

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 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

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

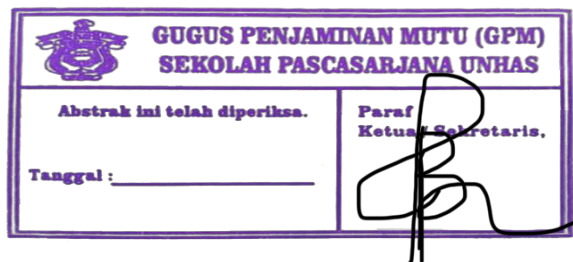
| | |
|---|---|
|  GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS | |
| Abstrak ini telah diperiksa. | Paraf Ketua Sekretaris, |
| Tanggal : _____ |  |

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

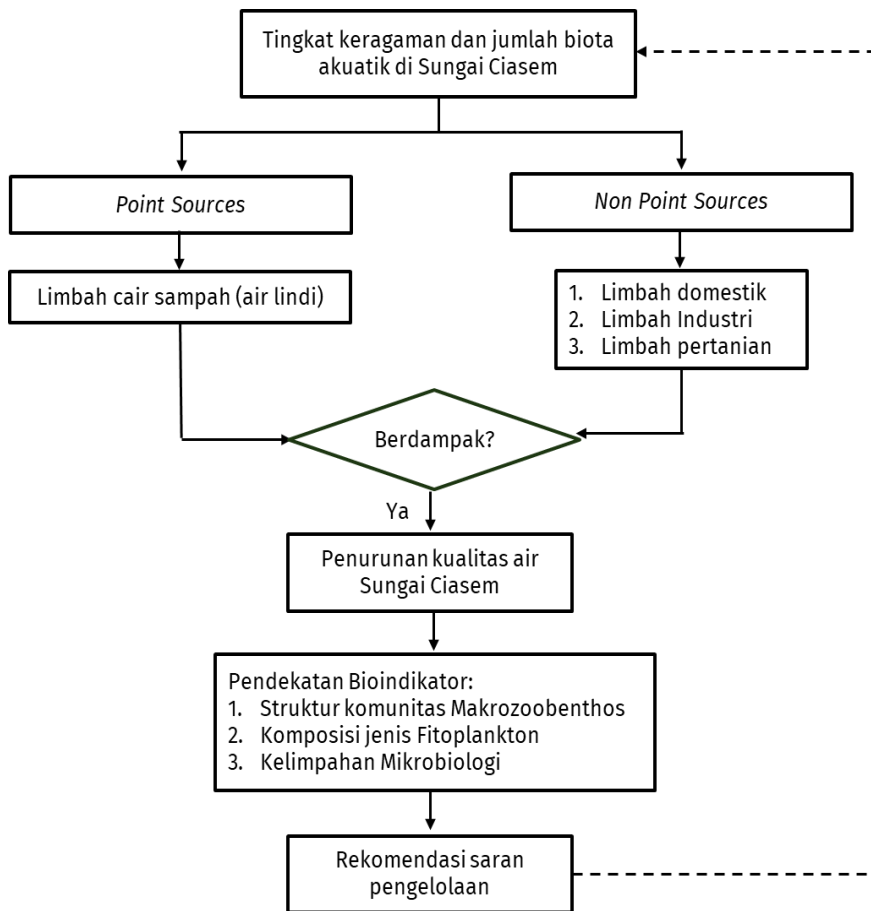
Sungai Ciasem berdasarkan organisme bioindikator pencemaran perairan. Berdasarkan uraian tersebut, pokok permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini ialah:

- 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 makrozoobentos, 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 makrozoobentos dan fitoplankton akibat kondisi kualitas air Sungai Ciasem. Penelitian ini akan melakukan pemantauan kualitas air Sungai Ciasem menggunakan bioindikator makrozoobentos, fitoplankton, dan bakteri koliform untuk mengetahui keterkaitan dan korelasi struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobentos, 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 makrozoobentos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform yang ditemukan; dan (3) analisis keterkaitan struktur komunitas organisme bioindikator pencemaran perairan (makrozoobentos, 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

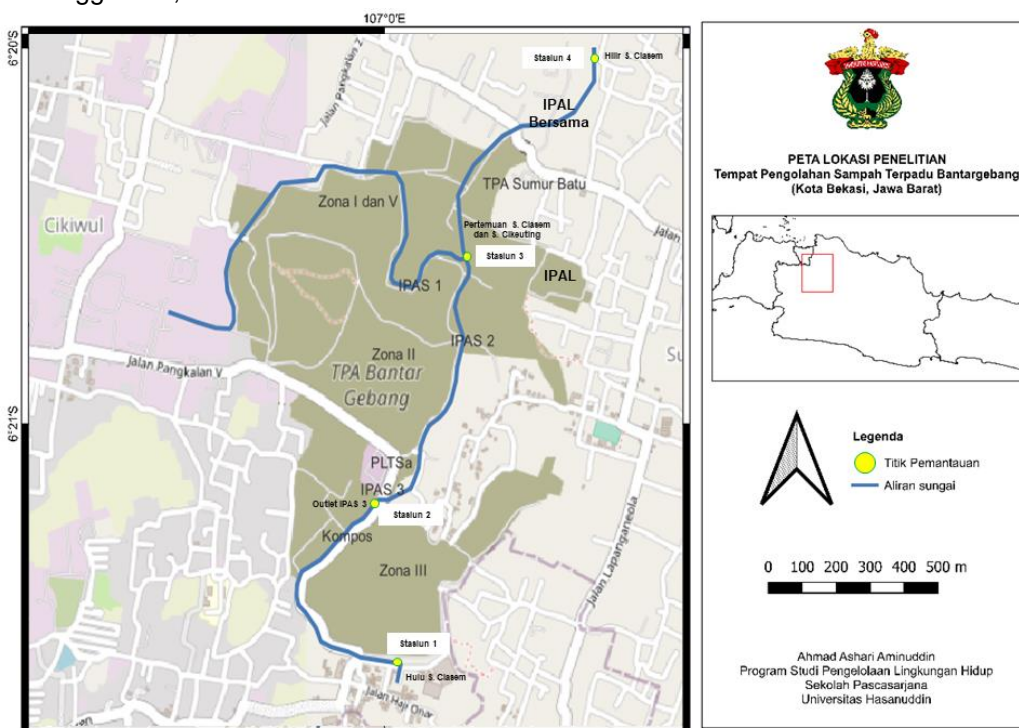
Penelitian yang dilakukan tergolong dalam jenis penelitian campuran antara kualitatif dengan kuantitatif, dimana analisis yang dilakukan ialah analisis laboratorium, analisis statistika, dan analisis deksriptif. Pengambilan sampel pada penelitian ini hanya dilakukan pada satu musim atau satu waktu tertentu (*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.



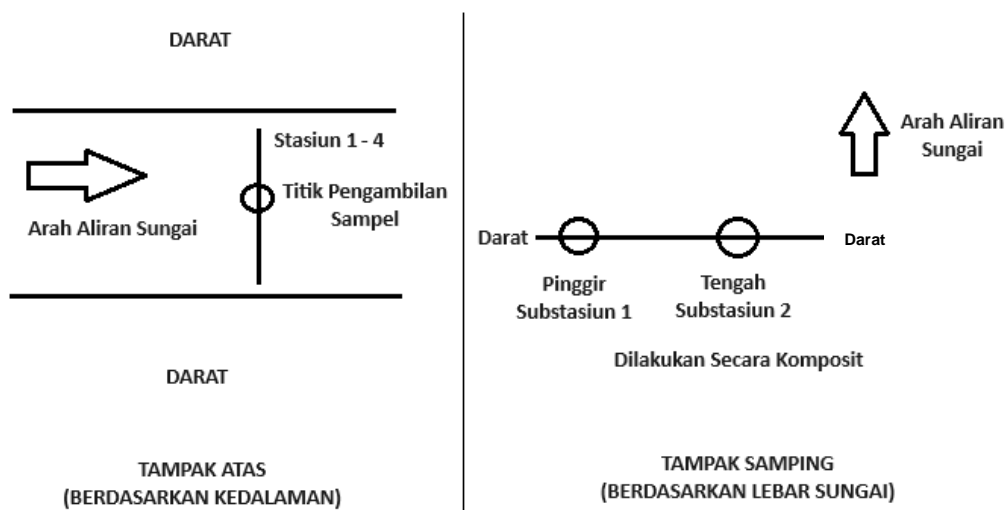
Gambar 2 Lokasi penelitian mengenai keterkaitan struktur komunitas makrozoobenthos, komposisi jenis fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform dengan kualitas air Sungai Ciasem

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 | Gravitmetri (APHA, 2017) |
| Total padatan terlarut ^b | mg/L | TDS meter, neraca analitik | Gravitmetri (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 liofilisasi, yaitu dengan pengkulturan sel dan penambahan kultur bakteri dengan agen tambahan (APHA, 2017). Sampel bakteri yang diperoleh dibawa ke laboratorium untuk dikulturasikan 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)

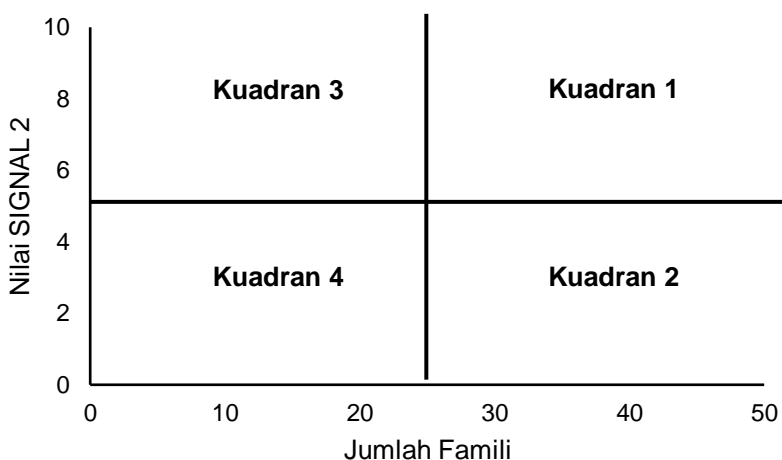
2.6.3. Analisis Status Pencemaran Perairan dengan Bioindikator

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.

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sungai Ciasem termasuk sungai yang terletak paling dekat dengan TPST Bantargebang. Hulu Sungai Ciasem terletak dekat dengan Permukiman Penduduk Kelurahan Cikeuting Udik, sehingga tidak menutup kemungkinan adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga yang mengalir menuju hulu sungai. Aliran Sungai Ciasem mengalir melewati TPST Bantargebang, tepatnya Outlet IPAS 3, sehingga berpotensi adanya masukan air lindi dari pengolahan sampah. Aliran tersebut bertemu dengan aliran dari sungai lain, yaitu Sungai Cikeuting, sehingga berpotensi adanya proses asimilasi atau pencampuran bahan organik dari aliran sungai yang lain. Kemudian, aliran tersebut akan berakhir pada hilir Sungai Ciasem, sehingga berpotensi terjadinya akumulasi bahan organik dan partikel terlarut maupun tidak terlarut dari hulu dan tengah sungai. Oleh sebab itu, perlu adanya pemantauan kualitas air Sungai Ciasem yang mewakili hulu hingga hilir sungai, untuk menjaga keseimbangan ekosistem sungai agar dapat tetap dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang dioperasikan untuk menampung buangan sampah dari wilayah DKI Jakarta, dan dikelola oleh Pemda DKI Jakarta. Menurut UPST DLH DKI Jakarta Tahun 2023, sejak tahun 1999, kepemilikan aset lahan TPA Bantargebang seluas 115 Ha ialah milik Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI Jakarta, meskipun secara teknis Pemprov DKI Jakarta masih bekerja sama dengan Pemerintah Kota Bekasi dalam melakukan pengelolaan sampah. Pengolahan sampah yang dilakukan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang di beberapa zona menggunakan sistem *open dumping*, sehingga menghasilkan produk samping yang mencemari lingkungan, yaitu air lindi (*leachate*) dan gas metana. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang juga memiliki 3 IPAS (Instalasi Pengolahan Air Sampah), yaitu sebagai berikut.

1. IPAS 1, yaitu IPAS yang dioperasikan untuk menangani produksi lindi yang dihasilkan dari zona efektif penimbunan sampah. IPAS 1 mengolah lindi yang diproduksi dari pengolahan sampah pada Zona 1. Namun, berdasarkan hasil survei pendahuluan yang telah dilakukan, kondisi IPAS 1 saat ini sudah tidak beroperasi.
2. IPAS 2, yaitu IPAS yang dioperasikan untuk mengolah lindi yang diproduksi dari Zona 2. Hasil survei yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kondisi IPAS 2 sudah tidak efektif untuk mengolah lindi dari Zona 2, karena tertimbun oleh sebagian sampah, sehingga sedang proses pengurugan.
3. IPAS 3, yaitu IPAS yang dioperasikan untuk mengolah lindi yang diproduksi dari Zona 3 dengan metode pengolahan yang dilakukan melalui kolam-kolam. Berdasarkan hasil survei pendahuluan, kondisi IPAS 3 saat ini masih beroperasi untuk mengolah lindi namun kurang efektif karena sedang proses renovasi. Kedepannya, pihak pengelola Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang, yaitu UPST DLH DKI Jakarta berencana membangun IPAS 4 yang berfokus mengolah air lindi lebih maksimal agar tidak terjadi penurunan kualitas lingkungan akibat masukan air lindi dari kegiatan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang.

Kondisi umum dari keempat titik lokasi penelitian ialah terdapat permukiman dan industri di sekitar bantaran sungai, sehingga potensi *point* dan *nonpoint source* sumber masukan polutan ke sungai semakin besar. Selain itu, di sekitar sungai terdapat beberapa sampah yang ditemukan (*floating debris exist*). Sampah yang ditemukan di badan sungai beragam, yaitu sampah organik dan sampah plastik. Berikut merupakan penjelasan rinci kondisi setiap stasiun pengamatan.

1. Stasiun 1 terletak di Hulu Sungai Ciasem. Stasiun 1 memiliki ketinggian sungai ± 51 mdpl dengan lahan tidak berpotensi erosi dan sedimentasi. Ditemukan beberapa jenis sampah di badan sungai dan jenis substrat berupa lumpur. Kondisi hidrologi sungai pada titik ini ialah memiliki kedalaman aliran 1 meter dan lebar sungai 3 meter. Jenis tumbuhan yang ditemukan berupa rumput di sepanjang pinggir sungai. Kondisi bantaran sungai di stasiun 1 dipengaruhi oleh masukan dari permukiman penduduk, industri, dan aktivitas pencucian sampah. Namun jenis masukan yang dominan ialah dari limbah domestik rumah tangga.
2. Stasiun 2, yaitu Outlet IPAS 3. Stasiun ini memiliki ketinggian sungai ± 48 mdpl dengan lahan tidak berpotensi erosi dan sedimentasi. Ditemukan beberapa jenis sampah di badan sungai dan jenis substrat berupa lumpur. Kondisi hidrologi sungai pada titik ini ialah memiliki kedalaman aliran 2 meter dan lebar sungai 3 meter. Jenis tumbuhan yang ditemukan berupa rumput di sepanjang pinggir sungai. Kondisi bantaran sungai di stasiun 2 dipengaruhi oleh masukan dari aktivitas pengolahan sampah dari TPST Bantargebang dan pengolahan lindi dari IPAS 3. Namun, kondisi IPAS 3 saat ini tidak berfungsi karena sedang direnovasi. Oleh sebab itu, jenis masukan yang dominan di titik ini ialah masukan air lindi.
3. Stasiun 3, yaitu Titik Pertemuan Sungai Ciasem dan Sungai Cikeuting. Stasiun ini memiliki ketinggian sungai ± 41 mdpl dengan lahan tidak berpotensi erosi, namun berpotensi terjadinya sedimentasi. Ditemukan beberapa jenis sampah di badan sungai dan jenis substrat berupa lumpur. Kondisi hidrologi sungai titik ini ialah memiliki kedalaman aliran 1 meter dan lebar sungai 2,5 meter. Jenis tumbuhan yang ditemukan berupa rumput di sepanjang pinggir sungai. Kondisi bantaran sungai di stasiun 3 dipengaruhi oleh masukan dari permukiman penduduk, industri, dan aktivitas pencucian sampah plastik yang akan dimanfaatkan pemulung. Kondisi pertemuan tersebut memungkinkan terjadinya proses asimilasi polutan antara aliran Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem, sehingga sangat dipengaruhi oleh kecepatan dispersi sungai. Jenis masukan yang dominan ialah dari limbah domestik rumah tangga dan aktivitas pencucian sampah plastik yang dilakukan oleh pemulung di sepanjang aliran Sungai Cikeuting.
4. Stasiun 4, yaitu Hilir Sungai Ciasem (Setelah). Stasiun ini memiliki ketinggian sungai ± 40 mdpl dengan lahan tidak berpotensi erosi, namun berpotensi terjadinya sedimentasi. Ditemukan beberapa jenis sampah di badan sungai dan jenis substrat berupa lumpur. Kondisi hidrologi sungai titik ini ialah memiliki kedalaman aliran 2 meter dan lebar sungai 3 meter. Jenis tumbuhan yang ditemukan berupa pepohonan dan rumput di sepanjang pinggir sungai. Kondisi stasiun ini dipengaruhi keberadaan IPA Bersama yang masih berfungsi dengan baik. Masukan limbah di stasiun ini

mendapat akumulasi dari hulu hingga tengah sungai, namun air Sungai Ciasem dikelola terlebih dahulu di IPA Bersama sebelum masuk ke hilir sungai.

Masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga, air lindi, maupun asimilasi dari aliran sungai lain akan menurunkan kualitas air sungai. Penelitian yang dilakukan oleh Mahadika & Salami, (2012), menyebutkan bahwa masukan bahan organik yang tinggi pada sungai menyebabkan terjadinya hipoksia atau penurunan konsentrasi oksigen terlarut pada air sungai. Selain itu, penelitian yang dilakukan Utomo et al., (2018) menyebutkan, bahwa masukan air lindi pada sungai dapat meningkatkan fosfat, amonia, kadmium, timbal, deterjen, dan MBAS. Peningkatan senyawa dan zat kimia tersebut apabila tidak dikelola, akan mengakibatkan kondisi perairan bersifat anoksik atau kadar oksigen terlarut sangat rendah, sehingga mematikan biota akuatik dalam perairan. Biota akuatik membutuhkan oksigen untuk kelangsungan hidupnya, apabila kondisi sungai tercemar berat dan bersifat anoksik, maka hanya organisme yang mampu mentolerir kondisi tersebut yang mampu bertahan hidup (Sudarso & Wardiatno, 2024).

Salah satu upaya untuk mencegah dan mengatasi tercemarnya sungai ialah dengan melakukan pemantauan untuk memastikan status mutu sungai secara berkala. Penelitian ini melakukan pengukuran kualitas air Sungai Ciasem dan menentukan tingkat pencemaran yang telah terjadi di sungai menggunakan bioindikator. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui keberadaan biota akuatik yang hidup di Sungai Ciasem dan menjadi bioindikator perairan akibat masukan air lindi. Hasil pengukuran kualitas air, keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri, serta tingkat pencemaran sungai berdasarkan bioindikator ialah sebagai berikut.

3.1. Kualitas Air Sungai Ciasem

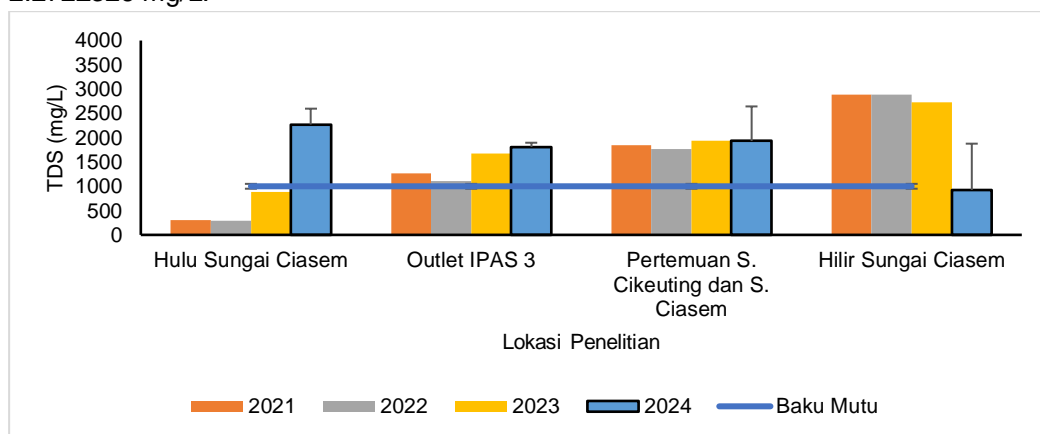
Hasil yang diperoleh menunjukkan beberapa parameter kualitas air telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI, untuk Baku Mutu Air Sungai Kelas II. Tinggi rendahnya konsentrasi beberapa parameter kualitas air di Sungai Ciasem dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti hidrologi sungai dan cuaca (HunKyun, 2013). Data hasil kualitas air Sungai Ciasem terlampir pada Lampiran 2. Parameter yang telah melampaui baku mutu ialah sampah, kebauan, TDS, TSS, warna, BOD, COD, DO, amonia, fosfat, H₂S, total fenol, kromium heksavalen, minyak dan lemak, serta MBAS. Peningkatan beberapa parameter dan senyawa tersebut dipengaruhi oleh masukan dari aktivitas di sekitar sungai, seperti aktivitas rumah tangga, air lindi dari TPST Bantargebang, asimilasi masukan dari aliran sungai lain, serta akumulasi dari hulu sungai.

Data yang digunakan untuk penelitian ialah data primer dan sekunder. Data sekunder diperoleh dari data pemantauan kualitas air Sungai Ciasem yang dilakukan oleh KBL Lab untuk Periode 2021 hingga 2022 dan bekerjasama dengan UPST Bantargebang DLH Provinsi DKI Jakarta. Hasil yang diperoleh dari data pemantauan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kandungan beberapa parameter di hilir Sungai Ciasem, yaitu parameter TDS, tembaga, amonia, besi, deterjen, dan mangan. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya proses akumulasi bahan organik dan partikel terlarut dari hulu menuju hilir sungai. Meskipun demikian, beberapa parameter mengalami penurunan konsentrasi pada tahun 2022, yaitu besi dan nitrit.

Sementara konsentrasi parameter lainnya cenderung stabil dan tidak mengalami penurunan pada tahun 2022. Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja IPAS dalam mengolah limbah sampah dan air lindi efektif dalam menurunkan konsentrasi beberapa parameter air lindi, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar, khususnya Sungai Ciasem. Data kualitas air Sungai Ciasem berdasarkan data sekunder periode Tahun 2021 hingga 2023 disajikan pada Lampiran 3. Berikut beberapa parameter kualitas air Sungai Ciasem yang telah melampaui baku mutu berdasarkan data primer dan sekunder.

3.1.1. Total Dissolved Solid (TDS)

Hasil yang diperoleh pada Gambar 5 menunjukkan, bahwa parameter TDS di setiap lokasi pengambilan sampel telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Konsentrasi TDS paling tinggi ditemukan pada hulu Sungai Ciasem, yaitu sebesar 2.272 mg/L. Hal tersebut karena adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga dan terjadi proses sedimentasi di bagian hulu akibat kegiatan di sekitar sungai. Konsentrasi TDS pada setiap titik di Sungai Ciasem masing-masing dalam rentang $925 \pm 85,6$ hingga 2.272 ± 326 mg/L.



Gambar 5 Konsentrasi TDS di Sungai Ciasem

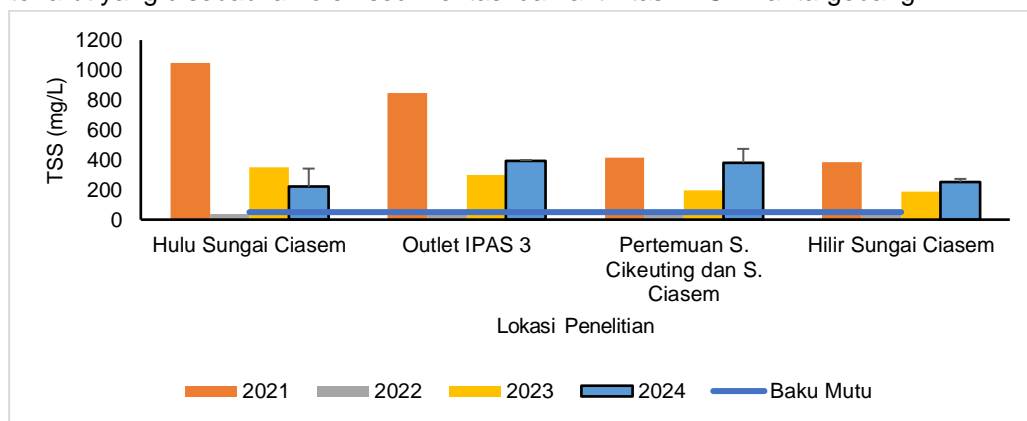
Parameter TDS berdasarkan data sekunder di titik pertemuan Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem dan hilir Sungai Ciasem telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Hasil yang diperoleh pada Gambar 5 menunjukkan, bahwa konsentrasi TDS berdasarkan data sekunder paling tinggi ditemukan pada hilir Sungai Ciasem, yaitu sebesar 2.890 mg/L dan mengalami penurunan pada hilir di tahun 2024. Hal tersebut menunjukkan adanya masukan partikel terlarut yang disebabkan oleh sedimentasi maupun masukan dari aktivitas TPST Bantargebang.

3.1.2. Total Suspended Solid (TSS)

Hasil yang diperoleh pada Gambar 6 menunjukkan, bahwa parameter TSS di setiap lokasi pengambilan sampel telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Konsentrasi

TSS paling tinggi ditemukan pada outlet IPAS 3, yaitu sebesar 391 mg/L. Hal tersebut karena IPAS 3 sudah tidak beroperasi dan sedang dalam tahap renovasi sejak akhir tahun 2023. Konsentrasi TSS pada setiap titik di Sungai Ciasem masing-masing berada dalam rentang $221 \pm 120,2$ hingga $391 \pm 7,1$ mg/L.

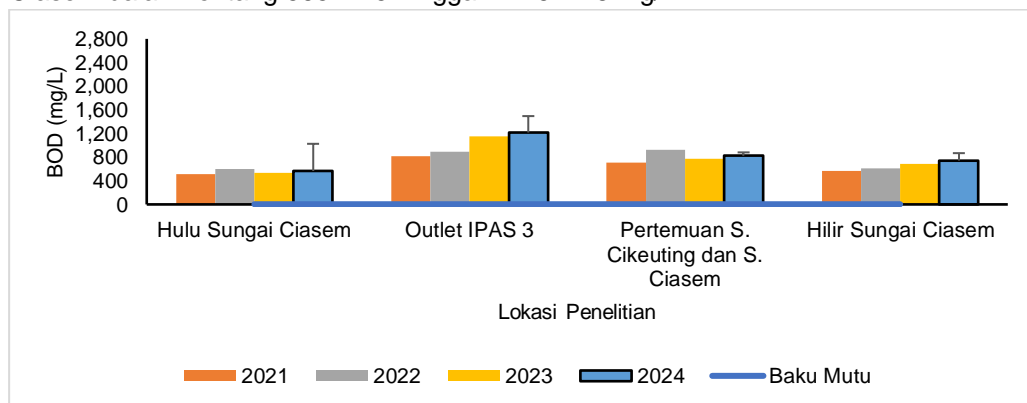
Parameter TSS berdasarkan data sekunder di Sungai Ciasem telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Hasil yang diperoleh pada Gambar 6 menunjukkan, bahwa konsentrasi TSS berdasarkan data sekunder paling tinggi ditemukan pada hulu Sungai Ciasem, yaitu sebesar 1.048 mg/L. Hal tersebut menunjukkan adanya masukan partikel terlarut yang disebabkan oleh sedimentasi dari aktivitas TPST Bantargebang.



Gambar 6 Konsentrasi TSS di Sungai Ciasem

3.1.3. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Hasil yang diperoleh pada Gambar 7 menunjukkan, bahwa konsentrasi BOD pada air Sungai Ciasem di semua titik pengambilan sampel telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, untuk Baku Mutu Sungai Kelas II, yaitu 3 mg/L. Konsentrasi BOD paling tinggi ditemukan pada outlet IPAS 3. Hal tersebut menunjukkan aliran air sungai dari hulu membawa kandungan bahan organik yang tinggi hingga ke outlet IPAS 3 TPST Bantargebang. Konsentrasi BOD di air Sungai Ciasem dalam rentang 565 ± 125 hingga 1.216 ± 278 mg/L.

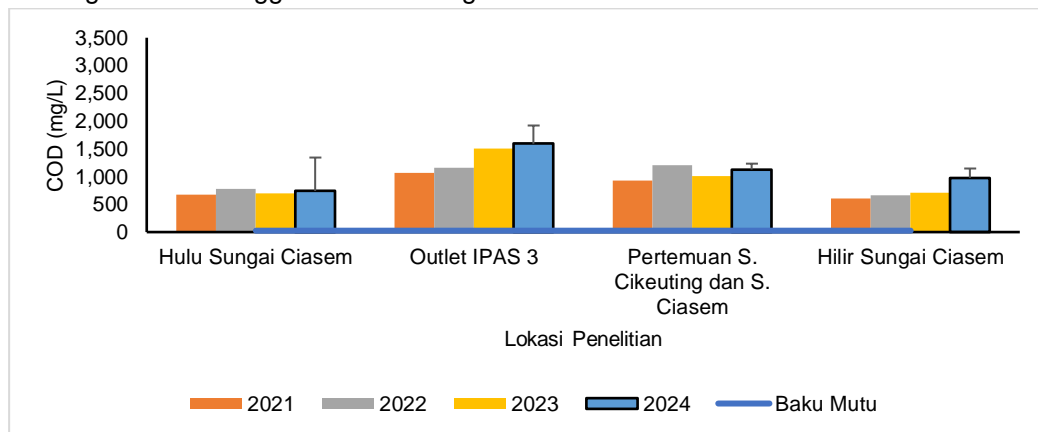


Gambar 7 Konsentrasi BOD di Sungai Ciasem

Parameter BOD berdasarkan data sekunder di Sungai Ciasem telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Hasil yang diperoleh pada Gambar 7 menunjukkan, bahwa konsentrasi BOD berdasarkan data sekunder paling tinggi ditemukan pada titik outlet IPAS 3, yaitu sebesar 1.153 mg/L. Hal tersebut menunjukkan adanya masukan bahan organik dari aktivitas domestik di sekitar TPST Bantargebang maupun hasil olahan IPAS dengan kandungan BOD yang masih tinggi.

3.1.4. Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil yang diperoleh pada Gambar 8 menunjukkan, bahwa konsentrasi COD pada air Sungai Ciasem di semua titik pengambilan sampel telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, untuk Baku Mutu Sungai Kelas II, yaitu 25 mg/L. Konsentrasi COD paling tinggi ditemukan pada outlet IPAS 3. Hal tersebut menunjukkan hulu Sungai Ciasem dan outlet IPAS 3 TPST Bantargebang mengandung tinggi bahan organik. Konsentrasi COD di air Sungai Ciasem berada dalam rentang 742 ± 167 hingga 1.591 ± 328 mg/L.



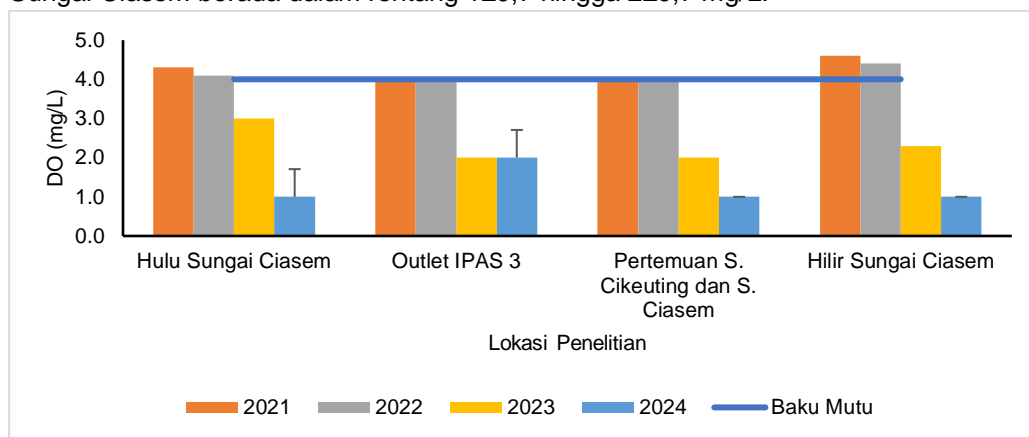
Gambar 8 Konsentrasi COD di Sungai Ciasem

Parameter COD berdasarkan data sekunder di Sungai Ciasem telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Hasil yang diperoleh pada Gambar 8 menunjukkan, bahwa konsentrasi COD paling tinggi ditemukan pada titik outlet IPAS 3, yaitu sebesar 1.506 mg/L. Hal tersebut menunjukkan adanya masukan bahan organik dari aktivitas domestik di sekitar TPST Bantargebang maupun hasil olahan IPAS dengan kandungan COD yang masih tinggi.

3.1.5. Dissolved Oxygen (DO)

Hasil yang diperoleh pada Gambar 9 menunjukkan, bahwa konsentrasi DO pada setiap titik pengambilan sampel tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan, yaitu konsentrasi DO minimal 4 mg/L. Konsentrasi DO yang optimal untuk pertumbuhan biota perairan ialah minimal 4 – 5 mg/L. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa konsentrasi DO di Sungai Ciasem sangat rendah, bahkan hingga 1 mg/L. Hal tersebut menunjukkan

bahwa kualitas sungai berada dalam kondisi anoksik (rendah oksigen), sehingga berpotensi menghasilkan toksikan bagi pertumbuhan biota. Konsentrasi DO pada air Sungai Ciasem berada dalam rentang $1 \pm 0,7$ hingga $2 \pm 0,7$ mg/L.



Gambar 9 Konsentrasi DO di Sungai Ciasem

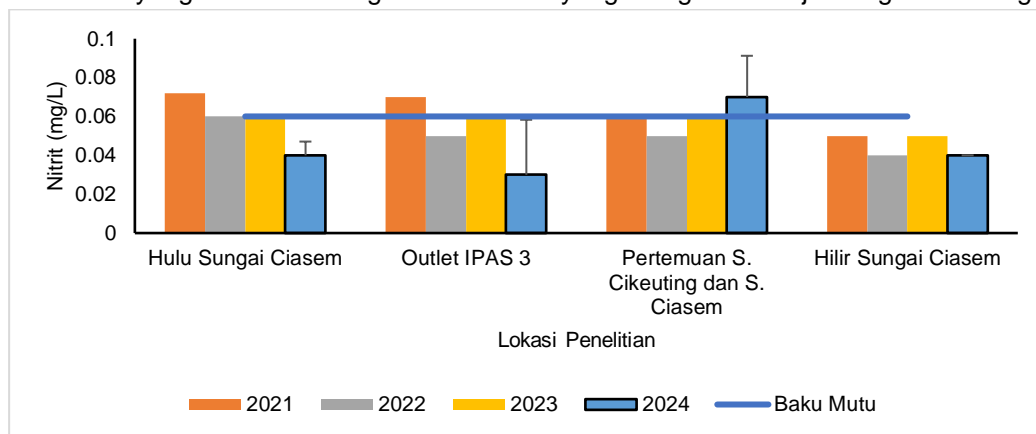
Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) yang diperoleh pada Gambar 9 menunjukkan, bahwa kandungan DO pada air Sungai Ciasem mengalami penurunan dari Tahun 2021 hingga 2024. Keberadaan oksigen terlarut diperairan dipengaruhi oleh kondisi sekitar sungai maupun proses aerasi dari arus sungai. Apabila proses dispersi yang terjadi pada hilir sungai relatif tinggi, maka potensi peningkatan kandungan DO pada aliran sungai akan semakin besar. Meskipun demikian, kandungan DO pada tahun 2021 maupun 2022 masih memenuhi baku mutu minimum untuk pertumbuhan biota akuatik. Namun, kandungan DO pada tahun 2023 hingga 2024 mengalami penurunan ekstrem hingga 1 mg/L.

Kandungan bahan organik seperti BOD dan COD pada bagian hulu, tengah, hingga hilir Sungai Ciasem telah melampaui baku mutu. Kandungan BOD dan COD paling tinggi terjadi pada outlet IPAS 3. Kandungan COD lebih banyak daripada BOD, karena proses penguraian bahan organik secara biologis membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan secara kimiawi (Atima, 2015). Peningkatan BOD dan COD pada outlet IPAS 3 disebabkan adanya proses akumulasi bahan organik dari hulu dan masukan bahan organik dari hasil olahan IPAS 3 yang masih mengandung BOD dan COD, sehingga proses penguraian bahan organik secara biologis lebih banyak di bagian tengah (*middlestream*) sungai. Peningkatan BOD dan COD yang cukup ekstrim sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup biota akuatik di sungai, karena akan menyebabkan terjadinya kondisi hipoksigenasi hingga anoksik (tanpa oksigen) (Afwaw et al., 2021). Sesuai dengan hasil yang diperoleh, dimana kondisi perairan termasuk hipoksigenasi dengan kadar oksigen kurang dari 4 mg/L bahkan hingga 1 mg/L, sehingga berpotensi mengganggu pertumbuhan dan kelangsungan hidup biota akuatik di dalamnya.

3.1.6. Nitrit

Parameter lainnya yang dianalisis ialah nutrisi dan logam berat. Hasil yang diperoleh pada Gambar 10 menunjukkan, bahwa kandungan nutrisi di Sungai Ciasem relatif

berfluktuatif. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang masuk dari *point* maupun *nonpoint sources*. Kandungan nitrit pada titik pertemuan antara Sungai Cikeuting dan Sungai Ciasem telah melampaui baku mutu, dan berada dalam rentang $0,03\pm 0,028$ hingga $0,07\pm 0,021$ mg/L. Hal tersebut disebabkan terdapat bahan organik tambahan yang masuk dari kegiatan domestik yang mengalir menuju Sungai Cikeuting.



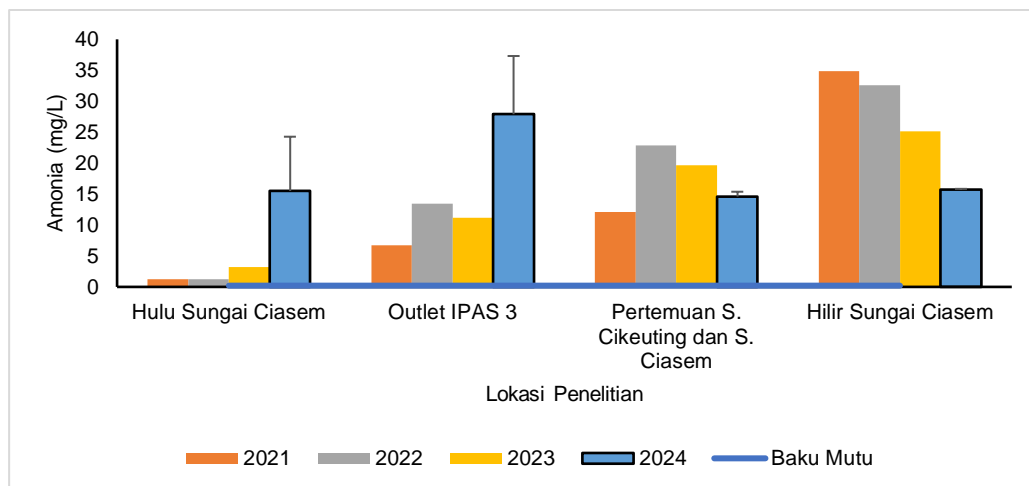
Gambar 10 Konsentrasi Nitrit di Sungai Ciasem

Parameter Nitrit berdasarkan data sekunder di Sungai Ciasem di beberapa titik telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI, dengan Baku Mutu Sungai Kelas II. Hasil yang diperoleh pada Gambar 10 menunjukkan, bahwa konsentrasi Nitrit berdasarkan data sekunder paling tinggi ditemukan pada hulu Sungai Ciasem, yaitu sebesar 0.07 mg/L. Hal tersebut menunjukkan terdapat bahan organik yang masuk dari aktivitas domestik dari permukiman di Hulu Sungai Ciasem. Selain itu, adanya proses dekomposisi maupun nitrifikasi dari bakteri *Nitrosomonas* sp.

3.1.7. Amonia

Parameter lainnya yang dianalisis ialah nutrisi dan logam berat. Hasil yang diperoleh pada Gambar 11 menunjukkan, bahwa kandungan nutrisi di Sungai Ciasem relatif berfluktuatif. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya bahan organik yang masuk dari *point* maupun *nonpoint sources*. Kandungan amonia di setiap titik pengambilan sampel telah melampaui baku mutu. Kandungan amonia pada air Sungai Ciasem berada dalam rentang $14,6\pm 6,2$ hingga $27,9\pm 9,4$ mg/L.

Kandungan amonia pada air Sungai Ciasem mengalami peningkatan pada tahun 2022 hingga 2024. Hal tersebut karena adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga di sekitar hulu sungai. Tingginya masukan bahan organik pada bagian hulu akan mengalir dan terakumulasi hingga bagian hilir sungai. Meskipun demikian, baik pada tahun 2021 maupun 2022, kandungan amonia dan deterjen telah melampaui baku mutu menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI untuk Baku Mutu Sungai Kelas II. Kandungan amonia terus mengalami peningkatan terutama pada titik outlet IPAS 3 tahun 2024. Hal tersebut menunjukkan minimnya pengelolaan yang dilakukan untuk meminimalisir masuknya bahan organik ke Sungai Ciasem.

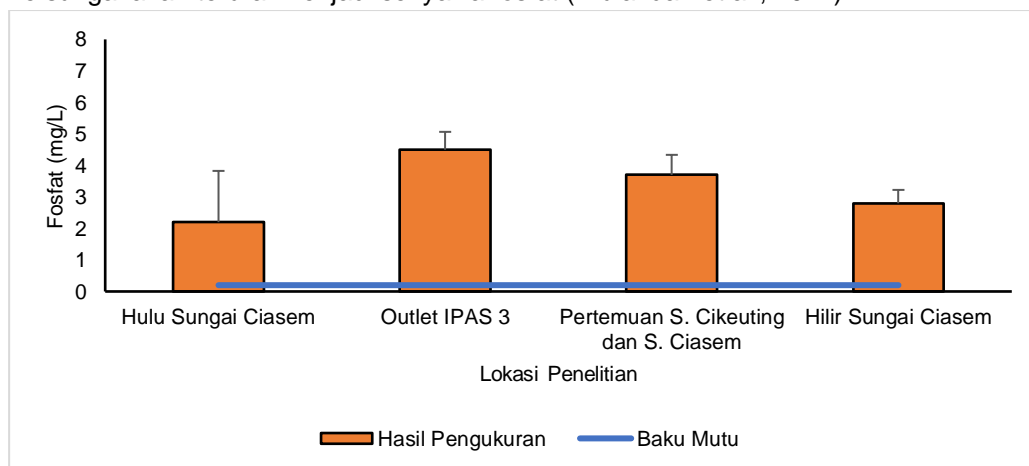


Gambar 11 Konsentrasi Amonia di Sungai Ciasem

3.1.8. Fosfat

Parameter lainnya yang dianalisis ialah nutrisi dan logam berat. Hasil yang diperoleh pada Gambar 12 menunjukkan, bahwa kandungan fosfat di Sungai Ciasem relatif berfluktuatif. Hal tersebut disebabkan terdapat bahan organik yang masuk dari *point* maupun *nonpoint sources*. Kandungan fosfat di Stasiun 1 hingga Stasiun 4 telah melampaui baku mutu. Kandungan fosfat pada air Sungai Ciasem berada dalam rentang $2,2 \pm 0,2$ hingga $4,5 \pm 0,2$ mg/L.

Hasil yang diperoleh didukung oleh penelitian yang dilakukan Purnama pada tahun 2018, yang menyebutkan bahwa terjadi Sungai Ciasem terindikasi tercemar amonia dan fosfat dari aktivitas di sekitar sungai dan TPST. Sementara, salah satu penyebab terjadinya peningkatan fosfat pada air Sungai Ciasem ialah rembesan air lindi dan sisa rumah tangga yang mengalir ke tanah dan bermuara di Sungai Ciasem. Selain itu, peningkatan fosfat dapat terjadi karena masuknya deterjen sisa yang ketika masuk ke sungai akan terurai menjadi senyawa fosfat (Wulandari et al., 2021).



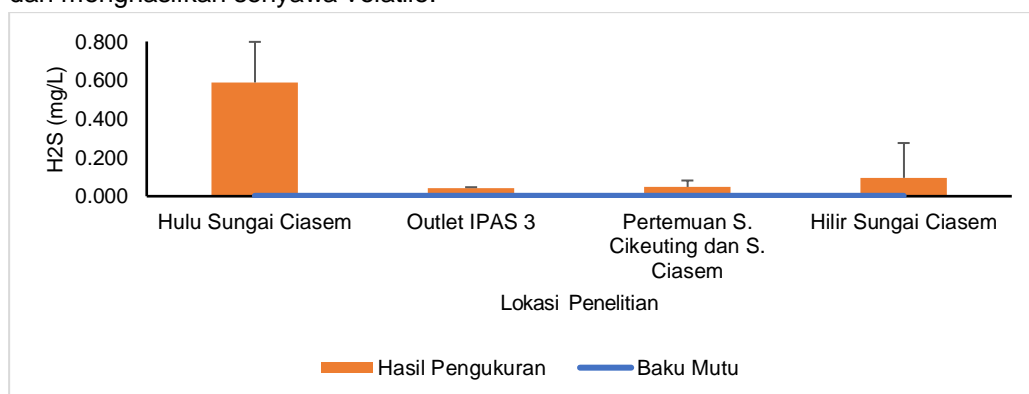
Gambar 12 Konsentrasi Fosfat di Sungai Ciasem

Kandungan nutrisi berupa amonia dan fosfat yang terkandung di air Sungai Ciasem dari hulu hingga hilir telah melampaui baku mutu. Peningkatan kandungan amonia pada air sungai dapat terjadi karena proses amonifikasi atau pembentukan amonia dari penguraian bahan organik atau nitrogen total dengan produk samping berupa nitrat maupun nitrit (Azizah & Humairoh, 2015). Peningkatan amonia di perairan juga dapat terjadi karena adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga (Aprillina et al, 2023), penggunaan pupuk pada kegiatan pertanian, maupun produk sampingan dari pengolahan limbah sampah padat (Azizah & Humairoh, 2015).

3.1.9. Hidrogen Sulfida (H_2S)

Hasil pengukuran parameter hidrogen sulfida pada Sungai Ciasem disajikan pada Gambar 13. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan H_2S berbeda-beda pada setiap lokasi pengambilan sampel. Kandungan H_2S memiliki nilai yang telah melampaui baku mutu di setiap titik pengamatan. Peningkatan nilai tersebut disebabkan adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga di sekitar hulu sungai dan masukan dari aliran Sungai Cikeuting. Peningkatan H_2S berkaitan dengan peningkatan BOD dan COD pada perairan.

Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya sampah dan bau pada air Sungai Ciasem. Hal tersebut dapat mengindikasikan adanya masukan air lindi maupun cecceran sampah yang mengalir menuju Sungai Ciasem. Penelitian yang dilakukan oleh Afwa et al., (2021) menunjukkan bahwa air lindi memiliki bau busuk menyengat yang berasal dari proses pembusukan bahan organik pada air limbah dengan bantuan matahari, sehingga menghasilkan gas H_2S yang sangat menyengat. Selain itu, bau pada air Sungai Ciasem juga disebabkan adanya kandungan bakteri patogen yang tinggi pada air lindi dan mengalir menuju sungai (Anisa, 2022), sehingga bakteri berkembang biak di dalam air dan menghasilkan senyawa volatile.



Gambar 13 Konsentrasi H_2S di Sungai Ciasem

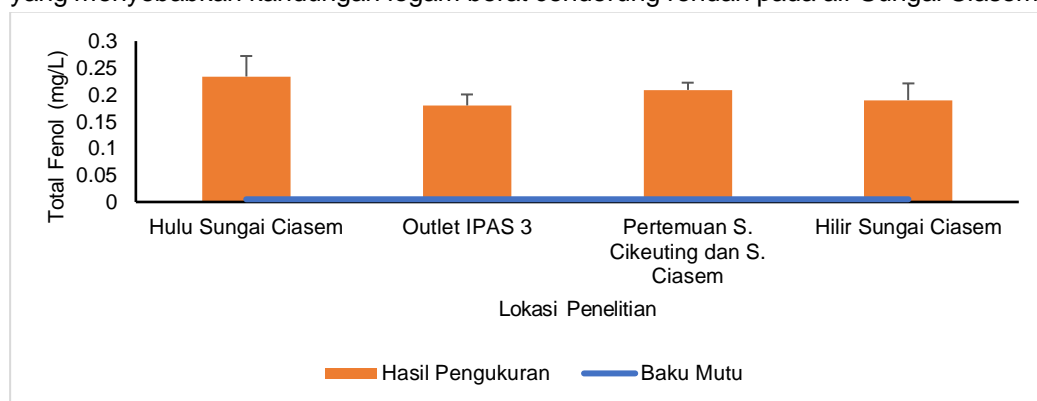
Adanya bau busuk pada air sungai juga dapat mengindikasikan tingginya kandungan H_2S dalam air (Afwa et al., 2021). Sesuai dengan hasil penelitian yang dihasilkan, kandungan H_2S paling tinggi ditemukan pada hulu Sungai Ciasem, sementara kandungan H_2S pada air Sungai Ciasem dalam rentang $0,043 \pm 0,001$ hingga $0,588 \pm 0,21$ mg/L dan telah melampaui baku mutu, yaitu $0,002$ mg/L. Penyebab terjadinya

peningkatan H_2S ialah akibat adanya peningkatan bahan organik yang masuk ke sungai. H_2S merupakan produk sampingan dari proses degradasi dan dekomposisi bahan organik di perairan (Afwaw et al., 2021). Peningkatan H_2S terjadi di hulu Sungai Ciasem, yang mengindikasikan terdapat bahan organik cukup tinggi yang masuk dari aktivitas rumah tangga. Peningkatan H_2S selaras dengan peningkatan bahan organik seperti BOD dan COD di perairan.

3.1.10. Total Fenol

Hasil yang diperoleh pada Gambar 14 menunjukkan bahwa kandungan total fenol berbeda-beda pada setiap lokasi pengambilan sampel. Kandungan total fenol memiliki nilai yang telah melampaui baku mutu di setiap titik pengamatan. Peningkatan nilai tersebut disebabkan adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga di sekitar hulu sungai dan masukan dari aliran Sungai Cikeuting. Kandungan total fenol di Sungai Ciasem dalam rentang $0,18 \pm 0,02$ hingga $0,23 \pm 0,04$ mg/L.

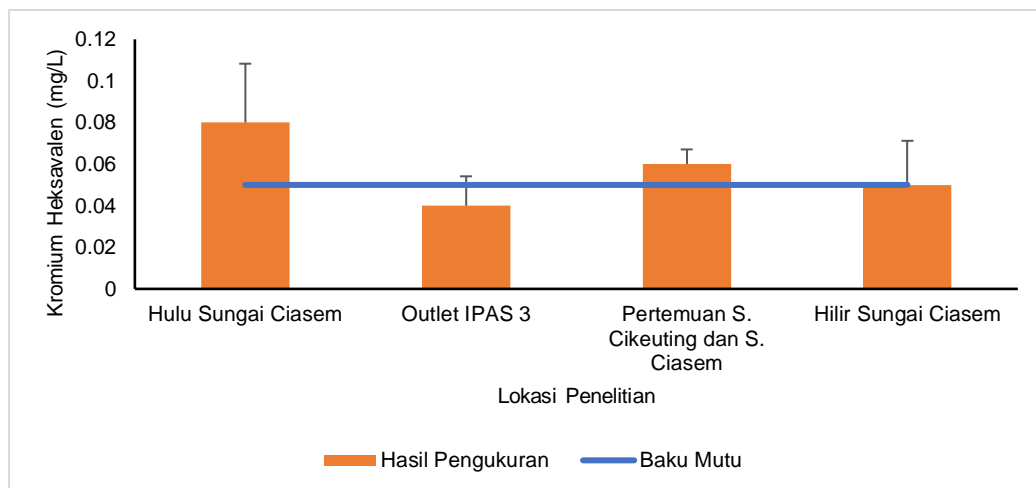
Walaupun terjadi peningkatan bahan organik dan partikel terlarut, namun hasil pengukuran logam berat (Lampiran 2) masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk baku mutu air sungai kelas II. Rendahnya kandungan logam berat pada air Sungai Ciasem dapat disebabkan karena jenis sampah yang berpotensi masuk ke badan sungai ialah sampah organik. Sementara sampah padat dari material logam telah dimanfaatkan kembali oleh masyarakat sekitar sebelum dibuang ke TPST Bantargebang. Hal tersebut yang menyebabkan kandungan logam berat cenderung rendah pada air Sungai Ciasem.



Gambar 14 Konsentrasi Total Fenol di Sungai Ciasem

3.1.11. Kromium Heksavalen

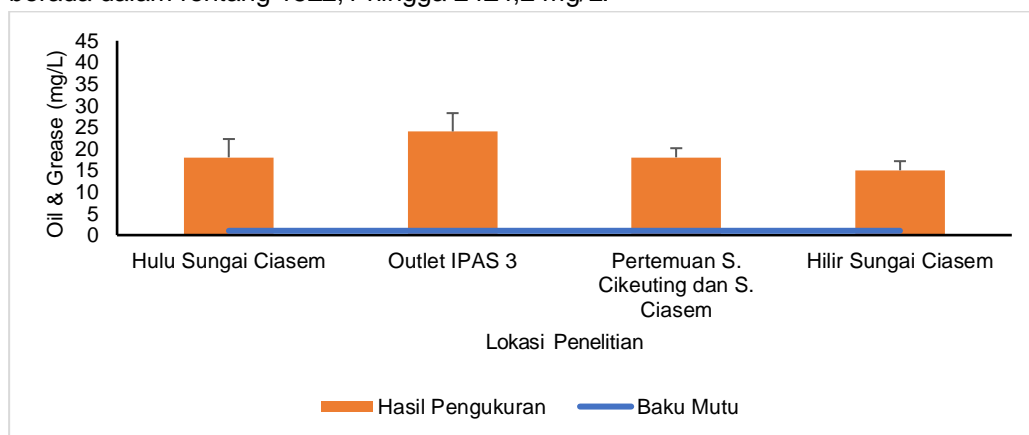
Hasil pengukuran parameter kromium heksavalen disajikan pada Gambar 15 berikut. Kandungan kromium heksavalen berbeda-beda pada setiap lokasi pengambilan sampel. Kandungan kromium heksavalen memiliki nilai yang telah melampaui baku mutu di hulu dan hilir serta titik pertemuan antara Sungai Cikeuting dan Sungai Ciasem. Peningkatan nilai tersebut disebabkan adanya masukan bahan organik dari aktivitas rumah tangga di sekitar hulu sungai dan masukan dari aliran Sungai Cikeuting. Kandungan kromium heksavalen di Sungai Ciasem dalam rentang $0,04 \pm 0,014$ hingga $0,08 \pm 0,028$ mg/L.



Gambar 15 Konsentrasi Kromium Heksavalen di Sungai Ciasem

3.1.12. Minyak dan Lemak

Hasil pengukuran parameter lainnya pada Sungai Ciasem ialah minyak dan lemak yang disajikan pada Gambar 16. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan minyak dan lemak berbeda-beda pada setiap lokasi pengambilan sampel. Kandungan minyak dan lemak memiliki nilai yang telah melampaui baku mutu di setiap titik pengamatan. Peningkatan kandungan tersebut disebabkan terdapat bahan organik yang masuk dari aktivitas domestik di pinggir sungai. Kandungan minyak dan lemak di Sungai Ciasem berada dalam rentang $15 \pm 2,1$ hingga $24 \pm 4,2$ mg/L.



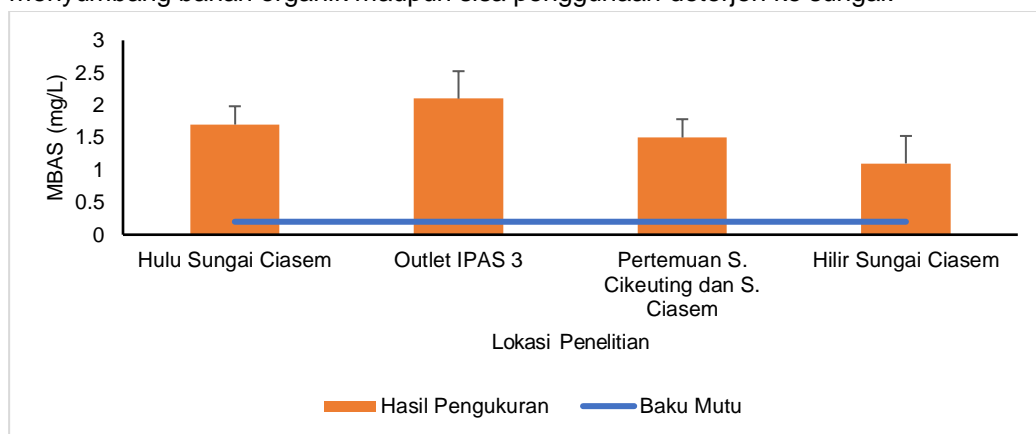
Gambar 16 Konsentrasi Minyak dan Lemak di Sungai Ciasem

3.1.13. MBAS

Hasil pengukuran parameter MBAS berkaitan dengan penggunaan detergen dan masukan minyak dan lemak pada perairan. Hasil yang diperoleh pada Gambar 17 menunjukkan, bahwa kandungan MBAS berbeda-beda pada setiap lokasi pengambilan sampel. Kandungan MBAS memiliki nilai yang telah melampaui baku mutu di setiap titik pengamatan. Peningkatan nilai tersebut disebabkan adanya masukan bahan organik

dari aktivitas rumah tangga di sekitar hulu sungai. Kandungan MBAS di Sungai Ciasem berada dalam rentang $1,1 \pm 0,28$ hingga $2,1 \pm 0,42$ mg/L.

Peningkatan bahan organik dan nutrien di Sungai Ciasem didukung dengan kandungan minyak dan lemak, serta MBAS pada bagian hulu, tengah, dan hilir sungai. Peningkatan minyak dan lemak berasal dari aktivitas domestik di sekitar sungai. Sementara peningkatan MBAS berasal dari kegiatan pengolahan sisa makanan, limbah padat, maupun limbah minyak yang menghasilkan metilen maupun senyawa gas lainnya (Arnelli, 2010). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Hasibuan et al., 2021), yang menyebutkan bahwa sumber masukan bahan pencemar terbesar di sungai ialah aktivitas rumah tangga atau kegiatan domestik, karena dapat menyumbang bahan organik maupun sisa penggunaan deterjen ke sungai.



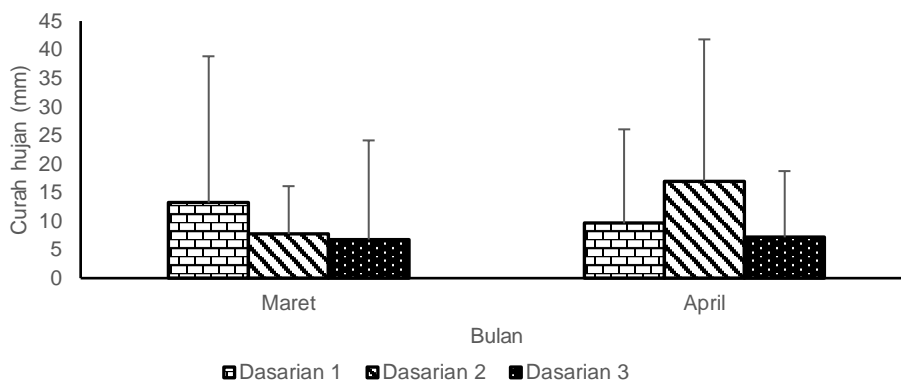
Gambar 17 Konsentrasi MBAS di Sungai Ciasem

3.1.14. Pengaruh Curah Hujan

Dinamika kualitas air Sungai Ciasem salah satunya dipengaruhi oleh curah hujan. Data curah hujan diperoleh dari Stasiun Meteorologi dan Klimatologi Halim Perdana Kusumah pada bulan Maret dan April sesuai waktu pengambilan sampel. Analisis curah hujan menggunakan pendekatan dasarian yaitu rata-rata curah hujan setiap 10 hari. Curah hujan pada waktu pengambilan sampel, yaitu tanggal 28 Maret 2024, termasuk dalam dasarian 3 bulan Maret dan dasarian 1 bulan April. Hasil curah hujan yang diperoleh pada dasarian 3 bulan Maret sebesar 6,76 mm dan dasarian 1 bulan April sebesar 9,61 mm. Curah hujan tersebut termasuk dalam curah hujan rendah, yaitu di bawah 100 mm, atau disebut sebagai iklim kemarau dengan intensitas dan curah hujan yang rendah. Data curah hujan terlampir pada Lampiran 10. Sementara hasil analisis curah hujan disajikan pada Gambar 18 berikut.

Hidrologi sungai mempengaruhi dinamika kualitas air sungai (Koushali et al., 2021). Hal tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh, dimana debit dan kecepatan arus sungai relatif meningkat hingga ke hilir sungai. Peningkatan debit dan kecepatan arus dipengaruhi oleh luas penampang sungai dan curah hujan. Apabila curah hujan relatif besar dengan intensitas hujan yang tinggi, maka debit air sungai akan bertambah besar (Jonizar & Utari, 2019). Peningkatan debit sungai mengakibatkan banyaknya bahan organik dan partikel terlarut yang terakumulasi dan terbawa aliran hulu, tengah,

hingga berakhir di hilir sungai. Oleh sebab itu, beberapa parameter mengalami peningkatan pada bagian tengah dan hilir sungai (Mailisa et al., 2021). Hal tersebut menunjukkan kualitas air Sungai Ciasem dipengaruhi oleh debit dan luas penampang sungai.



Gambar 18 Curah Hujan di Lokasi Penelitian
(Sumber: BMKG Halim Perdana Kusumah, 2024)

Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari Stasiun BMKG Halim Perdana Kusumah periode bulan Maret hingga April 2024, diketahui bahwa curah hujan berada dalam rentang 6,76 – 16,98 mm, dan termasuk curah hujan rendah atau iklim kemarau dengan intensitas hujan rendah. Analisis curah hujan menggunakan pendekatan dasarian, dimana curah hujan dalam sebulan dibagi menjadi 3 dasarian atau setiap 10 hari pengamatan curah hujan. Menurut Devi et al., (2022), pendekatan curah hujan menggunakan dasarian lebih efektif dalam analisis curah hujan dengan pengambilan contoh uji satu waktu. Curah hujan pada satu waktu dipengaruhi oleh curah hujan pada 3 hari sebelumnya dan 3 hari setelahnya, atau H-3 hingga H+3 pengambilan sampel (Herawati et al., 2023). Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kandungan beberapa parameter kualitas air Sungai Ciasem tidak dipengaruhi secara nyata oleh intensitas curah hujan.

Berdasarkan hasil dari pengukuran kualitas air Sungai Ciasem pada bagian hulu, tengah, hingga hilir sungai, dapat disimpulkan bahwa sumber masukan terbesar bahan pencemar ke Sungai Ciasem ialah aktivitas rumah tangga dan air lindi. Selain itu, dapat diketahui bahwa Sungai Ciasem terindikasi tercemar bahan organik akibat peningkatan nilai BOD dan COD selama pengukuran berlangsung. Oleh sebab itu, perlu adanya upaya pengelolaan lanjutan untuk mengatasi peningkatan bahan organik di Sungai Ciasem, agar tidak mengganggu keseimbangan ekosistem sungai di dalamnya.

Beberapa parameter kualitas air mengalami penurunan pada hilir Sungai Ciasem. Hal tersebut disebabkan karena terdapat IPAL Bersama antara Provinsi DKI Jakarta dengan Provinsi Jawa Barat (Kota Bekasi) yang mampu mengolah limbah cair dari kegiatan domestik di Provinsi DKI Jakarta. IPAL bersama tersebut akan melakukan pengolahan limbah cair menggunakan proses biological dan mechanical, sehingga kinerja IPAL dalam mereduksi bahan organik dan partikel terlarut lainnya akan lebih

tinggi. Oleh sebab itu, beberapa parameter kualitas air mengalami penurunan di hilir Sungai Ciasem, akibat adanya proses pengolahan pada IPAL bersama.

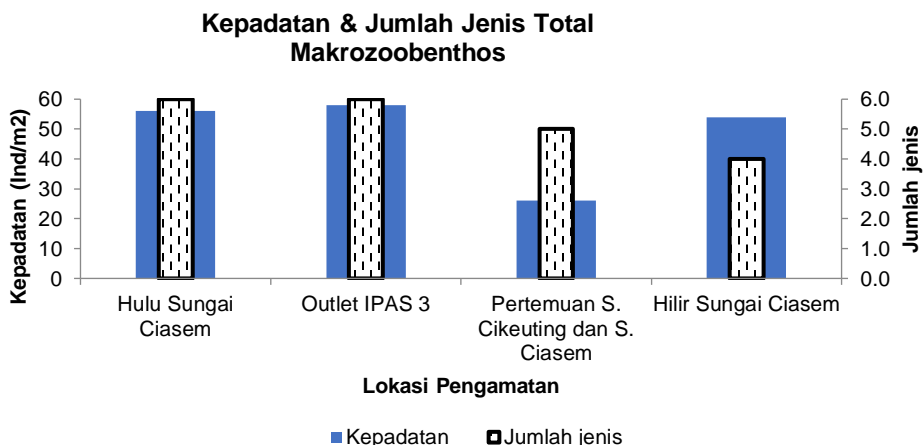
3.2. Struktur Komunitas Makrozoobenthos dan Fitoplankton

Kualitas air Sungai Ciasem dikatakan baik apabila dapat mendukung kehidupan biota perairan di dalamnya. Hal tersebut ditunjukkan dari sejumlah biota akuatik yang ditemukan di dasar, kolam, maupun permukaan perairan. Biota akuatik yang ditemukan di dasar perairan ialah makrozoobenthos, sementara biota akuatik yang dapat ditemukan pada kolom dan permukaan perairan ialah plankton.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa kualitas air Sungai Ciasem kurang optimal untuk pertumbuhan biota akuatik di dalamnya. Sungai Ciasem memiliki kandungan bahan organik yang tinggi sehingga kandungan oksigen terlarutnya rendah, yaitu 1 hingga 2 mg/L. Hanya beberapa jenis biota akuatik yang mampu hidup di Sungai Ciasem dengan kondisi hipoksigenasi hingga anoksik tersebut, yaitu dari kelompok makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri anaerob. Kelompok biota tersebut dapat dijadikan sebagai bioindikator tingkat pencemaran suatu perairan karena kemampuannya yang mampu bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang buruk dan mampu memberikan respon yang cepat atas perubahan kondisi lingkungan yang terjadi (Ayu et al., 2015; Ramadhania et al., 2015; Yang et al., 2017). Oleh sebab itu, pemantauan terkait keberadaan beberapa jenis makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri di Sungai Ciasem perlu dilakukan sebagai bioindikator pencemaran sungai tersebut. Berikut disajikan jenis biota akuatik yang ditemukan di Sungai Ciasem.

3.2.1. Makrozoobenthos

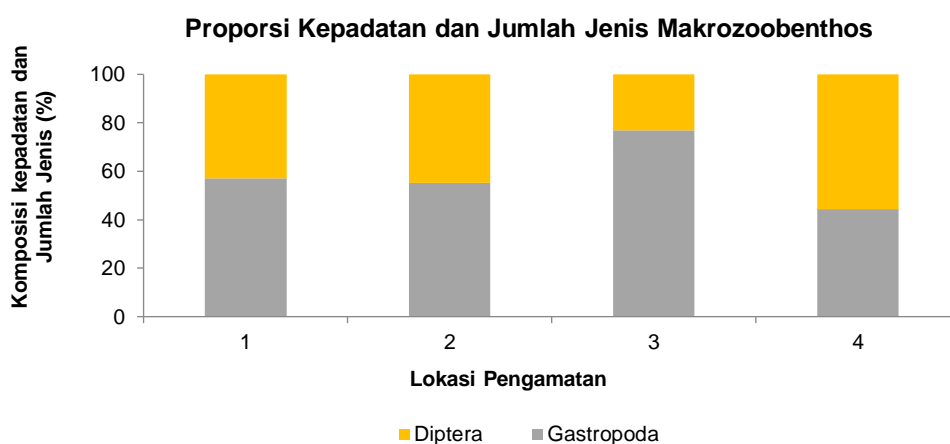
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa terdapat 6 jenis dari 6 famili makrozoobenthos yang ditemukan di Sungai Ciasem dari hulu hingga hilir, yaitu *Chironomous sp.*, *Thiara sp.*, *Lymnaea sp.*, *Bithynia sp.*, *Pleurocera sp.*, dan *Simulium sp.* Data makrozoobenthos yang ditemukan terlampir pada Lampiran 4. Kepadatan dan jumlah jenis makrozoobenthos yang ditemukan disajikan pada Gambar 19 berikut.



Gambar 19 Kepadatan dan Jumlah Jenis Makrozoobenthos

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa kepadatan dan jumlah jenis makrozoobenthos ditemukan paling banyak pada hulu Sungai Ciasem dan outlet IPAS 3. Makrozoobenthos yang mendominasi setiap titik ialah jenis *Chironomous* sp. dan *Thiaridae* sp. Proporsi kepadatan dan jumlah jenis makrozoobenthos di Sungai Ciasem disajikan pada Gambar 20 berikut.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa proporsi kepadatan dan jumlah jenis makrozoobenthos didominasi oleh ordo gastropoda. Kepadatan dan jumlah jenis ordo gastropoda lebih banyak ditemukan daripada ordo diptera. Jenis *Thiaridae* sp., *Lymaneidae* sp., *Bithyniidae* sp., dan *Pleuroceridae* sp., termasuk ordo Gastropoda. Sementara jenis *Chironomoidae* sp. dan *Simuliidae* sp. termasuk ordo Diptera. Struktur komunitas makrozoobenthos yang ditemukan di Sungai Ciasem disajikan pada Tabel 5.



Gambar 20 Proporsi Kepadatan dan Jumlah Jenis Makrozoobenthos

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa indeks keanekaragaman (H') dan indeks dominansi (C) pada tiap titik lokasi termasuk kategori rendah. Sementara Indeks Keseragaman (E) makrozoobenthos pada tiap titik lokasi termasuk kategori tinggi, yang berarti komposisi spesies benthos yang ditemukan tiap stasiun relatif seragam (jenisnya relatif sama). Menurut (Sudarso & Wardiatno, 2024), jenis makrozoobenthos yang mampu hidup dalam air dengan kandungan oksigen kurang dari 2 mg/L ialah dari ordo diptera, seperti famili chironomidae. Sementara Ayu et al., (2015) menyebutkan dalam penelitiannya, bahwa ordo gastropoda mampu hidup dalam kondisi perairan sangat keruh (*high turbidity*) dan minim cahaya. Oleh sebab itu, karena kepadatan ordo gastropoda dan diptera lebih mendominasi di Sungai Ciasem, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi kualitas air Sungai Ciasem tergolong keruh, minim cahaya, dan rendah oksigen.

Menurut Sastrawijaya, (1991), diketahui bahwa perairan dengan indeks keragaman benthos yang ditemukan dalam rentang 1,0 – 1,6 tergolong tercemar berat. Sementara keragaman benthos yang ditemukan dalam rentang 1,6 – 2,0 tergolong tercemar sedang. Hal tersebut karena asumsi yang digunakan semakin banyak biota yang ditemukan maka perairan tersebut terindikasi semakin baik, dengan menghiraukan adanya organisme bioindikator. Semakin rendah indeks keanekaragamannya, maka

kondisi perairan semakin tercemar. Namun, berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa banyaknya jenis spesies yang ditemukan merupakan spesies bioindikator yang mampu hidup pada kondisi perairan tercemar berat. Sehingga, disimpulkan bahwa spesies yang ditemukan pada hulu hingga hilir Sungai Ciasem lebih banyak jenis bioindikator yang mampu hidup di perairan tercemar.

Tabel 5 Struktur Komunitas Makrozoobenthos

| Indeks | Lokasi Pengamatan | | | |
|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|
| | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
| Indeks keanekaragaman (H') | 1,68 ^b | 1,58 ^a | 1,48 ^a | 1,34 ^a |
| Indeks keseragaman (E) | 0,94 | 0,88 | 0,92 | 0,97 |
| Indeks dominansi (C) | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 0,27 |

Sumber: Data primer, 2024

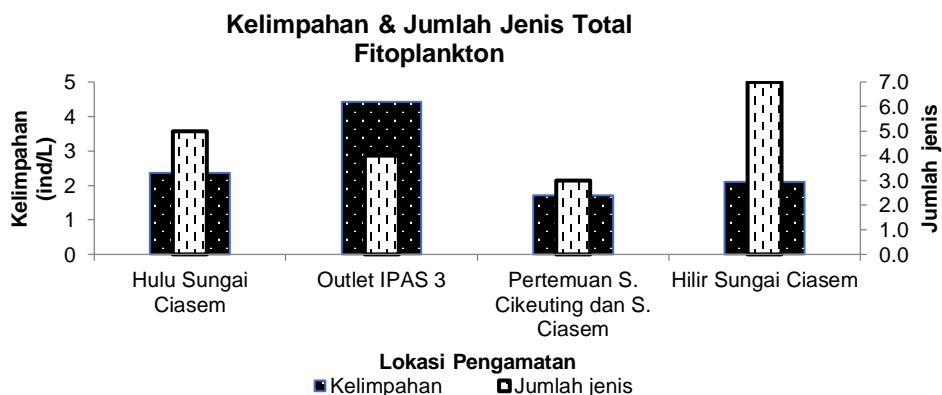
Keterangan: ^{a)} Tercemar berat

^{b)} Tercemar sedang

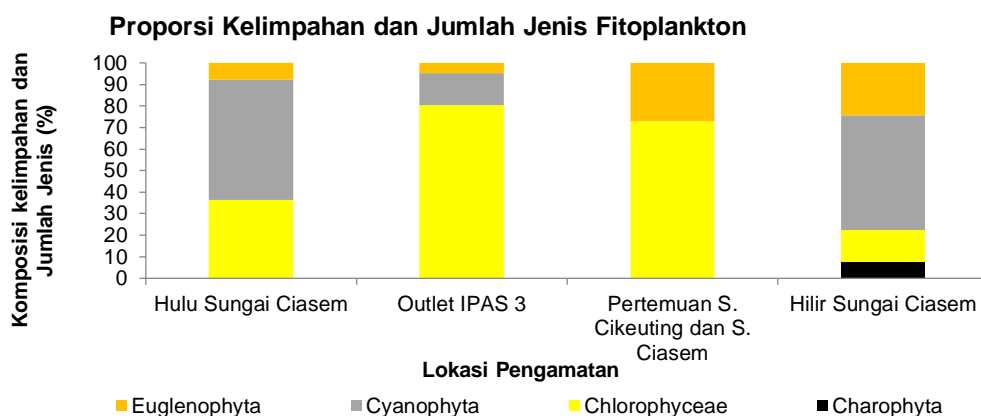
Hasil indeks keseragaman yang diperoleh relatif tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan dari hulu hingga hilir Sungai Ciasem relatif sama dengan didukung keberadaan jenis spesies yang relatif seragam. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi perairan tercemar sedang hingga berat. Sementara berdasarkan indeks dominansi benthos, diketahui bahwa kondisi perairan dari hulu hingga hilir Sungai Ciasem memiliki dominansi benthos yang rendah, sehingga mengindikasikan bahwa tidak ada dominansi dari satu jenis benthos, dan perairan tergolong telah tercemar (Sastrawijaya, 1991).

3.2.2. Fitoplankton

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa terdapat 7 jenis dari 4 famili fitoplankton yang ditemukan di Sungai Ciasem, yaitu *Oscillatoria* sp., *Spirulina* sp., *Homoeothrix* sp., *Euglena viridis*, *Euglena hematooides*, *Closterium* sp., dan *Eudorina* sp. Hasil kepadatan dan jumlah jenis total fitoplankton disajikan pada Gambar 21 berikut.



Gambar 21 Kelimpahan dan Jumlah Jenis Fitoplankton



Gambar 22 Proporsi Kelimpahan dan Jumlah Jenis Fitoplankton

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa proporsi kelimpahan dan jumlah jenis fitoplankton didominasi oleh famili Chlorophyceae yaitu jenis *Eudorina elegans* dan family Cyanophyta yaitu jenis *Oscillatoria limosa*. Kelimpahan dan jumlah jenis famili Chlorophyceae dan Cyanophyta lebih banyak ditemukan daripada famili Euglenophyceae dan Charophyta. Struktur komunitas fitoplankton yang ditemukan di Sungai Ciasem disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Struktur Komunitas Fitoplankton

| Indeks | Lokasi Pengamatan | | | |
|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|
| | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
| Indeks keanekaragaman (H') | 1,48 ^a | 0,71 ^b | 0,77 ^b | 1,90 ^c |
| Indeks keseragaman (E) | 0,92 | 0,51 | 0,70 | 0,98 |
| Indeks dominansi (C) | 0,25 | 0,66 | 0,57 | 0,16 |

Sumber: Data primer, 2024

Keterangan: ^{a)} Tercemar berat

^{b)} Tercemar sangat berat

^{c)} Tercemar sedang

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa indeks keanekaragaman (H') fitoplankton pada outlet IPAS 3 dan titik pertemuan Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem termasuk rendah. Hal tersebut berbanding lurus dengan Indeks Dominansi (C) fitoplankton di setiap titik lokasi yang termasuk kategori rendah. Namun indeks dominansi (C) fitoplankton pada outlet IPAS 3 dan titik pertemuan Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem tergolong sedang. Tingkat keseragaman (E) fitoplankton pada outlet IPAS 3 cenderung sedang dengan komunitas yang labil atau sering berubah.

Menurut Sastrawijaya, (1991), diketahui bahwa perairan dengan indeks keragaman fitoplankton yang ditemukan dalam rentang 1,0 – 1,6 tergolong tercemar berat, dalam rentang 1,6 – 2,0 tergolong tercemar sedang, dan < 1,0 tergolong tercemar

sangat berat. Hal tersebut karena asumsi yang digunakan semakin banyak biota yang ditemukan maka perairan tersebut terindikasi semakin baik, dengan menghiraukan adanya organisme bioindikator. Semakin rendah indeks keanekaragamannya, maka kondisi perairan semakin tercemar. Namun, berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa banyaknya jenis spesies yang ditemukan merupakan spesies bioindikator yang mampu hidup pada kondisi perairan tercemar berat. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa jenis spesies yang ditemukan pada hulu hingga hilir Sungai Ciasem lebih banyak jenis bioindikator yang mampu hidup di perairan tercemar.

Hasil indeks keseragaman yang diperoleh relatif sedang hingga tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan dari hulu hingga hilir Sungai Ciasem relatif sama dengan didukung keberadaan jenis spesies yang relatif seragam. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi perairan tercemar sedang hingga sangat berat. Sementara berdasarkan indeks dominansi fitoplankton, diketahui bahwa kondisi perairan dari hulu hingga hilir Sungai Ciasem memiliki dominansi fitoplankton yang sedang hingga rendah, sehingga mengindikasikan bahwa tidak ada dominansi dari satu jenis fitoplankton, dan perairan tergolong telah tercemar (Sastrawijaya, 1991).

Suhry et al., (2020) menyebutkan dalam penelitiannya, bahwa jenis fitoplankton dari famili Cyanophyta, Euglenophyta, dan Cilliata, merupakan jenis yang mampu bertahan hidup pada kondisi perairan kaya akan bahan organik. Sementara jenis Chlorophyta merupakan jenis fitoplankton yang paling banyak ditemukan di pinggiringgir sungai karena membutuhkan cahaya untuk bertahan hidup (Apriyanti et al., 2023). Oleh sebab itu, karena jenis fitoplankton dari famili chlorophyceae, euglenophyceae, dan cyanophyceae mendominasi Sungai Ciasem, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan Sungai Ciasem ialah memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi dan minim cahaya, sehingga fitoplankton yang ditemukan mendominasi permukaan perairan.

3.3. Status Pencemaran Berdasarkan Bioindikator

3.3.1. Makrozoobenthos dengan Indeks SIGNAL 2

Makrozoobenthos dapat dijadikan sebagai bioindikator perairan tercemar karena mampu bereaksi dengan cepat terhadap perubahan lingkungan yang terjadi. Status pencemaran Sungai Ciasem dapat diketahui menggunakan makrozoobenthos sebagai bioindikator melalui Indeks SIGNAL 2. Data jumlah jenis makrozoobenthos yang ditemukan selama pengamatan di tiap titik lokasi terlampir pada Lampiran 6. Hasil analisis Indeks SIGNAL 2 makrozoobenthos disajikan pada Tabel 7 berikut.

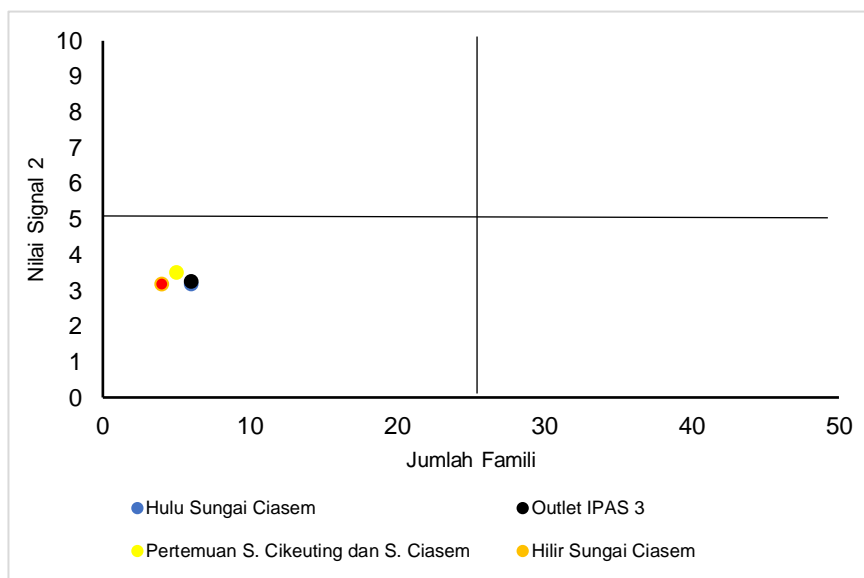
Tabel 7 Indeks SIGNAL 2 Makrozoobenthos

| Nilai Signal 2 | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|----------------|--------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------|
| Signal 2 | 3,18 | 3,25 | 3,50 | 3,18 |
| Keterangan | Kuadran 4 | Kuadran 4 | Kuadran 4 | Kuadran 4 |
| Kesimpulan | Tercemar Berat | Tercemar Berat | Tercemar Berat | Tercemar Berat |

Sumber: Data primer, 2024

Berdasarkan hasil analisis Indeks SIGNAL 2, diketahui bahwa Sungai Ciasem termasuk perairan yang tercemar berat akibat masukan bahan organik. Hal tersebut ditunjukkan dari jumlah jenis dan skala sensitivitas dari setiap jenis makrozoobenthos yang ditemukan. Nilai SIGNAL 2 paling besar ditemukan pada stasiun 3 yaitu titik pertemuan Sungai Cikeuting dengan Sungai Ciasem. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi stasiun 3 cenderung lebih stabil karena komposisi jenis dan kepadatan benthos relatif banyak ditemukan pada stasiun 3 daripada ketiga stasiun lainnya, meskipun masih tergolong tercemar berat. Sebagian besar makrozoobenthos yang ditemukan dari famili Chironomidae dan Thiaridae dengan skor sensitivitas termasuk sangat sensitif atas perubahan yang terjadi. Hasil plot Kuadran SIGNAL menunjukkan bahwa seluruhnya berada pada kuadran 4. Hasil plot pada kuadran SIGNAL 2 berdasarkan makrozoobenthos yang ditemukan di Sungai Ciasem disajikan pada Gambar 23.

Berdasarkan hasil *plotting* Kuadran SIGNAL 2, dengan asumsi jumlah famili standar yang ditemukan di Sungai sebanyak 50 dan tingkat sensitivitas 1 hingga 10, maka diperoleh hasil bahwa indeks SIGNAL 2 makrozoobenthos yang ditemukan di Sungai Ciasem termasuk dalam kuadran 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. Hal tersebut mengindikasikan bahwa Sungai Ciasem tergolong perairan yang tercemar berat.



Gambar 23 Kuadran SIGNAL 2 Makrozoobenthos

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Ciasem telah tercemar oleh bahan organik sehingga DO yang terkandung pada air sungai sangat rendah. Kondisi tersebut kurang optimal bagi pertumbuhan biota akuatik yang membutuhkan oksigen untuk hidup (Arviani et al., 2018). Namun, beberapa jenis biota akuatik lainnya dapat hidup dalam kondisi anaerob, seperti beberapa jenis dari

makrozoobenthos (Prihatin et al., 2021). Oleh sebab itu, makrozoobenthos dapat dijadikan sebagai bioindikator tingkat pencemaran Sungai Ciasem.

Makrozoobenthos dari famili Chironomidae, Thiaridae, dan Lymnaeidae memiliki tingkat sensitivitas yang tidak sensitif terhadap perubahan lingkungan yang terjadi, sehingga masih dapat bertahan hidup pada kondisi perairan yang buruk (Bartram & Ballance, 1996). Sementara famili Pleuroceridae, Simuliidae, dan Bithyniidae memiliki tingkat sensitivitas yang cukup sedang terhadap perubahan lingkungan yang terjadi, sehingga masih dapat bertahan hidup pada kondisi perairan yang kurang optimal (Bartram & Ballance, 1996).

Menurut (Chessman, 2003), kuadran 4 pada SIGNAL 2 mengindikasikan Sungai Ciasem telah tercemar berat karena tingkat keragaman jenis makrozoobenthos tergolong rendah, dan kondisi habitat dalam keadaan tercemar akibat tingginya masukan bahan organik dan limbah dari aktivitas manusia di sekitar perairan. Hal ini sesuai dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem yang tinggi akan bahan organik, rendah oksigen terlarut, tinggi nutrien (amonia dan fosfat), tinggi partikel terlarut maupun tidak terlarut (TDS dan TSS), serta tinggi akan senyawa polutan lainnya (MBAS dan minyak lemak). Oleh sebab itu, karena terdapat 2 jenis makrozoobenthos yang mendominasi yaitu dari famili Chironomidae dan Thiaridae, maka dapat disimpulkan bahwa makrozoobenthos jenis *Chironomous* sp. dan *Thiara* sp. merupakan bioindikator pencemaran perairan akibat masukan bahan organik dan air lindi dari pengolahan sampah dan aktivitas rumah tangga di sekitar perairan.

Chironomidae dan Thiaridae memiliki kemampuan detoksifikasi zat beracun (Rochon et al., 2021; Ayu et al., 2015) dan mampu mengurangi efek toksisitas dari zat-zat yang terkandung dalam air, mampu mengambil oksigen pada jenis substrat apapun, mampu hidup pada air rendah oksigen (Rochon et al., 2021; Ayu et al., 2015), memanfaatkan nutrien untuk proses reproduksi, serta menjadikan bahan organik pada perairan sebagai makanan utama (Trihadiningrum & Tjondronegoro, 1998 dalam Wardhana, 2006).

Menurut Ayu et al., (2015), diketahui bahwa makrozoobenthos dapat dijadikan bioindikator pencemaran perairan. Makrozoobenthos indikator pencemaran perairan akibat masukan air lindi yang umumnya ditemukan ialah ordo gastropoda berupa *Littoria* sp., dan ordo diptera berupa *Chironomous* sp. Sementara benthos yang menjadi indikator perairan tercemar limbah domestik dari aktivitas rumah tangga ialah *Chironomous* sp., dan *Limnodrilus* sp (Sumiarsih et al., 2018).

3.3.2. Indeks Saprobik

Fitoplankton dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran perairan karena kemampuannya memberikan respon dengan cepat dan sensitif terhadap perubahan lingkungan yang terjadi. Analisis tingkat pencemaran Sungai Ciasem dapat dilakukan melalui Indeks Saprobik menggunakan kelimpahan fitoplankton yang ditemukan di Sungai Ciasem. Data jumlah individu fitoplankton yang ditemukan selama pengamatan disajikan pada Lampiran 5. Hasil Indeks Saprobik berdasarkan kelimpahan fitoplankton yang ditemukan di Sungai Ciasem disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Indeks Saprobik Fitoplankton Sungai Ciasem

| Lokasi | Indeks Saprobik | Keterangan |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Hulu S. Ciasem | -1,4 | Tercemar Berat |
| Outlet IPAS 3 | -1,0 | Tercemar Berat |
| Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | 0,33 | Tercemar sedang |
| Hilir S. Ciasem | -1,33 | Tercemar Berat |

Sumber: Data primer, 2024

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa Indeks Saprobik pada hulu Sungai Ciasem, Outlet IPAS 3, dan Hilir Sungai Ciasem memiliki nilai >1 , sehingga dapat dikategorikan pada tingkat pencemaran Sungai Ciasem termasuk tercemar berat. Namun, pada titik pertemuan antara Sungai Ciasem dengan Sungai Cikeuting, Indeks Saprobik yang diperoleh <1 , sehingga termasuk perairan tercemar sedang. Tingkat pencemaran tersebut didasarkan pada kelimpahan fitoplankton yang ditemukan di Sungai Ciasem dengan koefisien sensitivitas atas masukan bahan organik dari aktivitas di sekitar lokasi pengamatan. Perairan dengan Indeks Saprobik yang semakin besar mengindikasikan bahwa perairan tersebut rendah akan masukan bahan organik dari aktivitas sekitar.

Kualitas air Sungai Ciasem yang rendah oksigen dan minim cahaya menjadikannya kurang optimal untuk pertumbuhan biota akuatik. Akan tetapi, hal tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan fitoplankton jenis Cyanophyta dan Euglenophyta. Fitoplankton jenis Cyanophyta dan Euglenophyta mampu hidup pada kondisi perairan kaya akan masukan bahan organik atau tinggi BOD dan COD, serta rendah oksigen terlarut (Salimah et al., 2023). Meskipun demikian, keberadaan jenis fitoplankton tersebut mengindikasikan Sungai Ciasem telah tercemar sedang hingga berat akibat masukan bahan organik yang tinggi.

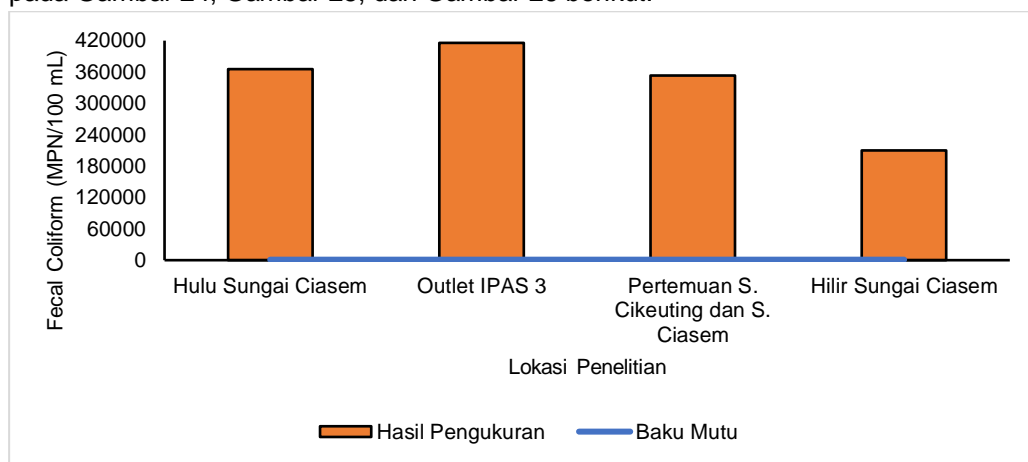
Menurut Effendie, (2003), Cyanophyta (ganggang biru) dan Euglenophyta (ganggang euglenoid) merupakan jenis ganggang yang memiliki adaptasi sangat luas terhadap kondisi lingkungan habitat yang tercemar. Hal tersebut karena Cyanophyta dan Euglenophyta memiliki sistem pencernaan dan metabolisme yang sederhana (Kennish, 1990; Wetzel & Likens, 1979), sehingga proses pencernaan yang dilakukan tidak terlalu kompleks dan tubuhnya tidak merespon akan zat polutan yang masuk ke dalam tubuh. Selain itu, kedua ganggang tersebut juga memiliki sistem reproduksi yang sangat cepat dan efisien, sehingga mampu berkompetisi dengan jenis fitoplankton yang lain (Kennish, 1990; Wetzel & Likens, 1979). Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa fitoplankton jenis Cyanophyta dan Euglenophyta dapat berperan sebagai bioindikator pencemaran perairan akibat terdapat bahan organik cukup tinggi yang masuk dari aktivitas rumah tangga dan masukan air lindi dari kegiatan TPST Bantargebang. Hal tersebut karena Cyanophyta dan Euglenophyta memiliki kemampuan metabolisme, reproduksi, sistem pertahanan tubuh yang tinggi.

Menurut Ramadhania et al., (2015), diketahui bahwa fitoplankton dapat menjadi bioindikator perairan telah tercemar. Jenis fitoplankton yang menjadi indikator perairan tercemar air lindi ialah dari filum *Cyanophyceae* dan *Merismopedidae*. Sementara menurut

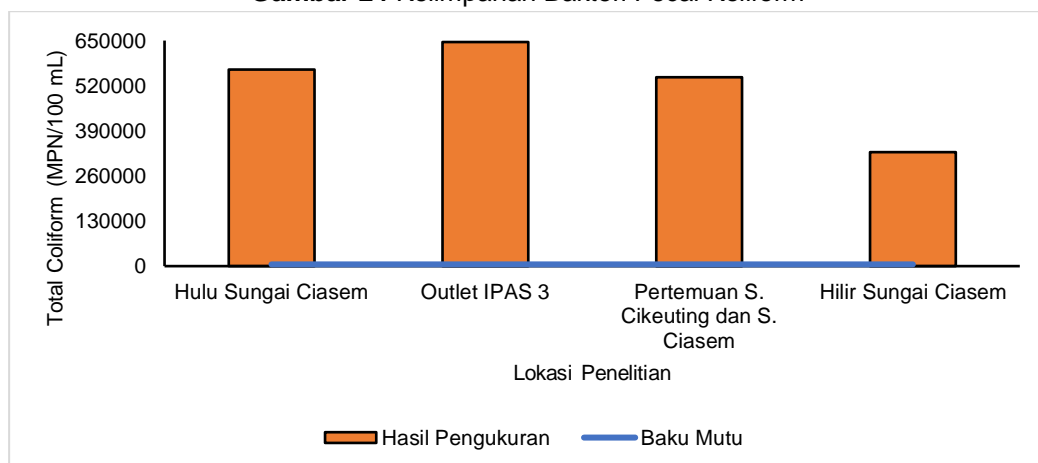
Labupili, (2018), jenis fitoplankton yang dapat dijadikan indikator perairan tercemar limbah domestik ialah jenis *Oscillatoria* sp.

3.3.3. Kelimpahan Bakteri Koliform

Bakteri koliform dan *E. coli* dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran perairan, karena mampu berkorelasi positif terhadap keberadaan bakteri patogen lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila terjadi peningkatan kepadatan bakteri di suatu perairan, maka dapat dipastikan bahwa terjadi pula peningkatan kepadatan bakteri patogen di perairan tersebut. Data dan hasil perhitungan kelimpahan bakteri koliform (fecal dan total), serta bakteri *E. coli* disajikan pada Lampiran 7. Hasil kelimpahan bakteri koliform dan *E coli* yang digunakan sebagai bioindikator pencemaran perairan disajikan pada Gambar 24, Gambar 25, dan Gambar 26 berikut.



Gambar 24 Kelimpahan Bakteri Fecal Koliform

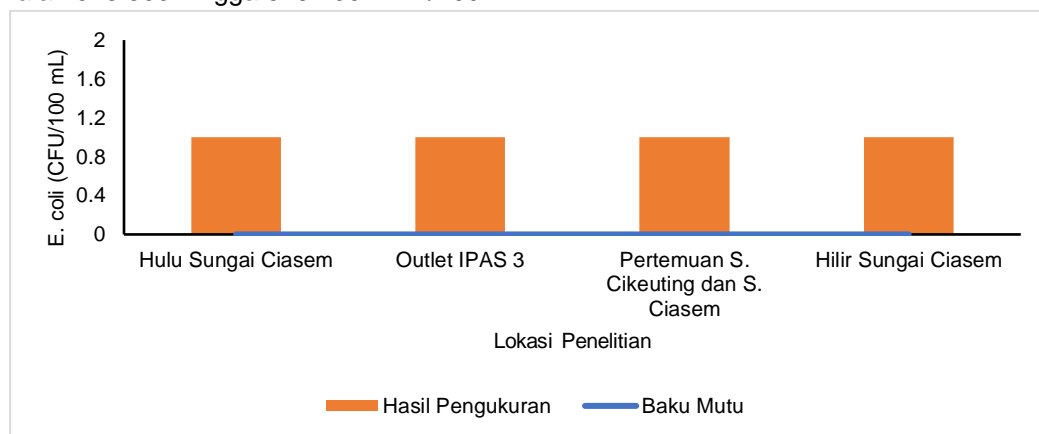


Gambar 25 Kelimpahan Bakteri Total Koliform

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa kelimpahan bakteri fecal koliform paling banyak ditemukan pada outlet IPAS 3. Sementara kelimpahan bakteri

fecal koliform paling sedikit ditemukan pada hilir Sungai Ciasem. Hal tersebut dapat disebabkan karena keberadaan bakteri fecal koliform dipengaruhi oleh arus sungai dan bahan organik dari *point* maupun *nonpoint source*. Rentang kelimpahan bakteri fecal koliform yang diperoleh di Sungai Ciasem ialah 210.525 hingga 416.250 MPN/100 mL.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa kelimpahan bakteri total koliform paling banyak ditemukan pada outlet IPAS 3. Sementara kelimpahan bakteri total koliform paling sedikit ditemukan pada hilir Sungai Ciasem. Kelimpahan bakteri total koliform memiliki korelasi positif dengan kelimpahan bakteri fecal koliform yang ditemukan. Rentang kelimpahan bakteri total koliform yang diperoleh di Sungai Ciasem ialah 328.500 hingga 646.400 MPN/100 mL.



Gambar 26 Kelimpahan Bakteri *E. coli*

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui kelimpahan bakteri *E. coli* di setiap titik lokasi pengambilan sampel relatif sama. Kelimpahan bakteri *E. coli* di Sungai Ciasem ialah 1 CFU/100 mL. Hal tersebut menunjukkan bahwa perairan Sungai Ciasem termasuk perairan yang tercemar bakteri *E.coli*, sehingga berpotensi menimbulkan penyakit pencernaan apabila dimanfaatkan.

Keberadaan bakteri koliform, yaitu fecal dan total koliform, serta *E.coli* dapat dijadikan sebagai indikator adanya keberadaan bakteri patogen dalam perairan. Hal tersebut karena kelimpahan bakteri *E.coli* berkorelasi positif dengan kelimpahan bakteri patogen (Yang et al., 2017), semakin bertambah jumlah bakteri *E.coli* di Sungai Ciasem, maka semakin bertambah juga jumlah bakteri patogennya. Selain itu, peningkatan bakteri fecal dan total koliform juga mengindikasikan perairan telah tercemar bahan organik yang tinggi, berupa BOD. Bakteri fecal dan total koliform menjadikan bahan organik sebagai pakannya dan membutuhkan oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut. Oleh sebab itu, kandungan oksigen terlarut di Sungai Ciasem tergolong rendah.

Hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat kelimpahan bakteri *E.coli* sebanyak 1 CFU/100 mL di hulu, tengah, hingga hilir Sungai Ciasem. Hal tersebut menunjukkan adanya keberadaan bakteri patogen di Sungai Ciasem setara dengan jumlah bakteri *E.coli* yang ditemukan. Bakteri *E.coli* merupakan salah satu jenis bakteri yang mampu mengindikasikan adanya pencemaran air akibat kotoran manusia maupun hewan

lainnya. Keberadaan bakteri *E.coli* mampu menjadi indikator pencemaran perairan yang berpotensi membawa patogen dan vektor penyakit (Haribi & Yusron, 2010).

Bakteri *E.coli* dengan bakteri patogen lainnya memiliki perilaku dan tingkah laku yang serupa, yaitu peka terhadap kondisi lingkungan yang buruk dan mampu bertahan hidup pada kondisi tersebut (Ratumanua et al., 2021). Kondisi lingkungan yang buruk dan rendah oksigen membuat bakteri mampu bereproduksi secara cepat, sehingga seringkali ditemukan dalam jumlah yang banyak. Tidak semua strain bakteri *E.coli* berbahaya dan mampu hidup di perairan tercemar, hanya bakteri *E.coli* strain O157:H7 yang mampu hidup di perairan tercemar dan berkorelasi positif dengan bakteri patogen lainnya (Schmidt et al., 1999). Keberadaan bakteri *E.coli* dalam perairan mengindikasikan bahwa perairan tersebut tidak sehat untuk dikonsumsi dan dimanfaatkan secara langsung (Riky, 2019). Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa keberadaan bakteri *E.coli* dapat menjadi bioindikator pencemaran Sungai Ciasem akibat adanya amonia dari sisa metabolisme makhluk hidup, sehingga air Sungai Ciasem tidak dapat dikonsumsi dan dimanfaatkan secara langsung.

Fecal koliform merupakan subkelompok bakteri total koliform yang umumnya ditemukan di feses makhluk hidup. Oleh sebab itu, keberadaan fecal koliform di Sungai Ciasem mengindikasikan bahwa Sungai Ciasem telah tercemar oleh feses makhluk hidup atau dari aktivitas domestik di sekitar perairan. Sumber keberadaan fecal koliform di perairan lebih spesifik daripada sumber keberadaan total koliform. Hal tersebut menunjukkan bahwa keberadaan fecal koliform lebih akurat untuk mengindikasikan adanya bahan tercemar di perairan (Aswan et al., 2017). Meskipun demikian, keberadaan bakteri fecal dan total koliform yang cukup tinggi dari hulu hingga hilir Sungai Ciasem mengindikasikan bahwa perairan telah tercemar limbah domestik dari aktivitas manusia di sekitar sungai.

3.4. Keterkaitan Struktur Komunitas Makrozoobenthos, Fitoplankton, dan Bakteri Koliform dengan Kualitas Air Sungai Ciasem

3.4.1. Canonical Correlation Analysis (CCA)

Analisis CCA dapat digunakan untuk mengetahui komponen utama yang mempengaruhi dan berkorelasi positif terhadap keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform di Sungai Ciasem. Komponen utama tersebut dapat diketahui dari nilai *eigenvalue* yang diperoleh. Data perhitungan dan analisis korelasi menggunakan CCA pada Axis 1 dan Axis 2 terhadap kualitas air Sungai Ciasem terlampir pada Lampiran 8. Berikut disajikan pada Tabel 9 nilai *eigenvalue* yang dapat menjelaskan komponen utama dalam penelitian ini.

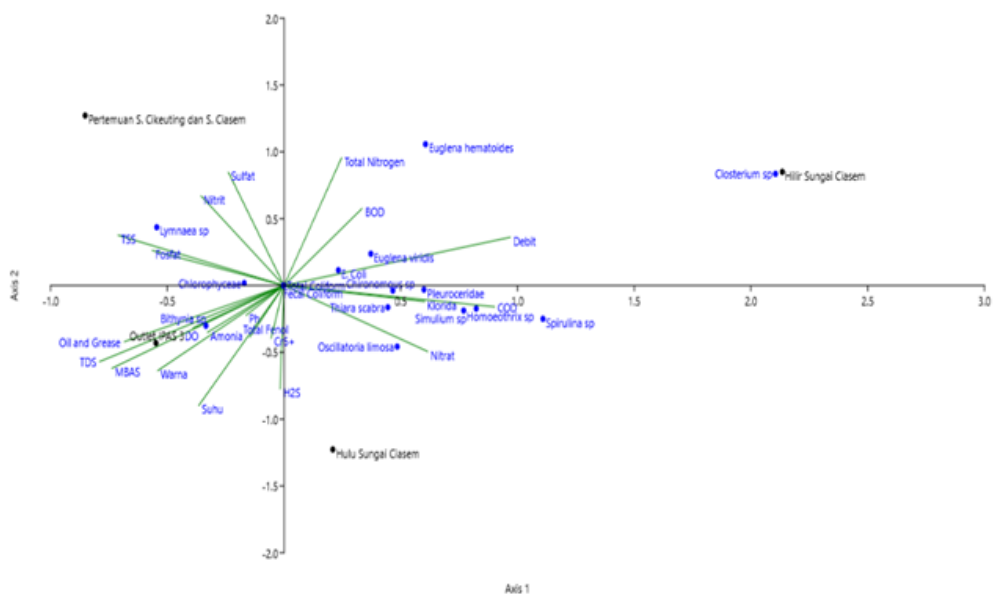
Tabel 9 *Eigenvalue* Analisis CCA

| Axis | Eigenvalue | % |
|------|-------------------|--------------|
| PC1 | 0,1837 | 71,04 |
| PC2 | 0,088372 | 25,03 |
| PC3 | 0,020204 | 3,93 |

Keterangan: Angka yang bercetak tebal berkorelasi paling tinggi

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 9, diketahui bahwa terdapat 2 kelompok komponen utama yang saling mempengaruhi dan berkorelasi positif. Berdasarkan korelasi antara komponen 1 dan komponen 2, diperoleh nilai eigenvalue kumulatif >75%. Hal tersebut menunjukkan bahwa model korelasi antara kedua komponen tersebut sudah menggambarkan hubungan antara kualitas air Sungai Ciasem dengan biota akuatik yang ditemukan. Selanjutnya, hasil dari *eigenvalue* yang diperoleh pada kedua komponen diplotkan dalam kuadran biplot pada Gambar 27 berikut.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada kuadran biplot, diketahui bahwa parameter yang menjadi faktor utama yang mempengaruhi keberadaan makrozoobentos, fitoplankton, dan bakteri koliform di Sungai Ciasem ialah debit, TSS, TDS, total N, minyak dan lemak, MBAS, suhu, H₂S, BOD, COD, sulfat, nitrat, nitrit, dan amonia. Parameter yang mempengaruhi keberadaan fecal koliform, total koliform, *E.coli*, *Chironomus* sp., dan *Closterium* sp., ialah debit sungai, klorida, COD, BOD, nitrat, dan H₂S. Sementara parameter yang mempengaruhi keberadaan fitoplankton jenis *Euglena hematoides* dan *Euglena viridis* ialah total N, BOD, dan debit sungai. Parameter yang mempengaruhi keberadaan Fitoplankton jenis *Chlorophyceae* dan Makrozoobentos jenis *Lymanea* sp., ialah sulfat, nitrit, TSS, dan fosfat. Keberadaan *Bithynia* sp. dipengaruhi oleh pH, total fenol, DO, amonia, minyak dan lemak, TDS, MBAS, dan suhu. Penurunan parameter kualitas air paling banyak terjadi pada hulu sungai dan outlet IPAS 3, sehingga keragaman biota akuatik di outlet IPAS 3 dan hulu sangat rendah.



Gambar 27 Kuadran Biplot

Simanjuntak et al., (2018) menyebutkan dalam penelitiannya, bahwa peningkatan bahan organik dan partikel terlarut akan berpengaruh terhadap jumlah jenis biota akuatik

di perairan. Hal tersebut relevan dengan hasil penelitian ini, dimana peningkatan bahan organik dan partikel terlarut mengakibatkan penurunan tingkat kepadatan atau kelimpahan dan jumlah jenis biota yang ditemukan. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa biota akuatik akan sulit ditemukan keberadaannya pada perairan yang telah tercemar bahan organik (Satriarti et al., 2018), hanya beberapa jenis biota yang masih mampu bertahan hidup, sehingga dijadikan sebagai bioindikator pencemaran perairan tersebut. Untuk mengetahui korelasi antar parameter kunci terhadap biota akuatik di Sungai Ciasem, maka dilakukan uji lanjutan berupa Uji Korelasi.

3.4.2. Uji Korelasi

Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform dengan kondisi parameter kunci kualitas air Sungai Ciasem. Hubungan yang terbentuk dapat berupa korelasi positif dan negatif, serta tingkat korelasi rendah hingga sangat kuat. Data yang digunakan untuk uji korelasi kualitas air Sungai Ciasem terhadap struktur komunitas makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform terlampir pada Lampiran 9. Hasil uji korelasi antara keberadaan biota akuatik di Sungai Ciasem dengan kondisi kualitas air Sungai Ciasem disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Uji Korelasi

| Parameter | <i>Sig. Value</i> | Korelasi | Tingkat Korelasi |
|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------|
| Suhu | 0,046 | 0,088 | Positif sangat lemah |
| Debit | 0,033 | -0,299 | Negatif lemah |
| TDS | 0,042 | -0,438 | Negatif kuat |
| TSS | 0,051 | -0,164 | Tidak berkorelasi |
| BOD | 0,043 | -0,489 | Negatif kuat |
| COD | 0,034 | -0,583 | Negatif kuat |
| DO | 0,044 | 0,663 | Positif sangat kuat |
| Sulfat | 0,061 | -0,255 | Tidak berkorelasi |
| Amonia | 0,042 | -0,388 | Negatif kuat |
| Total N | 0,052 | -0,142 | Tidak berkorelasi |
| H ₂ S | 0,065 | 0,122 | Tidak berkorelasi |
| Minyak dan Lemak | 0,047 | -0,111 | Negatif lemah |
| MBAS | 0,049 | -0,002 | Negatif sangat lemah |

Sumber: Data primer, 2024

Keterangan: Angka yang bercetak tebal berkorelasi

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter suhu, debit, TDS, BOD, COD, DO, amonia, minyak dan lemak, serta MBAS memiliki korelasi terhadap keberadaan biota akuatik yang ditemukan di Sungai Ciasem. Diketahui bahwa parameter debit, TDS, BOD, COD, amonia, minyak dan lemak, serta MBAS berkorelasi negatif terhadap keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang ditemukan di Sungai Ciasem. Sementara parameter suhu dan DO berkorelasi positif terhadap keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang ditemukan di Sungai Ciasem.

Parameter TDS, BOD, COD, amonia, dan minyak lemak berkorelasi negatif kuat dengan struktur komunitas makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform. Artinya, setiap terjadi peningkatan parameter kualitas air Sungai Ciasem berupa TDS, BOD, COD, amonia, dan minyak lemak, maka kepadatan makrozoobenthos, kelimpahan fitoplankton, dan kelimpahan bakteri koliform akan mengalami penurunan (Hubungan berbanding terbalik atau negatif). Hubungan tersebut kuat atau berpengaruh secara nyata antar satu sama lainnya. Parameter debit dan MBAS berkorelasi negatif sangat lemah terhadap keberadaan biota akuatik yang ditemukan di Sungai Ciasem, artinya pengaruh parameter tersebut tidak secara langsung atau memberikan kontribusi yang sedikit terhadap keberadaan biota di perairan. Sementara parameter DO dan suhu berkorelasi positif dengan ketiga biota tersebut, artinya peningkatan kandungan DO dan suhu pada air Sungai Ciasem akan menyebabkan terjadinya peningkatan struktur komunitas makrozoobenthos, fitoplankton, maupun bakteri koliform di Sungai Ciasem.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas air dan keberaan biota akuatik di Sungai Ciasem ialah debit sungai. Debit sungai dipengaruhi oleh kecepatan arus dan luas penampang sungai. Kelangsungan hidup biota akuatik, terutama plankton, sangat dipengaruhi oleh kecepatan arus dan debit sungai. Semakin tinggi debitnya, maka keberadaan fitoplankton akan semakin sedikit, karena fitoplankton akan terbawa arus sungai (Mailisa et al., 2021). Oleh sebab itu, korelasi debit sungai dengan keberadaan biota akuatik ialah negatif.

Parameter lain yang memiliki korelasi dengan struktur komunitas dan kepadatan makrozoobenthos ialah suhu. Suhu berperan penting dalam proses metabolisme benthos di dasar perairan. Peningkatan suhu di perairan menyebabkan konsumsi oksigen benthos di perairan semakin besar, sehingga kandungan oksigen terlarut akan menurun dalam air (Wahab et al., 2019). Selain itu, keberadaan makrozoobenthos dalam perairan juga dipengaruhi oleh suhu, karena suhu akan membatasi pola persebaran secara geografis makrozoobenthos di perairan. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan makrozoobenthos berada dalam rentang 25 – 31°C, sementara suhu yang mampu mendukung kehadiran makrozoobenthos di perairan ialah 31 – 32°C (Prihatin et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan Jabnabillah & Margina, (2022) menyebutkan bahwa penentuan tingkat keeratan hubungan antarvariabel penting dilakukan untuk mengetahui parameter yang sangat berpengaruh terhadap keberadaan dan jumlah jenis biota akuatik yang ditemukan. Hal tersebut agar upaya pengelolaan yang dilakukan terfokus pada parameter kunci tersebut. Meskipun demikian, galat atau eror dari hasil uji statistik tersebut akan sangat besar apabila pengambilan sampel hanya dilakukan dalam satu kali (Wulansari, 2021). Oleh sebab itu, upaya pengelolaan yang akan dilakukan tidak hanya terfokus pada parameter kunci, namun pada semua parameter dan memastikan bahwa air limbah hasil pengolahan IPAS di TPST Bantargebang masih memenuhi standar mutu yang ditetapkan sebelum dibuang ke Sungai Ciasem.

3.5. Pembaharuan dan Pengelolaan Penelitian

1. Berdasar pada hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kondisi kualitas air Sungai Ciasem pada bagian hulu, tengah, maupun hilir telah tercemar bahan

organik, nutrien, minyak lemak, MBAS, dan partikel terlarut. Bagian hulu dan tengah Sungai Ciasem telah tercemar BOD, amonia, COD, TDS, H₂S, dan TSS. Bagian hilir Sungai Ciasem menerima akumulasi masukan bahan organik dan nutrien dari hulu dan tengah. Meskipun demikian, beberapa parameter kualitas air mengalami penurunan di hilir sungai karena terdapat IPA bersama antara Provinsi DKI Jakarta dengan Provinsi Jawa Barat (Kota Bekasi). IPA Bersama saat ini dikelola oleh Pemerintah Kota Bekasi, lalu pada Tahun 2025 direncanakan kerjasama terkait TPST Bantargebang antara Provinsi DKI Jakarta dengan Pemerintah Kota Bekasi akan dilakukan. Hasil penelitian ini didukung dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Kurniasari & Aprianti, (2020), yang menyebutkan bahwa bagian hulu Sungai Ciasem telah tercemar sedang, dan terus meningkat hingga ke hilir menjadi tercemar berat. Parameter BOD dan COD dari hulu hingga hilir sungai telah melampaui baku mutu sesuai peruntukan Sungai Ciasem.

2. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Purnama, (2018) menyebutkan bahwa Sungai Ciasem telah tercemar TSS, COD, seng, tembaga, fosfat dan DO yang rendah. Penurunan kandungan DO mengakibatkan rendahnya tingkat keanekaragaman dan jumlah biota perairan di Sungai Ciasem, serta banyak biota perairan yang mengalami kematian. Penelitian tersebut selaras dengan hasil saat ini, yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan status kualitas air Sungai Ciasem, dimana pada Tahun 2020 terindikasi tercemar sedang hingga berat dari hulu ke hilir, sedangkan pada Tahun 2024 menjadi tercemar berat dari hulu hingga hilir.
3. Penelitian ini juga melakukan pembaharuan dari penelitian sebelumnya, yaitu mengidentifikasi keberadaan makrozoobenthos, fitoplankton, dan bakteri koliform yang hidup pada kondisi perairan telah tercemar berat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jenis makrozoobenthos yang ditemukan mendominasi Sungai Ciasem ialah ordo Diptera dan Gastropoda dari famili Chironomidae dan Thiaridae, sehingga mengindikasikan Sungai Ciasem berdasarkan SIGNAL 2 tercemar berat oleh bahan organik dan nutrien (amonia). Sementara jenis fitoplankton yang ditemukan mendominasi Sungai Ciasem ialah famili Cyanophyta dan Euglenophyta, sehingga mengindikasikan Sungai Ciasem berdasarkan Indeks Saprobik telah tercemar sedang hingga berat akibat masukan nutrien (amonia dan fosfat). Lalu, keberadaan bakteri *E.coli* yang cukup melimpah dan telah melampaui baku mutu pada Sungai Ciasem, mengindikasikan bahwa Sungai Ciasem telah tercemar akibat masukan bahan organik dan feses.
4. Upaya pengelolaan yang dapat dilakukan untuk mengatasi pencemaran bahan organik dan partikel terlarut di Sungai Ciasem ialah dengan melakukan pemantauan kualitas air serta keberadaan biota akuatik secara berkala pada bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Ciasem. Selain itu, perlu dilakukan optimalisasi pengelolaan di bagian hulu Sungai Ciasem, seperti larangan membuang limbah rumah tangga pada saluran yang bermuara ke Sungai Ciasem, dan melakukan restorasi pada lahan kritis Sungai Ciasem di bagian hulu. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir aliran limbah rumah tangga yang langsung masuk ke sungai, agar kualitas air Sungai Ciasem tidak tercemar. Pihak pengelola TPST Bantargebang juga harus memastikan kinerja IPAS di TPST Bantargebang telah optimal sehingga limbah yang dihasilkan dari

pengolahan IPAS telah memenuhi dan sesuai standar mutu yang ditetapkan sebelum dibuang ke Sungai Ciasem. Minimnya informasi yang diperoleh ketika pengambilan sampel memunculkan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, yaitu melakukan pengukuran dan pengambilan sampel secara berkala setiap sebulan sekali, minimal selama enam bulan, untuk memastikan pengaruh musim hujan terhadap debit dan kualitas air Sungai Ciasem.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi kualitas air Sungai Ciasem berdasarkan perbandingan hasil pengukuran dengan baku mutu PPRI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI, baku mutu air sungai kelas II, ialah di bagian hulu dan dan tengah sungai telah tercemar bahan organik, partikel terlarut, dan nutrisi. Sementara bagian hilir menerima akumulasi bahan pencemar tersebut, namun telah diolah terlebih dahulu pada IPA bersama. Parameter yang telah melampaui baku mutu di aliran Sungai Ciasem ialah adanya sampah, aroma air sungai yang berbau, konsentrasi TDS, TSS, warna, BOD, COD, DO, nitrit, amonia, fosfat, H₂S, total fenol, kromium heksavalen, minyak dan lemak, MBAS, fecal dan total koliform, serta *E. coli*. Parameter yang masih memenuhi baku mutu di aliran Sungai Ciasem ialah pH, sulfat, nitrat, klorin, klorida, total nitrogen, sianida, fluorida, barium, boron, arsen, selenium, kadmium, kobalt, mangan, nikel, seng, tembaga, merkuri, besi, dan timbal.
2. Struktur komunitas makrozoobenthos di bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Ciasem yaitu indeks keanekaragaman rendah sebagai indikasi perairan tercemar sedang hingga berat, indeks dominansi rendah sebagai indikasi perairan telah tercemar, dan indeks keseragaman tinggi sebagai indikasi perairan telah tercemar. Organisme makrozoobenthos sebagai bioindikator Sungai Ciasem tercemar bahan organik dan nutrisi ialah jenis Chironomidae dan Thiaridae. Struktur komunitas fitoplankton di bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Ciasem yaitu indeks keanekaragaman dan dominansi sedang hingga rendah sebagai indikasi perairan telah tercemar sedang hingga sangat berat, serta indeks keseragaman relatif sedang sebagai indikasi perairan telah tercemar. Jenis fitoplankton sebagai bioindikator Sungai Ciasem tercemar nutrisi ialah dari famili Cyanophyta dan Euglenophyta. Kelimpahan fecal dan total koliform, serta *E. coli* telah melampaui baku mutu. Keberadaan fecal dan total koliform, serta *E.coli* dijadikan sebagai bioindikator Sungai Ciasem tercemar bahan organik.
3. Struktur komunitas makrozoobenthos berkorelasi dengan kualitas air Sungai Ciasem yaitu parameter suhu, DO, BOD, COD, dan H₂S. Struktur komunitas fitoplankton berkorelasi dengan kualitas air Sungai Ciasem yaitu parameter debit sungai, amonia, total N, minyak dan lemak, dan TDS. Kelimpahan bakteri koliform berkorelasi dengan kualitas air Sungai Ciasem yaitu parameter COD, BOD, TSS, dan MBAS.

4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini ialah:

1. Perlu adanya optimalisasi pengelolaan di bagian hulu Sungai Ciasem, seperti larangan membuang limbah rumah tangga pada saluran yang bermuara ke Sungai Ciasem, dan melakukan restorasi pada lahan kritis Sungai Ciasem di bagian hulu. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir aliran limbah rumah tangga yang langsung masuk ke sungai, agar kualitas air Sungai Ciasem tidak tercemar.

2. Perlu adanya inventarisasi dan pemantauan secara berkala terhadap keberadaan biota akuatik berupa nekton, neuston, maupun perifiton yang berada di Sungai Ciasem. Pemantauan dapat dilakukan menggunakan bioindikator pencemaran perairan yang ditemukan pada hasil penelitian ini.
3. Perlu adanya optimalisasi operasional IPAS di TPST Bantargebang agar dapat memastikan limbah hasil olahan IPAS masih memenuhi dan sesuai standar mutu yang ditetapkan sebelum dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M. R., Moss, M. O. 2008. *Food Microbiology: Third Edition*. United Kingdom (UK). Royal Society of Chemistry.
- Afwa, R. S., Muskananfola, M. R., Rahman, A., Suryanti, Sabdaningsih, S. 2021. Analysis of The Load and Status of Organic Matter Pollution in Beringin River Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 10(3), 169-178.
- Amizera, S., Ridho, M.R., Saleh, E. 2015. Kualitas Perairan Sungai Kundur Berdasarkan Biotic Index dan Biotilik. *Maspari J*. 7(2), 51–56.
- Andriani, A., Damar, A., Rahardjo, M., Charles P. H. Simanjuntak, Aries, A., & Reiza, M. A. 2017. Kelimpahan Fitoplankton Dan Perannya Sebagai Sumber Makanan Ikan Di Teluk Pabean, Jawa Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(2), 133–144.
- Anisa, N. 2022. Analisis Kualitas Air Lindi di TPA Bakung dengan Penambahan Ekoenzim Jeruk Siam (*Citrus nobilis*) Berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia [thesis]. Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Lampung.
- [APHA] American Public Health Association. 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Ed ke-23. Ohio (US). American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF).
- Aprillina, E. N., Kusumawardani, S. W. D., Adiba, I. W. 2023. Sebaran Kandungan Amonia (NH₃) di Aliran Sungai Desa Pejagan, Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Universitas Muslim Indonesia*. 3, 68-76.
- Apriyanti, Padmarsari, W., Hurriyani, Y., Hadinata, F. R. 2023. Perifiton sebagai Bioindikator di Perairan Kawasan Pulau Pedalaman Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*. 7(1), 28-34. DOI: 10.29244/jpopt.v7i1.43987
- Arnelli. 2010. Substitusi Surfaktan dari Larutan Detergen dan Larutan Detergen Sisa Cucian serta Penggunaannya Kembali sebagai Detergen. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 13(1), 4-7.
- Arviani, V. I., Rachmadiarti, F., Ambarwati, R. 2018. Keanekaragaman Makrofauna dan Makroflora Air di Waduk Sumengko Kabupaten Gresik. *Lentera Bio*. 7(2), 121-126.
- Aryawati, R. 2021. Fitoplankton Sebagai Bioindikator Pencemaran Organik Di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 163–171. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i1.25498>.
- Askar, A.T., Agung, M. U. K., Andriani, Y., Yuliadi, L. P. 2018. Kelimpahan Bakteri Coliform Pada Air Laut, Sedimen, Dan Foraminifera Jenis *Calcarina* Di Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(1), 36 – 41.
- Aswan, M., Darlian, L., Yanti, N. A. 2017. Analisis Bakteri Koliform dan Patogen Depot Air Minum Kecamatan Mandonga Kota Kendari [Tesis]. Sulawesi Tenggara (ID), Universitas Halu Oleo.
- Atima, W. 2015. BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Journal of Biology Science and Education*. 4(1), 83-93.

- Ayu, D.M., Nugroho, A.S., Rahmawati, R.C. 2015. Keanekaragaman Gastropoda Sebagai Bioindikator Pencemaran Lindi TPA Jatibarang di Sungai Kreo Kota Semarang. *Jurnal Biologi, Sains, Lingkungan*. 17(03), 700-707.
- Azizah, M., Humairoh, M. 2015. Analisis Kadar Amonia (NH₃) dalam Air Sungai Cileungsi. *Jurnal Nusa Sylva*. 15(1), 47-54.
- Bartram, J., Balance, R. 1996. *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to The Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. CRS Press.
- Brower, J., Zar, J., Von Ende, C. 1990. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Ed Ke-3. Iowa (US). Wm C Brown Co Publisher.
- Chessman, B. C. 1995. Rapid Assessment of Rivers Using Macro-invertebrates: A Procedure Based On Habitat-Specific Sampling, Family Level Identification and a Biotic Index. *Aust J. Ecology*, 20(1), 122-129. doi:10.1111/j.14429993.1995.tb00526.x.
- Chessman, B. C. 2003. *A Scoring System for Macro-Invertebrates (Water Bugs) in Australian Rivers*. Canberra. Department of Environmental Heritage.
- Devi, N. M. M. C., Bayupati, I. P. A., Wirdiani, N. K. A. 2022. Prediksi Curah Hujan Dasarian dengan Metode Vanilla RNN dan LSTM untuk Menentukan Awal Musim Hujan dan Kemarau. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*. 8(3), 405 - 411.
- Dresscher, G.N., Van der Mark, H. 1976. A Simplified Method For The Biological Assessment of The Quality of Fresh and Slightly Brackish Water. *Journal Hydrobiologia*, 48(3), 199 – 201.
- Effendie, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID). Kanisius.
- Elsya, J.R., Riyadi, A., Ilyas, N.I. 2020. Adsorpsi Logam Berat dengan Zeolit Pada Sungai Kali Asem Bantar Gebang. *Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*, 1(1), 1-7.
- Fadhilah, I., & Fitria, L. 2020. Analisis Kadar Kadmium dan Beberapa Parameter Kunci pada Air Lindi di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantar Gebang Tahun 2018 Abstrak. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, 1(1), 36–45.
- Gobel, R. B. 2008. *Mikrobiologi Umum Dalam Praktek*. Makassar (ID). Universitas Hasanuddin.
- Haribi, R., Yusron, K. 2010. Pemeriksaan *E. coli* pada Air Bak Wudhu 10 Masjid di Kecamatan Tlogosari Semarang. *Jurnal Kesehatan*. 3(1), 21-26.
- Hasibuan, E. S. F., Supriyantini, E., Sunaryo. 2021. Pengukuran Parameter Bahan Organik di Perairan Sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. *Oseanografi Marina*. 10(3), 299-306.
- Herawati, T., Susatya, A., Uker, D., Brata, B., Barchia, M. F. 2023. Kajian Banjir dan Karakteristik Curah Hujan di Kota Bengkulu. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 12(3), 131-137. <https://doi.org/10.31186/naturalis.12.2.30754>
- Hidayani, M.T. 2015. Struktur Komunitas Makrozoobenthos sebagai Indikator Biologi Kualitas Perairan Sungai Tallo, Kota Makassar. *Jurnal Agrokompleks*, 4(9), 90-96.
- Holt, E.A., Miller, S.W. 2011. *Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental*

- Impacts. *Nat Educ Knowl*, 2(2), 8.
- Hun Kyun, B. 2013. Changes of River's Water Quality Responded to Rainfall Events. *Environment and Ecology Research*. 1(1), 21-25. <http://dx.doi.org/10.13189/eer.2013.010103>
- Ishak, N. I., Ishak, E., Effendy, I. J., & Fekri, L. 2023. Analisis Kandungan Logam Berat Pada Air Sungai Martapura , Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022 Analysis of Heavy Metal Content in Martapura River Water , South Kalimantan Province in 2022. *JURNAL SAINS Dan INOVASI PERIKANAN*, 7(1), 35–41.
- Jabnabillah, F., Margina, N. (2022). Analisis Korelasi Pearson dalam Menentukan Hubungan Antara Motivasi Belajar dengan Kemandirian Belajar pada Pembelajaran Daring. *Jurnal Sintak*. 1(1), 12-18.
- Johnson, R.A., Winchern, D.W. 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis: Fourth Edition*. New Jersey. Prentice-Hall International Inc.
- Jonizar, Utari, R. 2019. Analisa Curah Hujan untuk Pendugaan Debit Puncak pada DAS Aur Kecamatan Seberang Ulu II Palembang. *Jurnal UM Palembang*. 6(1), 16-23.
- Kinanti, T.E., Rudiyaniti, S., Purwanti, F. 2014. Kualitas Perairan Sungai Bremi Kabupaten Pekalongan Ditinjau dari Faktor Fisika-Kimia Sedimen dan Kelimpahan Hewan Makrobentos. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1), 160-167.
- Koushali, H. P., Mastouri, R., Khaledian, M. R. 2021. Impact of Precipitation and Flow Rate Changes on the Water Quality of a Coastal River. *Hindawi Virabtion*. 1(13), 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/6557689>
- Krebs, C.J. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance: Third Edition*. New York(US). Harper and Row Publisher.
- Kurniasari, O., & Aprianti, L. 2020. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Asem Di Sekitar Tpst Bantar Gebang Dan Tpa Sumur Batu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(2), 73–88. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2020.26.2.6>
- Kurniawati, A., Nugroho, A. S., Kuswinarni, F. 2015. Dampak Lindi TPA Jatibarang terhadap Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton di Perairan Sungai Kreo Kota Semarang. *Jurnal Biologi, Sains, dan Lingkungan*. 15(7). 708-713.
- Labupili, A. G. A., Dewi, I. J. P., Heriansyah, F. A. 2018. Plankton Sebagai Indikator Pencemaran Perairan di Kawasan Pelabuhan yang Dijadikan Tempat Pendaratan Ikan di Bali. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*. 1(1), 22 - 29.
- Latif, R. A., Wewengkang, D. S., Rotinsulu, H. 2019. Uji Daya Hambat Organisme Laut Spons *Amphimedon* sp. Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, Dan Jamur *Candida albicans*. *Jurnal Pharmacon*, 8(3), 561 – 570.
- Mahardika, D. I., Salami, I. R. S. 2012. Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat pada Air dan Sedimen Aliran Sungai dari Air Lindi TPA Sari Mukti. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 18(1), 30-42.
- Mailisa, E. R., Yulianto, B., Warsito, B. 2021. Strategi Peningkatan Kualitas Air Sungai: Studi Kasus Sungai Sani. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Teknologi*. 17(2), 101-114.
- Metcalfe, J., Smith. 1994. Biological Water-Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities. Petts, G., Callow, P., editor. Oxford. Blackwell Scientific Publication.

- Mushthofa, A., Rudiyaniti, S., Muskanonfola, M.R. 2014. Analisis Struktur Komunitas Makrozoobenthos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(1), 81-88.
- Nugroho, A. 2006. Bioindikator Kualitas Air. Jakarta (ID). Universitas Trisakti Press.
- Nontji, A. 2008. *Plankton Laut*. Jakarta (ID). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indoensia (LIPI) Press.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut*. Jakarta (ID). Gramedia Pustaka Utama.
- Odum, E.P. 1993. *Fundamental of Ecology Part 3*. Dalam Srigandono dan Samingan, T. (Terj), *Dasar-Dasar Ekologi-Buku-3*. Yogyakarta(ID). Gajah Mada University Press.
- [PRI] Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Prihatin, N., Melani, W. R., Muzammil, W. 2021. Struktur Komunitas Makrozoobenthos dan Kaitannya dengan Kualitas Perairan Kampung Baru Desa Sebond Lagoi Kabupaten Bintan. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*. 5(1), 20-28.
- Purnama, A.W. 2018. Analisis Kualitas Air Sungai Kali Asem Kecamatan Bantargebang Kota Bekasi Menggunakan Metode Storet [Skripsi]. Jakarta (ID). Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
- Putro, B.E., Masrofah, I. 2019. Kualitas Fisik dan Kimia Sungai Citarum yang Bermuara ke Waduk Cirata di Wilayah Kabupaten Cianjur. *JIUBJ*, 19(3), 628-633.
- Rahayu, Y., Juwana, I., Marganingrum, D., & Lingkungan, T. 2018. *264488-Kajian-Perhitungan-Beban-Pencemaran-Air-D5082Fae*. 2(1), 61–71.
- Ramadhan, F., Rijaluddin, A.F., Assuyuti, M. 2016. Studi Indeks Saprobik dan Komposisi Fitoplankton pada Musim Hujan di Situ Gunung, Sukabumi, Jawa Barat. *Journal of Biology*, 9(2), 95 – 102.
- Ramadhania, S., Priyanti, Yunita, E. 2015. Fitoplankton Sebagai Bioindikator Saprobitas Perairan di Situ Bulakan Kota Tangerang. *Jurnal Biologi*, 8(2), 113 – 143.
- Rapii, M., Majdi, M. Z., Zain, R., & Aini, Q. 2021. Pengelolaan Sampah Secara Terpadu Berbasis Lingkungan Masyarakat Di Desa Rumbuk. *Dharma Raflesia : Jurnal Ilmiah Pengembangan Dan Penerapan IPTEKS*, 19(1), 13–22. <https://doi.org/10.33369/dr.v19-i1.13201>
- Ratumbanua, F. J., Waouw, F., Akili, R. H. 2021. Identifikasi Kandungan *E. coli* pada Air Sumur Gali dan Konstruksi Sumur di Desa Poopoh Kecamatan Tombariri. *Jurnal Kesmas*. 10(6), 124-133.
- Riky, R. 2019. Identifikasi Adanya Bakteri *E. coli* pada Air Sungai Arut Pangkalan Bun. *Jurnal Borneo Cendekia*. 3(1), 107-112.
- Rochon, K., Hogsette, J. A., Kaufman, P. E., Olafson, P. U., Swiger, S. L., Taylor, D. B. 2021. Kebutuhan Biologi dan Pengelolaan Diptera. *Jurnal Pengendalian Hama Terpadu*. 12(1), 1-23.
- Romimohtarto, K., Juwana, S. 2005. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biologi Laut*. Jakarta (ID). Djambatan.
- Salimah, Amintarti, S., Ajizah, A. 2023. Kajian Keragaman Mikroalga di Kawasan Rawa Komplek Persada Permai Baru. *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan*. 7(1), 155-169.

- Sastrawijaya, A. T. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta (ID), Rineka Cipta.
- Satriarti, R. B., Pahwestari, S. W., Merliyana, Widiyanti, N. 2018. Penentuan Tingkat Pencemaran Sungai Berdasarkan Komposisi Makrozoobenthos sebagai Bioindikator. *Jurnal Kimia*. 5(2), 57-61.
- Satrio, Ristin, E. 2015. Karakteristik Air Tanah Akuifer dalam Sekitar Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebang-Bekasi, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Schmidt, H., Scheef, J., Huppertz, H. I., Frosch, M., Karch, H. 1999. Strain yang Tidak Menghasilkan Toksin namun Menyebabkan Diare. *J. Clin Mikrobiol*. 37(11), 3491-3496. doi: 10.1128/jcm.37.11.3491-3496.1999
- Simanjuntak, S. L., Muskananfolo, M. R., Taufani, W. T. 2018. Analisis Tekstur Sedimen dan Bahan Organik Terhadap Kelimpahan Makrozoobenthos di Muara Sungai Jajar, Demak. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 7(4), 423-430.
- Smith, M.J. 2021. *Statistical Analysis*. Australia (AUS). The Winchelsea Press.
- Sudarso, J., Wardiatno, Y. 2024. *Penilaian Status Mutu Sungai dengan Indikator Makrozoobenthos*. Bogor (ID). Pena Nusantara.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RND*. Bandung (ID). Alfabeta.
- Suhry, H. C., Soeprobowati, T. R., Saraswati, T. T., Jumari. 2020. Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Danau Galela. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 18(2), 236-241.
- Sukwika, R., Noviana, L. 2020. Status Keberlanjutan Pengelolaan Sampah Terpadu di TPST Bantargebang Bekasi: Menggunakan Rapsfish dengan R Statistik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 107-118.
- Suniarsih, E., Fajri, N. E., Adriman, Sanodri, T., Ritonga, R. M. 2018. Komunitas Makrozoobenthos Sebagai Bioindikator Pencemaran di Perairan Sungai Siak, Pekanbaru. *Journal of Environmental, Hisytory, and Heritage*. 2(1), 19-28.
- Taylor, R. 1990. Interpretation of The Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 6(1), 35 – 39.
- UPTST, 2020. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang. <https://upstdlh.id/tpst/index> diakses pada tanggal 01 Oktober 2023.
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nurfitriani, N., Ulfindrayani, I. F. 2018. Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya Menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia*. 3(1), 127-140.
- Wahab, I., Madduppa, H., Kawaroe, M., Nurafni. 2019. Analisis Kepadatan Makrozoobenthos pada Fase Bulan Berbeda di Lamun, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 10(1), 93-107.
- Warman, I. 2015. Uji Kualitas Air Muara Sungai Lais untuk Perikanan di Bengkulu Utara. *J. Agroqua*, 13(2), 24 – 33.
- Widhiandari, P. F. A., Watiniasih, N. L., & Pebriani, D. A. A. 2021. Bioindikator Makrozoobenthos Dalam Penentuan Kualitas Perairan Di Tukad Mati Badung, Bali. *Current Trends in Aquatic Science IV*, 4(1), 49–56.

- Wilhm, J.L., Dorris, T.C. 1968. Biological Parameters for Water Quality Criteria. *Bioscience*, 18(6), 477 – 481.
- Wulandari, N., Perwira, I. Y., Ernawati, N. M. 2021. Profil Kandungan Fosfat pada Air di Daerah Aliran Sungai Tukad Ayung, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 4(2), 108-115.
- Wulansari, I. 2021. Galat dalam Pemodelan dan Peramalan. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. 1(3), 159-163.
- Yang, S. H., Ahn, H. K., Kim, B. S., Chang, S. S., Chung, K. Y., Lee, E. M., Ki, K. S., & Kwon, E. G. 2017. Comparison of bacterial communities in leachate from decomposing bovine carcasses. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(11), 1660–1666. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0553>.
- Zeng, Y., Bi, C., Jia, J., Deng, L., Chen, Z. 2020. Impact of Intensive Land Use On Heavy Metal Concentrations and Ecological Risks in An Urbanized River Network of Shanghai. *Journal of Ecological Indicators*, 116, 217 – 231.
- Zhang, W., Yue, B., Wang, Q., Huang, Z., Huang, Q., & Zhang, Z. 2011. Bacterial community composition and abundance in leachate of semi-aerobic and anaerobic landfills. *Journal of Environmental Sciences*, 23(11), 1770–1777. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60613-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60613-4).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan dan Pengujian Sampel



Lampiran 2 Data Kualitas Air Sungai Ciasem (Periode 2024)

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|----|----------------|-------------------|-----------|--------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------|
| 1 | Suhu | °C | - | 31,9 | 30,7 | 30,2 | 29,7 |
| 2 | Debit | m ³ /s | - | 0,72 | 0,85 | 1,18 | 1,21 |
| 3 | Sampah | - | Nil | Ada | Ada | Ada | Ada |
| 4 | Kebauan | - | Odorless | Bau | Bau | Bau | Bau |
| 5 | TDS | mg/L | 1.000 | 2.272 | 1.811 | 1.932 | 925 |
| 6 | TSS | mg/L | 50 | 221 | 391 | 381 | 251 |
| 7 | Warna | Pt-CoUnit | 50 | 73 | 139 | 38 | 20 |
| 8 | Ph | | 6 – 9 | 6,8 | 7,2 | 6,8 | 6,9 |
| 9 | BOD | mg/L | 3 | 565 | 1.216 | 823 | 742 |
| 10 | COD | mg/L | 25 | 742 | 1.591 | 1.127 | 978 |
| 11 | DO | mg/L | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 12 | Sulfat | mg/L | 300 | 23 | 21 | 71 | 38 |
| 13 | Klorida | mg/L | 300 | 292 | 199 | 242 | 278 |
| 14 | Nitrat | mg/L | 10 | 4 | 1 | 1 | 3 |
| 15 | Nitrit | mg/L | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 0,04 |
| 16 | Amonia | mg/L | 0,2 | 15,5 | 27,9 | 14,6 | 15,7 |
| 17 | Total Nitrogen | mg/L | 15 | 10,3 | 12,8 | 14,6 | 14,9 |
| 18 | Fosfat | mg/L | 0,2 | 2,2 | 4,5 | 3,7 | 2,8 |
| 19 | H2S | mg/L | 0,002 | 0,588 | 0,043 | 0,048 | 0,044 |
| 20 | CN- | mg/L | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 21 | Klorin | mg/L | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| 22 | Fluorida | mg/L | 1,5 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 |
| 23 | Barium | mg/L | - | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 24 | Boron | mg/L | 1 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| 25 | Arsen | mg/L | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 26 | Selenium | mg/L | 0,05 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| 27 | Kadmium | mg/L | 0,01 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| 28 | Cobalt | mg/L | 0,2 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| 29 | Mangan | mg/L | 0,1 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 30 | Nikel | mg/L | 0,05 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| 31 | Seng | mg/L | 0,05 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 |
| 32 | Tembaga | mg/L | 0,02 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| 33 | Raksa | mg/L | 0,002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 34 | Besi | mg/L | 0,3 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| 35 | Timbal | mg/L | 0,3 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| 36 | Total Fenol | mg/L | 0,005 | 0,234 | 0,18 | 0,209 | 0,19 |
| 37 | Cr6+ | mg/L | 0,05 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,05 |
| 38 | Oil and Grease | mg/L | 1 | 18 | 24 | 18 | 15 |
| 39 | MBAS | mg/L | 0,2 | 1,7 | 2,1 | 1,5 | 1,1 |
| 40 | Fecal Coliform | MPN/100 mL | 1.000 | 365.500 | 416.250 | 353.400 | 210.525 |

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|----|----------------|------------|-----------|--------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------|
| 41 | Total Coliform | MPN/100 mL | 5.000 | 565.600 | 646.400 | 544.500 | 328.500 |
| 42 | E. Coli | CFU/100 MI | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Sumber : Data Primer, 2024

Keterangan : Hasil bercetak tebal telah melampaui baku mutu menurut PPRI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI Kelas II

Lampiran 3 Data Kualitas Air Sungai Ciasem (Periode 2021 - 2023)

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Periode Pemantauan | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|----|-----------|--------|-----------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|
| 1 | TDS | mg/L | 1.000 | 2021 | 310 | 1263 | 1841 | 2890 |
| | | | | 2022 | 290 | 1112 | 1769 | 2890 |
| | | | | 2023 | 882 | 1675 | 1941 | 2724 |
| 2 | TSS | mg/L | 50 | 2021 | 1048 | 844 | 414 | 384 |
| | | | | 2022 | 36 | 34 | 36 | 45 |
| | | | | 2023 | 350 | 300 | 194 | 188 |
| 3 | pH | - | 6-9 | 2021 | 6,8 | 7,2 | 7,6 | 7,1 |
| | | | | 2022 | 7,0 | 7,9 | 7,5 | 7,1 |
| | | | | 2023 | 7,7 | 7,2 | 7,9 | 7,0 |
| 4 | BOD | mg/L | 3 | 2021 | 510 | 813 | 705 | 562 |
| | | | | 2022 | 598 | 889 | 922 | 612 |
| | | | | 2023 | 535 | 1.153 | 771 | 685 |
| 4 | COD | mg/L | 25 | 2021 | 676 | 1.066 | 929 | 610 |
| | | | | 2022 | 781 | 1.161 | 1.209 | 659 |
| | | | | 2023 | 699 | 1.506 | 1.007 | 712 |
| 5 | DO | mg/L | 4 | 2021 | 4,3 | 4,0 | 4,0 | 4,6 |
| | | | | 2022 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 4,4 |
| | | | | 2023 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,3 |
| 5 | Nitrat | mg/L | 10 | 2021 | 0,1 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| | | | | 2022 | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| | | | | 2023 | 2 | 2,2 | 2,7 | 2,6 |
| 6 | Nitrit | mg/L | 0,06 | 2021 | 0,072 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| | | | | 2022 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| | | | | 2023 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| 7 | Amonia | mg/L | 0,2 | 2021 | 1,27 | 6,7 | 12,1 | 34,9 |
| | | | | 2022 | 1,27 | 13,4 | 22,9 | 32,6 |
| | | | | 2023 | 3,2 | 11,2 | 19,7 | 25,1 |
| 8 | Total N | mg/L | 15 | 2021 | 10,3 | 10,3 | 28,1 | 14,7 |
| | | | | 2022 | 10,3 | 10,3 | 10,3 | 11,6 |
| | | | | 2023 | 10,3 | 10,3 | 88,0 | 10,2 |
| 9 | Kadmium | mg/L | 0,01 | 2021 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| | | | | 2022 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| | | | | 2023 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 10 | Mangan | mg/L | 0,1 | 2021 | 0,039 | 0,41 | 0,57 | 1,08 |
| | | | | 2022 | 0,33 | 0,31 | 0,45 | 0,55 |
| | | | | 2023 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 11 | Seng | mg/L | 0,05 | 2021 | 0,37 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| | | | | 2022 | 0,37 | 0,3 | 0,3 | 0,08 |
| | | | | 2023 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 12 | Tembaga | mg/L | 0,02 | 2021 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,031 |
| | | | | 2022 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,031 |
| | | | | 2023 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 13 | Merkuri | mg/L | 0,002 | 2021 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| | | | | 2022 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| | | | | 2023 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 14 | Besi | mg/L | 0,3 | 2021 | 3,8 | 3,2 | 4,1 | 6,9 |
| | | | | 2022 | 0,47 | 0,3 | 0,6 | 1,45 |
| | | | | 2023 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 15 | Timbal | mg/L | 0,3 | 2021 | 0,24 | 0,18 | 0,15 | 0 |
| | | | | 2022 | 0,24 | 0,12 | 0,1 | 0 |
| | | | | 2023 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Periode Pemantauan | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|----|----------------|------------|-----------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|
| 16 | Total Coliform | MPN/100 mL | 5.000 | 2021 | 755 | 1274 | 1121 | 896 |
| | | | | 2022 | 743 | 892 | 885 | 874 |
| | | | | 2023 | 10472 | 13395 | 17139 | 18855 |

Sumber : Data Pemantauan KBL Lab, 2021 – 2023

Keterangan : Hasil bercetak tebal telah melampaui baku mutu menurut PPRI No. 22 Tahun 2021
Lampiran VI Kelas II

Lampiran 4 Struktur Komunitas Fitoplankton dan Makrozoobenthos

| Genus | FITOPLANKTON | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|
| | Kelimpahan Lokasi Pengamatan | | | | Pi Lokasi Pengamatan | | | | Pi Ln Pi Lokasi Pengamatan | | | |
| | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
| CYANOPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oscillatoria limosa</i> | 614.400 | 399.280 | 0 | 355.080 | 0,26 | 0,09 | 0 | 0,17 | -0,3501 | -0,217 | 0 | -0,3003 |
| <i>Spirulina</i> sp. | 328.800 | 0 | 0 | 295.680 | 0,14 | 0 | 0 | 0,14 | -0,2742 | 0 | 0 | -0,2758 |
| <i>Homoeothrix</i> sp. | 381.600 | 266.600 | 0 | 464.640 | 0,16 | 0,06 | 0 | 0,22 | -0,2943 | -0,1692 | 0 | -0,3335 |
| EUGLENOPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Euglena viridis</i> | 181.200 | 207.080 | 224.900 | 283.800 | 0,08 | 0,05 | 0,13 | 0,13 | -0,1968 | -0,1432 | -0,267 | -0,2702 |
| <i>Euglena hematoides</i> | 0 | 0 | 239.200 | 232.320 | 0 | 0 | 0,14 | 0,11 | | | -0,275 | -0,2433 |
| CHAROPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Closterium</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 157.080 | 0 | 0 | 0 | 0,07 | 0 | 0 | 0 | -0,1937 |
| CHLOROPHYCE | | | | | | | | | | | | |
| AE | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eudorina elegans</i> | 860.400 | 3.555.080 | 1.242.800 | 315.480 | 0,36 | 0,80 | 0,73 | 0,15 | -0,3679 | -0,1763 | -0,2310 | -0,2845 |
| Jumlah kelimpahan | 2.366.400 | 4.428.040 | 1.706.900 | 2.104.080 | | | | | | | | |
| Jumlah taksa | 5 | 4 | 3 | 7 | | | | | | | | |
| H' | | | | | | | | | 1,48 | 0,71 | 0,77 | 1,90 |
| E | | | | | | | | | 0,92 | 0,51 | 0,70 | 0,98 |
| C | | | | | | | | | 0,251 | 0,659 | 0,567 | 0,155 |

Sumber : Data Primer, 2024

| Genus | MAKROZOOBENTHOS | | | | | | pi | | | | | | |
|------------------------|--------------------|---------------|--|---------------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--|---------------------|--------------------|---------------|--|
| | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Kepadatan Lokasi Pengamatan Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Kepadatan Lokasi Pengamatan Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Kepadatan Lokasi Pengamatan Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem |
| CHIRONOMIDAE | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chironomous sp.</i> | 14 | 18 | 6 | 18 | 0,25 | 0,31 | 0,23 | 0,33 | -0,3466 | -0,3631 | -0,3383 | -0,3662 | |
| THIARIDAE | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thiara scabra</i> | 16 | 18 | 4 | 16 | 0,29 | 0,31 | 0,15 | 0,30 | -0,3579 | -0,3631 | -0,2879 | -0,3604 | |
| LYMNAEIDAE | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lymnaea sp.</i> | 4 | 2 | 10 | 0 | 0,07 | 0,03 | 0,38 | 0,00 | -0,1885 | -0,1161 | -0,3675 | 0 | |
| BITHYNIDAE | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Bithynia sp.</i> | 6 | 6 | 4 | 0 | 0,11 | 0,10 | 0,15 | 0,00 | -0,2393 | -0,2347 | -0,2879 | 0 | |
| PLEUROCERIDAE | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pleurocera sp.</i> | 6 | 6 | 2 | 8 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,15 | -0,2393 | -0,2347 | -0,1973 | -0,2829 | |
| SIMULIIDAE | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Simulium sp.</i> | 10 | 8 | 0 | 12 | 0,18 | 0,14 | 0,00 | 0,22 | -0,3076 | -0,2732 | 0,0000 | -0,3342 | |
| Jumlah kelimpahan | 56 | 58 | 26 | 54 | | | | | | | | | |
| Jumlah taksa | 6 | 6 | 5 | 4 | | | | | | | | | |
| H' | | | | | | | | | 1,68 | 1,58 | 1,48 | 1,34 | |
| E | | | | | | | | | 0,94 | 0,88 | 0,92 | 0,97 | |
| C | | | | | | | | | 0,204 | 0,234 | 0,254 | 0,270 | |

Sumber : Data Primer, 2024

Lampiran 5 Data Fitoplankton untuk Indeks Saprobik

| Kelas | Lokasi Pengamatan | | | |
|----------------------|--------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|
| | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
| Cyanophyta | 3 | 2 | 0 | 3 |
| Euglenophyta | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Charophyta | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Chlorophyceae | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total | 5 | 4 | 3 | 7 |

Sumber: Data Primer, 2024

Lampiran 6 Data Makrozoobenthos untuk Indeks SIGNAL 2

| Organisme | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|
| CHIRONOMIDAE | | | | |
| <i>Chironomous sp.</i> | 7 | 9 | 3 | 9 |
| THIARIDAE | | | | |
| <i>Thiara scabra</i> | 8 | 9 | 2 | 8 |
| LYMNAEIDAE | | | | |
| <i>Lymnaea sp.</i> | 2 | 1 | 5 | 0 |
| BITHYNIIDAE | | | | |
| <i>Bithynia sp.</i> | 3 | 3 | 2 | 0 |
| PLEUROCERIDAE | | | | |
| <i>Pleurocera sp.</i> | 3 | 3 | 1 | 4 |
| SIMULIIDAE | | | | |
| <i>Simulium sp.</i> | 5 | 4 | 0 | 6 |

Sumber: Data Primer, 2024

Lampiran 7 Data Bakteri Koliform

| Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hulu Sungai Ciasem | Outlet IPAS 3 | Pertemuan S. Cikeuting dan S. Ciasem | Hilir Sungai Ciasem |
|------------------|---------------|------------------|---------------------------|----------------------|---|----------------------------|
| Fecal Coliform | MPN/100 mL | 1.000 | 365.500 | 416.250 | 353.400 | 210.525 |
| Total Coliform | MPN/100 mL | 5.000 | 565.600 | 646.400 | 544.500 | 328.500 |
| E. Coli | CFU/100 mL | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Sumber : Data Primer, 2024

Keterangan : Hasil bercetak tebal telah melampaui baku mutu menurut PPRI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI Kelas II

Lampiran 8 Uji CCA pada Kualitas Air Sungai Ciasem

| Parameter | Axis 1 | Axis 2 |
|----------------------------|------------------|------------------|
| Fecal Coliform | -0,00270628 | 0,000526252 |
| Total Coliform | 0,000426339 | -0,00029692 |
| <i>E. Coli</i> | 0,232327 | 0,114407 |
| <i>Chironomous</i> sp. | 0,465718 | -0,0380884 |
| <i>Thiara scabra</i> | 0,444356 | -0,162964 |
| <i>Lymnaea</i> sp. | -0,545552 | 0,435851 |
| <i>Bithynia</i> sp. | -0,334722 | -0,300933 |
| <i>Pleurocera</i> sp. | 0,599431 | -0,03057 |
| <i>Simulium</i> sp. | 0,76943 | -0,187525 |
| <i>Oscillatoria limosa</i> | 0,484539 | -0,45725 |
| <i>Spirulina</i> sp. | 1,10876 | -0,249222 |
| <i>Homoeothrix</i> sp. | 0,822952 | -0,173063 |
| <i>Euglena viridis</i> | 0,371589 | 0,237776 |
| <i>Euglena hematoides</i> | 0,605971 | 1,05743 |
| <i>Closterium</i> sp. | 2,10532 | 0,835936 |
| <i>Eudorina elegans</i> | -0,170503 | 0,0177695 |
| Suhu | -0,365264 | -0,897596 |
| Debit | 0,968579 | 0,361098 |
| TDS | -0,789892 | -0,569689 |
| TSS | -0,710269 | 0,376698 |
| Warna | -0,540808 | -0,636705 |
| Ph | -0,162481 | -0,222306 |
| BOD | 0,333639 | 0,575631 |
| COD | 0,902266 | -0,159264 |
| DO | -0,389565 | -0,316706 |
| Sulfat | -0,238144 | 0,84639 |
| Amonia | -0,328008 | -0,350786 |
| Total Nitrogen | 0,246212 | 0,955689 |
| Fosfat | -0,564676 | 0,262535 |
| H ₂ S | -0,0165311 | -0,773448 |
| Total Fenol | -0,146267 | -0,385664 |
| Cr ₆₊ | -0,0557653 | -0,394326 |
| Oil and Grease | -0,684351 | -0,420645 |
| MBAS | -0,736951 | -0,619227 |

Sumber : Data Primer, 2024

Keterangan : Hasil bercetak tebal yang mempengaruhi keberadaan biota di Sungai Ciasem

| Parameter | Suhu | TDS | TSS | BOD | COD | DO | Ammonia | Fosfat | H2S | Total_Fenol | Kromium | Minyak_Lemak | MBAS | |
|--------------------|---------------------|---------|----------|--------|----------|----------|----------|--------|----------|-------------|----------|--------------|---------|---------|
| Homoeothrix | Pearson Correlation | 0.134 | 0.665 | -0.433 | -0.769 | -0.143 | 0.843 | -0.038 | -0.750 | 0.037 | -0.286 | 0.334 | -0.274 | -0.241 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.866 | 0.335 | 0.567 | 0.231 | 0.857 | 0.157 | 0.962 | 0.250 | 0.963 | 0.714 | 0.666 | 0.726 | 0.759 |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Euglenaviridis | Pearson Correlation | -0.905 | 0.873 | -0.966 | -0.090 | 0.421 | 0.398 | -0.263 | 0.317 | -0.243 | 0.846 | -0.659 | -0.571 | -0.785 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.095 | 0.127 | 0.034 | 0.910 | 0.579 | 0.602 | 0.737 | 0.683 | 0.757 | 0.154 | 0.341 | 0.429 | 0.215 |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Euglenahematoide s | Pearson Correlation | -0.822 | 0.520 | -0.601 | 0.078 | 0.780 | 0.118 | -0.577 | 0.824 | -0.598 | 0.872 | -0.573 | -0.681 | -0.824 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.178 | 0.480 | 0.399 | 0.922 | 0.220 | 0.882 | 0.423 | 0.176 | 0.402 | 0.128 | 0.427 | 0.319 | 0.176 |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Closterium | Pearson Correlation | -0.654 | .996** | -0.940 | -0.457 | 0.377 | 0.723 | -0.333 | -0.007 | -0.287 | 0.552 | -0.336 | -0.662 | -0.801 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.346 | 0.004 | 0.060 | 0.543 | 0.623 | 0.277 | 0.667 | 0.993 | 0.713 | 0.448 | 0.664 | 0.338 | 0.199 |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Eudorinaelegans | Pearson Correlation | 1.000** | -1.000** | 1.000* | -1.000** | -1.000** | -1.000** | .b | -1.000** | -1.000** | -1.000** | 1.000** | 1.000** | 1.000** |
| | Sig. (2-tailed) | | | | | | | | | | | | | |
| | N | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Sumber : Data Primer, 2024

Lampiran 10 Data Curah Hujan

| Tanggal | Curah Hujan | Tanggal | Curah Hujan |
|------------|-------------|------------|-------------|
| 01-03-2024 | 40,6 | 01/04/2024 | 0 |
| 02-03-2024 | 0 | 02-04-2024 | 34 |
| 03-03-2024 | 14 | 03-04-2024 | 0,1 |
| 04-03-2024 | 0,4 | 04-04-2024 | 0,3 |
| 05-03-2024 | 1 | 05-04-2024 | 0 |
| 06-03-2024 | 0 | 06-04-2024 | 43 |
| 07-03-2024 | 0 | 07-04-2024 | 0 |
| 08-03-2024 | 0 | 08-04-2024 | 0 |
| 09-03-2024 | 0 | 09-04-2024 | 0 |
| 10-03-2024 | 76,2 | 10-04-2024 | 18,7 |
| 11-03-2024 | 0 | 11-04-2024 | 0 |
| 12-03-2024 | 0 | 12-04-2024 | 54 |
| 13-03-2024 | 19,2 | 13-04-2024 | 3,6 |
| 14-03-2024 | 4 | 14-04-2024 | 53,5 |
| 15-03-2024 | 16,5 | 15-04-2024 | 5,2 |
| 16-03-2024 | 7 | 16-04-2024 | 0 |
| 17-03-2024 | 20,4 | 17-04-2024 | 0 |
| 18-03-2024 | 10,3 | 18-04-2024 | 51 |
| 19-03-2024 | 0 | 19-04-2024 | 1,5 |
| 20-03-2024 | 0 | 20-04-2024 | 1 |
| 21-03-2024 | 0 | 21-04-2024 | 22,5 |
| 22-03-2024 | 57,1 | 22-04-2024 | 0 |
| 23-03-2024 | 15,8 | 23-04-2024 | 0 |
| 24-03-2024 | 0 | 24-04-2024 | 0 |
| 25-03-2024 | 0 | 25-04-2024 | 0 |
| 26-03-2024 | 0 | 26-04-2024 | 0 |
| 27-03-2024 | 0 | 27-04-2024 | 27,5 |
| 28-03-2024 | 0 | 28-04-2024 | 21,4 |
| 29-03-2024 | 0 | 29-04-2024 | 0 |
| 30-03-2024 | 0 | 30-04-2024 | 0 |
| 31-03-2024 | 1,5 | | |

Sumber: BMKG Stasiun Halim Perdana Kusumah, 2024

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

1. Nama : Ahmad Ashari Aminuddin
2. Tempat, Tanggal Lahir : Makassar, 03 Juni 2024
3. Alamat : Bogor, Jawa Barat
4. Kewarganegaraan : Warga Negara Indonesia

B. Riwayat Pendidikan

1. SMA : SMA Negeri 2 Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai
2. S1 : Manajemen Sumberdaya Perairan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor

C. Pekerjaan dan Riwayat Pekerjaan

1. Jenis Pekerjaan : Swasta
2. NIP : -
3. Pangkat/Jabatan : -

D. Karya ilmiah yang telah dipublikasikan

1. Impact of Integrated Waste Processing Site Leachate on Water Quality and Coliform Bacteria Abundance yang terbit tanggal 7 Juli 2024 di *African Journal of Biological Sciences*.