biota perairan, seperti makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform di Sungai Ciasem. Selain itu, kajian mengenai jumlah dan jenis biota perairan yang ditemukan juga masih sedikit dikaji. Oleh sebab itu, perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai keterkaitan struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem.

Penyebab rendahnya keragaman biota perairan di sepanjang aliran Sungai Ciasem ialah karena perubahan kondisi lingkungan, yaitu penurunan kualitas air Sungai Ciasem, masukan beban limbah domestik dari aktivitas rumah tangga, dan masukan beban limbah hasil pemrosesan sampah dari IPAS. Salah satu bentuk upaya untuk menjaga kelestarian Sungai Ciasem ialah dengan melakukan pemantauan aspek biologi (biomonitoring) berupa struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Ciasem. Analisis yang digunakan untuk pemantauan tersebut ialah *Stream Invertebrate Grade Number Average Level 2* (SIGNAL 2) untuk makrozoobenthos, Indeks Saprobik untuk fitoplankton, dan analisis kelimpahan bakteri yang dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional Kelas II untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan mengairi tanaman. Selain itu, dilakukan analisis CCA dan korelasi untuk melihat keterkaitan antara struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem. Berikut diagram alir penelitian struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem (Gambar 1).



Gambar 1 Diagram alir kerangka pemikiran mengenai keterkaitan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kondisi kualitas air bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Ciasem, Kecamatan Bantargebang.
2. Menganalisis struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform sebagai bioindikator pencemaran yang ditemukan di bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Ciasem, Kecamatan Bantargebang.
3. Menganalisis keterkaitan struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) yang ditemukan dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi bagi UPT PTSP DLH DKI Jakarta selaku pengelola Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, terkait struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform yang ditemukan sebagai bioindikator pencemaran perairan Sungai Ciasem, Kecamatan Bantargebang. Informasi tersebut harapannya dapat menjadi fokus perhatian dan informasi tambahan bagi dinas terkait dan masyarakat, agar pengelolaan air lindi Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang dan limbah domestik dari aktivitas rumah tangga dapat dilakukan dengan optimal. Penelitian ini dapat menjadi informasi dasar bagi pemerintah dalam menyusun strategi pengelolaan dan pengolahan air lindi Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang dan limbah domestik dari aktivitas rumah tangga, agar tidak mencemari dan mengganggu keragaman sumberdaya biota perairan di Sungai Ciasem.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Ciasem, Kecamatan Bantargebang. Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada perubahan struktur komunitas makrozoobenthos dan fitoplankton akibat kondisi kualitas air Sungai Ciasem. Penelitian ini akan melakukan pemantauan kualitas air Sungai Ciasem menggunakan bioindikator makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform untuk mengetahui keterkaitan dan korelasi struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) yang ditemukan dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem. Hasil penelitian ini dapat menjadi informasi dalam penyusunan rencana pengelolaan limbah hasil pemrosesan sampah pada IPAS di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, agar tidak mencemari Sungai Ciasem dan mengganggu kelangsungan hidup biota perairan di dalamnya. Ruang lingkup penelitian ini memiliki 3 batasan utama, yaitu: (1) analisis kualitas air Sungai Ciasem; (2) analisis struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform yang ditemukan; dan (3) analisis keterkaitan struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform) dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menguji hipotesis, membandingkan dua atau lebih perlakuan, dan menganalisis korelasi dua atau lebih variabel. Umumnya, metode kuantitatif suatu penelitian digunakan untuk memecahkan masalah dari suatu variabel yang telah terukur dengan populasi yang luas, atau menguji keberhasilan suatu eksperimen dalam penelitian (Sugiyono, 2013). Umumnya metode kuantitatif memiliki rancangan penelitian dalam pelaksanaannya. Metode yang digunakan untuk menguji suatu hipotesis pada penelitian ini ialah metode kuantitatif. Variabel bebas dari penelitian ini ialah kualitas air Sungai Ciasem (BOD, COD, TSS, TDS, DO, Amonia, Minyak dan Lemak, dan MBAS) dan kondisi iklim berupa curah hujan. Sementara variabel terikat pada penelitian ini ialah keberadaan makrozoobentos, fitoplankton, dan bakteri koliform dalam air Sungai Ciasem.

2.2. Jenis Penelitian

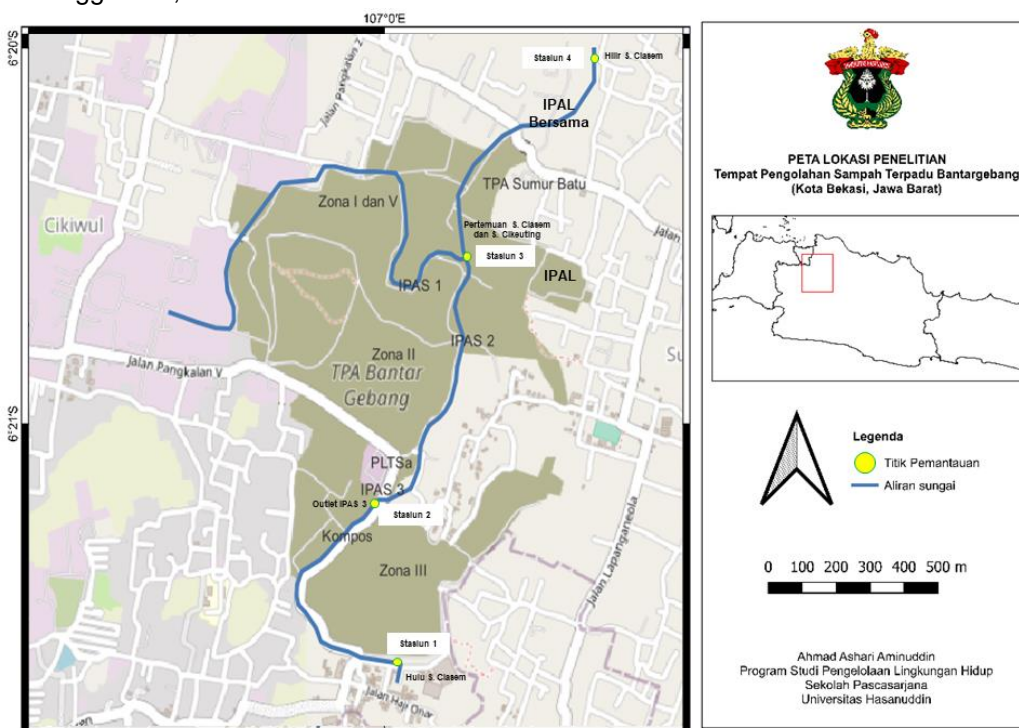
Penelitian yang dilakukan tergolong dalam jenis penelitian campuran antara kualitatif dengan kuantitatif, dimana analisis yang dilakukan ialah analisis laboratorium, analisis statistika, dan analisis deksriptif. Pengambilan sampel pada penelitian ini hanya dilakukan pada satu musim atau satu waktu tertentu (*Discontinuous*). Variabel bebas dari penelitian ini ialah kualitas air Sungai Ciasem (BOD, COD, TSS, TDS, DO, Amonia, Minyak dan Lemak, dan MBAS) dan kondisi iklim berupa curah hujan. Sementara yang tergolong variabel terikat atau tidak bebas ialah keberadaan makrozoobentos, fitoplankton, dan bakteri koliform dalam air Sungai Ciasem.

2.3. Sumber dan Jenis Data Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer penelitian ini ialah kualitas air Sungai Ciasem, kelimpahan fitoplankton, struktur komunitas makrozoobentos, dan kelimpahan bakteri koliform. Data primer tersebut diperoleh dari pengukuran langsung secara *in situ* dan pengukuran secara *ex situ* di Laboratorium Lingkungan KBL Lab. Sementara data sekunder penelitian ini ialah data curah hujan, data pemantauan kualitas air Sungai Ciasem yang dilakukan oleh UPST DLH DKI Jakarta (*time series* dari tahun 2020), dan data komposisi dan jumlah sampah yang masuk ke Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang tiap harinya. Data curah hujan selama 10 tahun terakhir diperoleh dari Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusumah melalui BMKG. Data pemantauan kualitas air, komposisi sampah, dan jumlah sampah yang masuk ke Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang setiap harinya diperoleh dari UPST DLH DKI Jakarta. Data sekunder yang terkumpul akan dianalisis dan disimpulkan sebagai bentuk dari hasil analisis.

2.4. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada Bulan Januari hingga Maret Tahun 2024. Penelitian dilakukan pada empat stasiun di bagian hulu, tengah, pertemuan aliran, dan hilir Sungai Ciasem, Kecamatan Bantargebang, Kota Bekasi disajikan pada Gambar 2. Stasiun pertama di bagian hulu Sungai Ciasem yang mendapat pengaruh dari pemukiman. Stasiun kedua terletak di tengah Sungai Ciasem yang mendapat pengaruh dari limbah hasil pemrosesan sampah pada IPAS 3. Stasiun ketiga terletak pada pertemuan aliran antara Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem. Stasiun keempat terletak di hilir Sungai Ciasem yang mendapat pengaruh masukan dari akumulasi bagian hulu dan tengah Sungai Ciasem. Pengukuran beberapa parameter kualitas air dan keberadaan biota akuatik dilakukan secara *in situ*, sementara parameter lainnya, seperti identifikasi biota perairan, dilakukan di Laboratorium Karsa Buana Lestari (KBL Lab), Kecamatan Pesangrahan, Kota Jakarta Selatan.



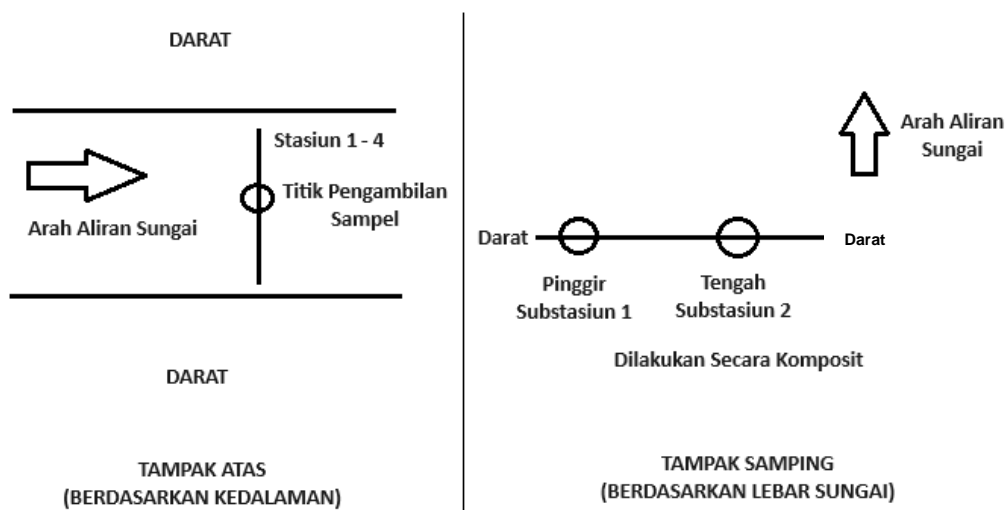
Gambar 2 Lokasi penelitian mengenai keterkaitan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform dengan kualitas air Sungai Ciasem

2.5. Teknik Pengumpulan Data

2.5.1. Pengukuran kualitas air Sungai Ciasem

Pengukuran kualitas air Sungai Ciasem dilakukan pada empat titik stasiun pemantauan, yaitu bagian hulu dekat pemukiman, tengah aliran dekat dengan IPAS 3, pertemuan aliran Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem, dan hilir dekat IPA Terpadu. Pengukuran dan pengambilan sampel kualitas air Sungai Ciasem dilakukan dalam satu kali

pengambilan sampel, dengan pengulangan sebanyak dua kali. Pengambilan sampel dilakukan secara komposit pada dua substasiun, yaitu pinggir dan tengah sungai. Pengambilan sampel air sungai hanya dilakukan pada kolom perairan yang mewakili permukaan dan dasar sungai, hal tersebut karena mengacu pada SNI 6989.57:2008, pengambilan sampel cukup dilakukan pada satu titik apabila kedalaman sungai kurang dari 1 m. Ilustrasi alur pengambilan sampel Sungai Ciasem disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Alur pengambilan sampel air Sungai Ciasem

Prosedur pengambilan sampel air dan penentuan titik lokasi *sampling* dilakukan berdasarkan SNI 6989.57:2008 mengenai Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel air sungai mengacu pada kriteria lokasi, yaitu lokasi merupakan sumber air alamiah, sumber air yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, sumber air tercemar, dan atau sumber masukan ke waduk, danau, ataupun laut. Berdasarkan kriteria umum lokasi tersebut, keempat lokasi penelitian termasuk dalam salah satunya, yaitu sumber air tercemar dan dimanfaatkan oleh masyarakat.

Kualitas air Sungai Ciasem diukur secara *in situ* dan *ex situ*. Parameter kualitas air yang akan diamati terdiri dari parameter kimia, biologi, dan fisika perairan. Parameter yang diukur secara *in situ* ialah suhu, kecerahan, kekeruhan, warna air, pH, dan oksigen terlarut (DO). Sementara parameter lainnya yang diamati secara *ex situ* dan dianalisis di Laboratorium Karsa Buana Lestari (KBL Lab) ialah TSS, TDS, ammonia, nitrit, nitrat, total P, BOD, COD, logam berat (Cd, Zn, Cu, Pb, Hg), minyak lemak, deterjen total, kelimpahan plankton, total dan fecal koliform. Berikut merupakan prosedur kerja untuk pengukuran kualitas air yang dilakukan, yaitu:

1. Pengukuran parameter kualitas air Sungai Ciasem secara *in situ*

Beberapa parameter kualitas air Sungai Ciasem diukur langsung dilapangan menggunakan instrumen yang sesuai dengan peruntukannya. Kondisi sekitar titik pengambilan sampel diamati terlebih dahulu sebelum dilakukan pengukuran. Setelah itu,

warna air diamati secara visual dan suhu diukur menggunakan SCT meter (*Salinity, Conductivity, dan Temperature*). Lalu, tingkat kecerahan diukur menggunakan *secchi disk* dan kedalaman diukur dengan papan berskala. Selanjutnya, parameter kekeruhan, pH, dan oksigen terlarut diukur menggunakan instrumen masing-masing. Kekeruhan menggunakan turbidimeter, pH menggunakan pH meter, dan oksigen terlarut menggunakan DO meter. Semua instrumen tersebut telah dikalibrasi oleh larutan buffer atau larutan standar. Pengukuran sampel air dilakukan dengan 2 kali pengulangan untuk memastikan tidak terjadinya kekeliruan dalam pengukuran sampel.

2. Pengambilan sampel kualitas air Sungai Ciasem secara *ex situ*

Beberapa parameter kualitas air Sungai Ciasem dianalisis di laboratorium karena membutuhkan ruang steril dan instrumen analisis yang lebih lengkap. Tangan dan alat sampel disterilisasi menggunakan alkohol untuk memastikan tidak terdapat kontaminan pada wadah dan alat sampel yang digunakan. Dokumentasi pengambilan sampel terlampir pada Lampiran 1. Pengambilan dan preservasi sampel air dilakukan dengan rincian berikut:

TSS	:	sebanyak 200 mL air sampel dan di preservasi dengan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
TDS	:	sebanyak 200 mL air sampel dan di preservasi dengan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Ammonia	:	sebanyak 500 mL air sampel dipreservasi dengan H ₂ SO ₄ dan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Nitrat	:	sebanyak 100 mL air sampel dan di preservasi dengan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Nitrit	:	sebanyak 100 mL air sampel dan di preservasi dengan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Total P	:	sebanyak 100 mL air sampel dipreservasi dengan penambahan H ₂ SO ₄ dan disimpan pada wadah bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
BOD	:	sebanyak 1.000 mL air sampel dan di preservasi dengan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
COD	:	sebanyak 100 mL air sampel dan di preservasi dengan penambahan H ₂ SO ₄ dan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Logam Berat	:	sebanyak 1.000 mL air sampel dan di preservasi dengan penambahan HNO ₃ atau disaring untuk logam padat
Minyak dan Lemak	:	sebanyak 1.000 mL air sampel dan di preservasi dengan penambahan HCl atau H ₂ SO ₄ dan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Deterjen Total	:	sebanyak 250 mL air sampel dan di preservasi dengan disimpan pada wadah/ruang bersuhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Total Koliform	:	sebanyak 200 mL air sampel dan di preservasi dengan sterilisasi wadah dari kontaminan
Fecal Koliform	:	sebanyak 200 mL air sampel dan di preservasi dengan sterilisasi wadah dari kontaminan

Sampel air yang telah diambil, disimpan dalam wadah dengan kriteria yang mengacu pada SNI 6989.57:2008, yaitu wadah untuk menyimpan sampel air harus terbuat dari bahan polietilen (plastik PE) dan atau gelas, dalam kondisi bersih dan steril, tidak mudah pecah, tertutup, serta tidak mudah bereaksi ketika sampel air dimasukkan. Metode analisis dan instrumen yang digunakan untuk pengambilan dan analisis sampel air Sungai Ciasem disajikan pada Tabel 1. Sementara baku mutu kualitas air Sungai Ciasem sesuai peruntukannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1 Metode Analisis Parameter Kualitas Air Sungai Ciasem

Parameter	Satuan	Alat	Metode
Fisika			
Kecerahan ^a	cm	<i>Secchi disk</i>	Visual
Suhu ^a	°C	Termometer	SNI 6989.57:2008
Kekeruhan ^a	NTU	Turbidimeter	SNI 6989.80:2011
Warna ^a	CU	-	<i>Visual Comparison Method</i> (APHA, 2017)
Total padatan tersuspensi ^b	mg/L	Neraca analitik	Gravimetri (APHA, 2017)
Total padatan terlarut ^b	mg/L	TDS meter, neraca analitik	Gravimetri (APHA, 2017)
Kimia			
Oksigen terlarut ^a	mg/L	DO meter	SNI 6989.57:2008
pH ^a	-	pH meter	SNI 6989.11-2004
Nitrat ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 6989.79:2011
Nitrit ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 06-6989.9-2004
Ammonia ^b	mg/L	Spektrofotometer	<i>Segmented Flow Analysis</i>
Fosfat total ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 06-2483-1991
BOD ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 6989.72:2009
<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) ^b	mg/L	Spektrofotometer	<i>Closed reflux, colorimetric</i> (APHA, 2017)
Kadmium (Cd) ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 8910:2021
Seng (Zn) ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 8910:2021
Tembaga (Cu) ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 8910:2021
Timbal (Pb) ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 8910:2021
Raksa (Hg) ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 8910:2021
Minyak dan lemak ^b	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.10-2011
Deterjen total ^b	mg/L	Spektrofotometer	SNI 06-6989.51:2005
Biologi			
Kelimpahan Plankton	Ind/L	<i>Counting chamber</i>	<i>Sedgwick Rafter Method</i> (APHA, 2017)
<i>Total koliforms</i> ^b	MPN/100 mL	<i>Media Plate Count Agar (PCA)</i>	<i>Most Probable Number (MPN)</i> (APHA, 2017)
<i>Fecal koliforms</i> ^b	MPN/100 mL	<i>Media Plate Count Agar (PCA)</i>	<i>Most Probable Number (MPN)</i> (APHA, 2017)

Keterangan: ^{a)} parameter yang diukur secara insitu; ^{b)} parameter yang dianalisis di laboratorium

Tabel 2 Baku Mutu Kelas II Kualitas Air Sungai Ciasem

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II
Fisika		
Kecerahan	cm	-
Suhu	°C	Dev 3
Kekeruhan	NTU	-
Warna	CU	50
TSS	mg/L	50
TDS	mg/L	1.000
Kimia		
Oksigen terlarut	mg/L	4
pH	-	6 – 9
Nitrat	mg/L	10
Nitrit	mg/L	0,06
Ammonia	mg/L	0,2
Nitrogen total	mg/L	15
Fosfat total	mg/L	0,2
<i>Biochemical Oxygen Demand (BOD)</i>	mg/L	3
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	25
Raksa (Hg)	mg/L	0,002
Kadmium (Cd)	mg/L	0,01
Nikel (Ni)	mg/L	0,05
Seng (Zn)	mg/L	0,05
Tembaga (Cu)	mg/L	0,02
Timbal (Pb)	mg/L	0,03
Minyak dan lemak	mg/L	1
Deterjen total	mg/L	0,2
Biologi		
<i>Total koliforms</i>	MPN/100 mL	5.000
<i>Fecal koliforms</i>	MPN/100 mL	1.000

Sumber: PPRI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI Tentang Baku Mutu Air Sungai

2.5.2. Pengambilan Sampel Makrozoobenthos

Pengambilan sampel makrozoobenthos dilakukan pada dua titik substasiun di setiap stasiun pengamatan menggunakan Ekmann Grab. Ekmann Grab dimasukkan ke dalam perairan menyentuh dasar perairan. Ekmann Grab akan mengambil substrat atau sedimen dasar perairan dengan cara menangkap (*grab*) sedimen, sehingga benthos dapat terambil. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali ulangan di setiap substasiun. Sampel makrozoobenthos yang terperangkap dalam Ekmann Grab disimpan dalam wadah yang telah diberi pengawet berupa alkohol 70% dan label penanda.

Sampel makrozoobenthos yang diperoleh dibawa ke laboratorium untuk disortir dan diidentifikasi hingga tingkat genus berdasarkan morfologi yang dimilikinya. Identifikasi makrozoobenthos dilakukan berdasarkan buku identifikasi Pennak, (1978), dan buku identifikasi benthos McCafferty, (1983). Identifikasi makrozoobenthos menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 0,67X – 4,5X. Setelah diidentifikasi, makrozoobenthos dihitung kepadatannya berdasarkan jumlah individu per satuan luas

(ind/m²) (Brower et al., 1990). Rumus untuk menghitung kepadatan makrozoobenthos yang telah diidentifikasi ialah berikut (Brower et al., 1990).

$$K_i = \frac{a_i}{b \times r} \times 10.000 \quad (1)$$

Keterangan:

- K_i = Kepadatan makrozoobenthos teridentifikasi jenis ke-I (Ind/m²)
 a_i = Jumlah individu makrozoobenthos teridentifikasi jenis ke-i
 b = Luas plot/area sampling (cm²)
 r = Jumlah ulangan (2 kali)
 10.000 = Konversi luasan plot cm² ke m²

2.5.3. Pengambilan Sampel Fitoplankton

Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan dengan menyaring air sebanyak ±50 L ke dalam *plankton net* dengan *mesh size* berukuran 100 µm. Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan pada dua titik substasiun di setiap stasiun dan disimpan dalam wadah secara komposit. Sampel fitoplankton yang telah diambil diberi bahan preservasi berupa 2-3 tetes lugol. Sampel fitoplankton kemudian diidentifikasi di Laboratorium KBL yang mengacu pada Mizuno, (1979), Prescott, (1970), dan Davis, (1955). Sampel fitoplankton yang telah diidentifikasi kemudian dihitung kelimpahannya dengan persamaan berikut (APHA, 2017).

$$N = n \times \frac{V_t}{V_{src}} \times \frac{A_{src}}{A_a} \times \frac{1}{V_d} \quad (2)$$

Keterangan:

- N = Kelimpahan fitoplankton (sel/L)
 n = Jumlah organisme yang teramati (sel)
 V_t = Volume air yang tersaring (mL) = 100 mL
 V_{src} = Volume satuan *Sedgwick Rafter Chamber* (1 mL)
 A_a = Luas area lapang pandang (mm²)
 A_{src} = Luas penampang *Sedgwick Rafter Chamber* (mm²)
 V_d = Volume air yang disaring (L) = 50 L

Kelimpahan fitoplankton menggambarkan jumlah sel fitoplankton setiap satuan volume air yang tersaring (L). Sampel fitoplankton diamati menggunakan mikroskop majemuk perbesaran 10 x 10. Kelimpahan fitoplankton dihitung menggunakan alat tambahan, yaitu SRC (*Sedgwick Rafter Counting Cell / SRC*) yang memiliki ukuran 50 x 20 x 1 mm³ dan volume 1 mL.

2.5.4. Pengambilan Sampel Bakteri

Pengambilan sampel bakteri dilakukan pada dua titik substasiun di setiap stasiun pengamatan menggunakan media air sampel yang dikompositkan. Botol kaca steril berukuran 500 mL dimasukkan ke dalam perairan hingga kedalaman 0,2 m dari permukaan. Sebelumnya botol sampel telah disterilkan melalui pemanasan pada suhu

180 °C. Mulut botol diposisikan berlawanan arah dengan aliran sungai, sehingga air sungai dapat masuk ke dalam botol sampel. Sampel diambil dengan ulangan sebanyak 2 kali di tiap substasiun. Preservasi sampel bakteri pada air dilakukan dengan metode liofiliasi, yaitu dengan pengkulturan sel dan penambahan kultur bakteri dengan agen tambahan (APHA, 2017). Sampel bakteri yang diperoleh dibawa ke laboratorium untuk dikulturisasi dan dilakukan uji pewarnaan bakteri untuk identifikasi bakteri, serta dilakukan analisis menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN).

2.5.5. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang dikumpulkan meliputi data curah hujan, data pemantauan kualitas air Sungai Ciasem yang dilakukan oleh UPST DLH DKI Jakarta (*time series* dari tahun 2020), dan data komposisi dan jumlah sampah yang masuk ke Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang tiap harinya. Data curah hujan selama 10 tahun terakhir diperoleh dari Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusumah melalui BMKG. Data pemantauan kualitas air, komposisi sampah, dan jumlah sampah yang masuk ke Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang setiap harinya diperoleh dari UPST DLH DKI Jakarta. Data sekunder yang terkumpul akan dianalisis dan disimpulkan sebagai bentuk dari hasil analisis.

2.6. Teknik Analisis Data

2.6.1. Analisis Kualitas Air Sungai Ciasem

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif untuk merumuskan tujuan pertama yaitu membandingkan data kualitas air Sungai Ciasem di bagian hulu, tengah, dan hilir yang diperoleh dari hasil pengamatan dengan baku mutu yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Sungai Kelas II dan diolah menggunakan *software* Microsoft Excel. Melalui analisis deskriptif, perubahan nilai kualitas air tiap tahunnya akan tergambar dan menjadi informasi yang mudah dipahami (Smith, 2021). Selain itu, melalui analisis deskriptif, data kualitas air hasil pengamatan tiap tahunnya (*time series*) akan dibandingkan dengan baku mutu, lalu disajikan trend perubahannya dari waktu ke waktu.

2.6.2. Analisis Struktur Komunitas

2.6.2.1. Indeks Keanekaragaman (H')

Penelitian ini menggunakan analisis Indeks Keanekaragaman (H'), Keseragaman (E), dan Dominansi (D) untuk merumuskan tujuan kedua yaitu mengetahui struktur komunitas dan komposisi jenis makrozoobenthos dan fitoplankton yang ditemukan. Analisis Indeks Keanekaragaman jenis makrozoobenthos di Sungai Ciasem bagian hulu, tengah, dan hilir dilakukan menggunakan Indeks Shannon-Wiener (Wilhm & Dorris, 1968), dengan rumus sebagai berikut.

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i \quad (3)$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman

P_i = n_i/N

- ni = Jumlah individu jenis ke-I (ind/m²)
 N = Jumlah total individu dari semua jenis (ind/m²)

2.6.2.2. Indeks Keseragaman (E)

Analisis Indeks Keseragaman (E) dan Indeks Dominansi (C) dilakukan untuk mengetahui tingkat kesamaan dan dominansi jenis di suatu ekosistem. Kedua analisis tersebut saling berkaitan, karena apabila terdapat suatu jenis yang melimpah, maka disimpulkan terjadi dominansi terhadap jenis tersebut dan indeks keseragamannya rendah. Indeks keseragaman menunjukkan persebaran individu antarspesies yang terdapat dalam suatu ekosistem, dan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Krebs, 1985).

$$E = \frac{H'}{H' \text{ Maksimum}} \quad (4)$$

$$H' \text{ Maksimum} = \log_2 S \quad (5)$$

Keterangan:

- E = Indeks keseragaman
 H' = Indeks keanekaragaman
 S = Jumlah spesies

2.6.2.3. Indeks Dominansi (C)

Indeks Dominansi (C) makrozoobenthos di Sungai Ciasem dapat dianalisis menggunakan Indeks Dominansi Simpson dengan nilai berkisar antara 0-1, dan dapat dihitung melalui rumus berikut (Odum, 1993).

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (6)$$

Keterangan:

- C = Indeks dominansi
 Ni = Jumlah individu spesies ke-I (ind/m²)
 N = Jumlah total individu spesies ke-I (ind/m²)

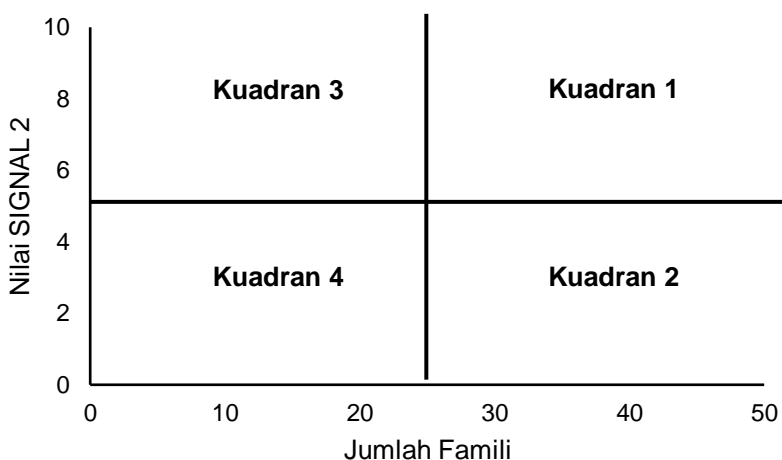
2.6.3. Analisis Status Pencemaran Perairan dengan Bioindikator

2.6.3.1 Makrozoobenthos dengan Indeks *Stream Invertebrate Grade Number Average Level 2 (SIGNAL 2)*

Penelitian ini menggunakan Analisis SIGNAL 2 untuk merumuskan tujuan kedua yaitu mengetahui status pencemaran kualitas air melalui bioindikator berupa makrozoobenthos berdasarkan tingkat sensitivitasnya. Makrozoobenthos yang telah diidentifikasi hingga tingkat famili, kemudian dilakukan skoring berdasarkan tingkat sensitivitasnya. Tingkat sensitivitas tiap jenis makrozoobenthos berbeda-beda dan mengacu pada (Chessman, 1995). Seluruh skor tiap famili tersebut dijumlahkan lalu dibagi dengan jumlah familinya untuk mendapatkan nilai SIGNAL 2 (Chessman, 1995). Nilai SIGNAL 2 yang telah diperoleh dan jumlah famili makrozoobenthos yang telah diidentifikasi, kemudian diplotkan dalam suatu grafik dua sumbu (X dan Y). Lalu, letak SIGNAL 2 pada grafik dua sumbu tersebut diperkirakan dengan membagi grafik menjadi

4 kuadran. Bentuk grafik SIGNAL 2 disajikan pada Gambar 4. Berikut kriteria perairan berdasarkan nilai SIGNAL 2 (Chessman, 2003).

1. Nilai SIGNAL 2 berada pada kuadran 1, menunjukkan tingkat keragaman jenis makrozoobenthos tinggi, dan mengindikasikan perairan tidak tercemar karena tidak ada tekanan ekologis atau kerusakan fisik habitat pada ekosistem tersebut, serta nilai kekeruhan dan kandungan nutrisi pada perairan tersebut rendah.
2. Nilai SIGNAL 2 berada pada kuadran 2, menunjukkan perairan tercemar ringan karena terdapat tekanan ekologis dan kerusakan fisik habitat akibat perubahan tipe substrat ataupun gangguan dari aktivitas manusia, serta kekeruhan yang meningkat. Meskipun demikian, keanekaragaman makrozoobenthos tinggi pada kuadran 2.
3. Nilai SIGNAL 2 berada pada kuadran 3, menunjukkan perairan tercemar sedang dengan tingkat keragaman jenis makrozoobenthos yang rendah akibat perbedaan tingkat toleransi tiap jenis terhadap pencemaran yang terjadi.
4. Nilai SIGNAL 2 berada pada kuadran 4, menunjukkan perairan tercemar berat karena tingkat keragaman jenis makrozoobenthos rendah dan kondisi habitat dalam keadaan tercemar akibat tingginya masukan dan dampak dari aktivitas manusia di sekitar perairan.



Gambar 4 Kuadran untuk nilai SIGNAL 2

2.6.3.2 Fitoplankton dengan Indeks Saprobik

Penelitian ini menggunakan Analisis Indeks Saprobik untuk merumuskan tujuan kedua yaitu mengetahui status pencemaran kualitas air Sungai Ciasem akibat masukan bahan organik melalui bioindikator berupa fitoplankton (Ramadhan et al., 2016). Koefisien saprobik dari organisme yang ditemukan disajikan pada Tabel 3. Analisis Indeks Saprobik dari komposisi jenis fitoplankton ditentukan dengan persamaan berikut.

$$X = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D} \quad (7)$$

Keterangan:

X = Koefisien saprobik

A, B, C, D = Jumlah jenis dari kelompok plankton (Tabel 4)

Tabel 3 Hubungan Koefisien Saprofik dengan tingkat pencemaran perairan

Bahan Pencemar	Tingkat Pencemaran	Fase Saprofik	Koefisien Saprofik
Bahan Organik	Sangat Berat	Polisaprofik	-3,0 – -2,0
		Poli/Mesosaprofik	-2,0 – -1,5
	Cukup Berat	α Meso/Polyosaprofik	-1,5 – -1,0
Bahan Organik dan Anorganik	Sedang	α Mesosaprofik	-1,0 – -0,5
		α/β Mesosaprofik	-0,5 – 0,0
	Ringan	β/α Mesosaprofik	0,0 – 0,5
		β Mesosaprofik	0,5 – 1,0
Bahan Organik dan Anorganik	Sangat Ringan	β Meso/Oligosaprofik	1,0 – 1,5
		Oligo/Mesosaprofik	1,5 – 2,0
		Oligosaprofik	2,0 – 3,0

Sumber: (Dresscher & Van der Mark, 1976)

Tabel 4 Kelompok plankton dalam formula Koefisien Saprofik

	Koefisien Saprofik 1 (Modifikasi Pratiwi et al., 2011)	Koefisien Saprofik 2 (Dresscher & Van der Mark, 1976)
A	Cyanophyta	Ciliata
B	Euglenophyta	Euglenophyta
C	Chrysophyta	Chlorococcales + Diatome
D	Chlorophyta	Peridinae + Chrysophyceae + Conjugatae

2.6.3.3 Bakteri Koliform dengan Analisis Kelimpahan

Penghitungan kelimpahan bakteri dilakukan menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*). Metode MPN terdiri dari tiga tahapan, yaitu uji pendugaan, konfirmasi, dan kelengkapan. Penelitian ini menggunakan analisis kelimpahan bakteri koliform berupa total dan fecal koliform untuk merumuskan tujuan kedua, yaitu menganalisis kondisi kualitas air Sungai Ciasem melalui bioindikator berupa kelimpahan bakteri koliform. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah sel bakteri koliform setiap 100 mL air sampel (Gobel, 2008).

$$\text{Kelimpahan Bakteri} = \text{Nilai MPN} \times \frac{10}{\text{Volume Sampel}} \quad (8)$$

Keterangan:

Kelimpahan bakteri = Jumlah sel ditemukan (sel/100 mL air)

Nilai MPN = Diperoleh dari tabel MPN (MPN)

Volume sampel = Volume sampel (mL)

2.6.4. Keterkaitan Struktur Komunitas dengan Kualitas Air

2.6.4.1 *Cannonical Correlation Analysis (CCA)*

Penelitian ini menggunakan Analisis CCA untuk merumuskan tujuan ketiga, yaitu mengetahui parameter kualitas air Sungai Ciasem bagian hulu, tengah, dan hilir, yang berpengaruh dan memiliki hubungan terhadap keberadaan suatu jenis atau lebih makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang ditemukan di Sungai Ciasem. Melalui analisis CCA, pengaruh dan hubungan antara parameter kualitas air Sungai Ciasem dengan keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform akan diketahui. CCA juga dapat menggambarkan pengaruh antara perubahan yang terjadi pada variabel lingkungan terhadap variabel biotik yang ada dalam lingkungan tersebut. CCA dilakukan apabila perubahan lingkungan yang terjadi disebabkan oleh banyak variabel penyebab, sehingga terjadi perubahan pada variabel akibat meskipun tidak kompleks, dan menjadikan variabel tersebut sebagai parameter kunci (Johnson & Wichern, 2002).

2.6.4.2 Analisis Korelasi

Penelitian ini menggunakan Analisis Korelasi untuk menarik kesimpulan dari tujuan ketiga, yaitu korelasi antara variabel kunci kualitas air terhadap jumlah dan jenis makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang ditemukan. Melalui analisis korelasi, tingkat keeratan hubungan antara kualitas air Sungai Ciasem dengan keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform dapat diketahui. Korelasi antarvariabel bernilai negatif atau berbanding terbalik apabila peningkatan suatu variabel dapat menurunkan nilai variabel yang lain. Sementara korelasi antarvariabel dapat bernilai positif atau selaras apabila peningkatan suatu variabel diikuti dengan peningkatan nilai variabel lainnya. Terdapat 3 kategori korelasi berdasarkan koefisien korelasi (r) menurut Taylor, (1990), yaitu antarvariabel berkorelasi sangat kuat apabila nilai r sebesar 0,68 hingga 1; antarvariabel berkorelasi sedang (*moderate*) apabila nilai r berkisar antara 0,36 hingga 0,67; dan antarvariabel berkorelasi lemah apabila nilai r kurang dari 0,36.