

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUALITAS SUNGAI CITARUM DENGAN UJI
TOKSISITAS MRTODE WET (*Whole Effluent Toxicity*)
MENGUNAKAN HEWAN UJI DAPHNIA Sp**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**NANDA ANUGRAH DARMAWAN
20513124**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUALITAS SUNGAI CITARUM
DENGAN UJI TOKSISITAS METODE
WET (Whole Effluent Toxicity)
MENGUNAKAN HEWAN UJI DAPHNIA Sp.
Dlajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**





**Disusun oleh:
Nanda Anugrah Darmawan
20513124**

Disetujui :

Dosen Pembimbing 1:

Dosen Pembimbing 2:


**Any Juliani, S.T., M.Sc (Res Eng),
Ph.D.**
NIK_045130401
Tanggal: 27 Desember 2024


**Annisa Nur Lathifah,
S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.**
NIK_155130505
Tanggal: 29 Desember 2024

**Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP
UII**


Any Juliani, S.T., M.Sc (Res Eng), Ph.D.
NIK_045130401
Tanggal: 27 Desember 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KUALITAS SUNGAI CITARUM DENGAN UJI
TOKSISITAS METODE WET (*Whole Effluent Toxicity*)
MENGUNAKAN HEWAN UJI DAPHNIA Sp.**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 29 Desember 2024

Disusun Oleh:

NANDA ANUGRAH DARMAWAN
20513124

Tim Penguji :

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D

Annisa Nur Lathifah, S.Si.,
M.Biotech., M.Agr., Ph.D

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T.

(Am)
(Diah Ayu Prawitasari)
Diah Ayu Prawitasari
29/12/2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 27 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Nanda Anugrah Darmawan

NIM: 20513124

PRAKATA

1. Allah SWT atas segala nikmat dan berkah yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Romi Musnidar dan Ibu Titin Haryanti selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc (Res Eng)., Ph.D. Selaku dosen pembimbing 1 yang selalu membimbing serta memberikan arahan, saran, dan penilaian terhadap penulis sejak penulisan proposal tugas akhir hingga tugas akhir ini selesai.
4. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr.Ph.D. selaku dosen pembimbing 2 yang selalu membimbing serta memberikan kritik dan saran terhadap penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Ibu Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Para dosen yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat untuk penulis selama proses menempuh pendidikan di program studi teknik lingkungan universitas islam indonesia.
7. Teman – teman program studi teknik lingkungan angkatan 2020 yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan.
8. Pihak – pihak lain yang telah membantu penulis selama perkuliahan di teknik lingkungan universitas islam indonesia.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Terlepas dari hal tersebut, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan penelitian selanjutnya. Kritik dan saran yang membangun penulis sangat dibutuhkan agar tugas akhir ini menjadi lebih baik.

Pada penghujung prakata, penulis ingin meminta maaf sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang dirugikan oleh penulis akibat perbuatan maupun ucapan yang kurang berkenan secara langsung maupun tidak langsung.

Yogyakarta, 27 Desember 2024

Nanda Anugah Darmawan

ABSTRAK

*Sungai Citarum sangat penting untuk kehidupan manusia karena menyediakan air minum, irigasi, dan listrik. Namun, aktivitas industri di sekitarnya telah menjadikannya salah satu sungai paling tercemar di dunia. Pencemaran ini mengancam ekosistem dan kesehatan manusia, sehingga diperlukan metode deteksi yang efektif. Oleh karena itu, metode Whole Effluent Toxicity (WET) digunakan untuk menguji tingkat toksisitas secara menyeluruh dengan memanfaatkan kemampuan *Daphnia sp.* dalam mendeteksi konsentrasi zat beracun yang terdapat di dalam limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat pencemaran air sungai Citarum berdasarkan hasil uji toksisitas menggunakan metode WET dengan *Daphnia sp.* sebagai organisme uji, serta menganalisis hubungan antara hasil uji toksisitas dan parameter kimia. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui penelitian eksperimen di laboratorium, dengan perhitungan parameter kimia mengikuti standar nasional Indonesia dan uji toksisitas mengikuti metode dari USEPA. Pengujian metode WET menunjukkan toksisitas akut pada *Daphnia sp.* dengan mortalitas meningkat seiring konsentrasi sampel, terutama pada 50% dan 100%. Variasi respons toksisitas mencerminkan perbedaan bahan pencemar, mengindikasikan tekanan pencemaran tinggi pada kualitas air sungai Citarum bagian hulu. Uji toksisitas dengan *Daphnia sp.* menunjukkan parameter COD, sulfat, Cr(VI), dan Zn terkait erat dengan toksisitas air, menyebabkan tekanan kumulatif pada ekosistem. Hal ini menegaskan pentingnya pengawasan kualitas air dan pengelolaan limbah.*

Kata Kunci : *Sungai Citarum, pencemaran air, toksisitas, Whole Effluent Toxicity (WET), *Daphnia sp.*, parameter kimia.*

ABSTRAK

*The Citarum River is essential for human life as it provides drinking water, irrigation, and electricity. However, industrial activities in the vicinity have made it one of the most polluted rivers in the world. This pollution threatens the ecosystem and human health, so an effective detection method is needed. Therefore, the Whole Effluent Toxicity (WET) method is used to test the toxicity level thoroughly by utilizing the ability of *Daphnia sp.* in detecting the concentration of toxic substances contained in the effluent. This study aims to determine the water pollution level of the Citarum River based on the results of toxicity tests using the WET method with *Daphnia sp.* as the test organism, as well as analyzing the relationship between toxicity test results and chemical parameters. The approach used is a quantitative approach through experimental research in the laboratory, with the calculation of chemical parameters following the Indonesian National Standard and the toxicity test following the method of the USEPA. WET method testing showed acute toxicity to *Daphnia sp.*, with mortality increasing with sample concentration, especially at 50% and 100%. Variations in toxicity response reflect differences in contaminants, indicating high pollution pressure on the water quality of the upper Citarum River. Toxicity tests with *Daphnia sp.* showed that COD, sulfate, Cr(VI), and Zn parameters are closely related to water toxicity, causing cumulative stress on the ecosystem. This emphasizes the importance of water quality monitoring and waste management.*

Keywords: *Citarum River, water pollution, toxicity, Whole Effluent Toxicity (WET), *Daphnia sp.*, chemical parameters.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	4
DAFTAR TABEL	1
DAFTAR GAMBAR	2
BAB I PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Air sungai	6
2.1.1 Air Sungai Citarum	6
2.1.2 Kualitas Air sungai	7
2.1.3 Pencemaran air	9
2.1.4 Sumber pencemaran air	10
2.1.5 Dampak Pencemaran air	10
2.2 Uji Toksisitas	11
2.4 <i>Whole Effluen Toxicity</i> (WET)	12
2.5 <i>Lethal Concentration 50</i> (LC ₅₀)	12
2.6 Hewan Uji (<i>Daphnia sp.</i>)	13
2.7 Parameter Kimia	14
2.7.1 Kesadahan air	14
2.7.2 <i>Chemical Oxygen Dissolved</i>	14
2.7.3 Sulfat	14
2.7.4 Kromium Heksavalen	15
2.7.5 Logam Zn	15
2.8 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Metode Penelitian	18
3.1.1 Pemilihan Lokasi dan Teknik Pengambilan Sampel	19
3.1.2 Pengumpulan Data	20

3.2 Persiapan dan Prosedur Uji.....	20
3.2.1 Aklimatisasi <i>Daphnia sp</i>	20
3.2.2 Uji Toksisitas	21
3.3 Pengujian Parameter kimia	23
3.4 Kesadahan Air.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Gambaran Umum Sungai Citarum.....	25
4.2 Kualitas Air Sungai Citarum.....	25
4.2.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	26
4.2.2 Sulfat.....	27
4.2.3 Kromium Heksavalen	29
4.2.4 Logam Zn.....	30
4.2.5 Analisis Kesadahan	31
4.3 Pengujian Toksisitas.....	35
4.3.1 Aklimatisasi	35
4.3.2 Hasil Pengukuran Parameter Fisik	35
4.3.3 Uji Toksisitas	36
4.3.4 Hubungan antara Kesadahan dengan Total Kematian <i>Daphnia sp</i>	39
4.3.5 Analisis dan Perbandingan Parameter Kimia antar Sampel.....	43
4.3.6 Analisis Hubungan Parameter Kimia dengan Total Kematian <i>Daphnia sp</i>	44
4.3.6 LC50 serta Perbandingan Toksisitas Sungai Citarum dengan penelitian terdahulu	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
Lampiran	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Nasional	7
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3. 1 Lokasi Sampling Pada Sungai Citarum	19
Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Fisik dan Kimia pada Sungai Citarum	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 3. 3 Contoh Template Pengamatan <i>Daphnia sp</i> Error!	Bookmark not defined.
Tabel 3. 4 Metode Pengujian Parameter Kimia pada air sungai Citarum	23
Tabel 3. 5 Baku mutu parameter kimia yang di uji pada air sungai Citarum	23
Tabel 4. 1 Hasil pengujian Chemical Oxygen Demand(COD)Pada Sungai Citarum bagian Hulu	26
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sulfat pada air sungai Citarum bagian Hulu	27
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Krom Heksavalen Pada Sungai Citarum Bagian Hulu	29
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Logam Zn Sungai Citarum Pada Bagian Hulu	30
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Kesadahan Sebelum dilakukan Pengamatan Hewan Uji <i>Daphnia Sp</i>	31
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Kesadahan Setelah Pengamatan Hewan Uji <i>Daphnia sp</i>	32
Tabel 4. 7 Hasil Perubahan dari sebelum pengamatan hingga Setelah pemangatan dilakukan	33
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Citarum bagian hulu	35
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Citarum bagian hulu	36
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Citarum bagian hulu	36
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Citarum bagian hulu	36
Tabel 4. 12 Hasil Pengamatan Kematian <i>Daphnia sp</i> Sampel 1 pada air sungai Citarum bagian hulu.....	37
Tabel 4. 13 Hasil Pengamatan Kematian <i>Daphnia sp</i> Sampel 2 pada air sungai Citarum bagian hulu.....	37
Tabel 4. 14 Hasil Pengamatan Kematian <i>Daphnia sp</i> Sampel 3 pada air sungai Citarum bagian hulu.....	38
Tabel 4. 15 Hasil Pengamatan Kematian <i>Daphnia sp</i> Sampel 4 pada air sungai Citarum bagian hulu.....	39
Tabel 4. 16 Total kematian <i>daphnia sp</i> dari semua konsentrasi selama 96 jam ...	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Morfologi <i>Daphnia sp</i> (Surtikanti et al., 2017).....	13
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian uji toksisitas pada air sungai Citarum Bagian Hulu	18
Gambar 3. 2 Peta lokasi titik pengambilan sampel air Sungai Citarum	19
Gambar 3. 3 Diagram alir pelaksanaan pengujian toksisitas air Sungai Citarum	21
Gambar 3. 4 Diagram determinan LC_{50}	22
Gambar 4. 1 Peta lokasi penelitian air sungai Citarum bagian hulu	25
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Perhitungan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) pada air Sungai Citarum Bagian Hulu	26
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Perhitungan Sulfat pada air Sungai Citarum Bagian Hulu.....	28
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Perhitungan Kromium Heksavalen pada air Sungai Citarum Bagian Hulu	29
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Perhitungan Logam Zn pada air sungai Citarum bagian hulu	30
Gambar 4. 6 Hasil persentase perubahan dilakukan sebelum pengamatan dan setelah pengamatan <i>Daphnia sp</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Manusia bergantung pada air untuk berbagai kebutuhan seperti rumah tangga, pertanian, dan industri, sehingga menjaga kualitas air menjadi prioritas utama. Namun, akibat pembangunan yang terus berlangsung, kualitas air terutama air sungai mengalami penurunan. Sungai, yang memiliki peran penting dalam menopang kehidupan dan kemajuan wilayah, banyak mengalami pencemaran hingga tidak lagi aman digunakan untuk berbagai keperluan (Pratiwi & Noviana, 2016). Sungai Citarum, sebagai salah satu sungai terpenting di Indonesia, adalah contoh nyata dari masalah ini. Sungai ini memiliki fungsi strategis karena menyediakan air minum bagi PDAM, memproduksi listrik untuk kawasan Jawa-Bali, dan memenuhi kebutuhan irigasi sawah di Jawa Barat. Namun, dominasi sektor industri di sekitar Citarum, termasuk industri kimia, tekstil, farmasi, dan makanan, turut berkontribusi pada meningkatnya pencemaran di sungai ini (Utami, 2019). Akibatnya, air sungai yang vital ini tercemar oleh limbah industri, menjadikan Sungai Citarum sebagai salah satu sungai yang paling tercemar di dunia.

Ada atau tidaknya pencemaran air dapat mempengaruhi kualitas air yang buruk atau baik. Pencemaran air, menurut (Utami, 2019) Pencemaran air adalah ketika zat cair, padat, gas, organisme patogen, atau bahan lain dilepaskan ke dalam air, menyebabkan air menjadi terganggu dan berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Pencemaran ini terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti industri manufaktur, pertanian, pertambangan, serta pengelolaan limbah domestik dan perkotaan yang tidak memadai. Bahan organik, non-organik, dan logam berat sering mencemari air, mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan membahayakan kesehatan manusia. (Suprayogi *et al.*, 2021).

Pendeteksian dini pencemaran air sangat penting dalam menjaga kualitas lingkungan. Salah satu cara yang efektif adalah dengan menggunakan hewan uji, seperti *Daphnia sp.*, yang merupakan organisme air tawar sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Dengan menggunakan *Daphnia sp* kadar limbah yang dapat

menyebabkan efek toksik dapat ditentukan, sehingga mendukung upaya monitoring pencemaran dan menjaga kualitas air baku (Floria *et al*, 2015). Organisme-organisme ini dapat mendeteksi keberadaan zat-zat beracun dalam air yang sering kali tidak terdeteksi oleh metode kimia biasa. Dalam konteks pengujian toksisitas air, *Daphnia sp* menjadi salah satu organisme yang sangat sensitif dan sering digunakan sebagai hewan uji. Uji toksisitas ini bertujuan untuk mengetahui apakah effluent yang masuk ke badan air penerima mengandung zat toksik yang berpotensi membunuh organisme pada konsentrasi tertentu. Salah satu indikator utama dalam uji ini adalah nilai (*Lethal Concentration 50*), yang menunjukkan konsentrasi limbah yang dapat menyebabkan kematian 50% dari populasi hewan uji. Dengan kemampuan *Daphnia sp* mendeteksi konsentrasi zat beracun yang ada dalam limbah, metode WET (*Whole Effluent Toxicity*) digunakan untuk menguji toksisitas limbah secara menyeluruh. Metode ini tidak hanya sederhana dan komprehensif, tetapi juga mampu memberikan gambaran yang lebih spesifik tentang dampak nyata limbah terhadap organisme hidup dan lingkungan, yang sering kali tidak terungkap hanya dengan pengukuran parameter kualitas air yang biasa (Pramadita *et al.*, 2022). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat toksisitas air Sungai Citarum dengan menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) dan organisme uji *Daphnia sp* guna memperoleh data yang dapat mendukung upaya perbaikan kualitas lingkungan perairan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat pencemaran air Sungai Citarum bagian hulu berdasarkan uji toksisitas menggunakan metode WET (*Whole Effluent Toxicity*) dengan hewan uji *Daphnia sp* ?
2. Bagaimana hubungan antara parameter kimia dengan Hasil Uji Toksisitas Menggunakan metode WET (*Whole Effluent Toxicity*) dengan hewan Uji *Daphnia sp* ?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Menentukan tingkat pencemaran air Sungai Citarum bagian hulu berdasarkan hasil uji toksisitas menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) dengan *Daphnia sp* sebagai organisme uji.
- 2) Menentukan hubungan antara hasil uji toksisitas dengan parameter kimia.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1) Bagi mahasiswa, dapat menjadi sarana dalam menerapkan pemahaman ilmu *Toxicology* Lingkungan pada kehidupan sehari-hari serta menjadi pengalaman praktis dalam melakukan penelitian.
- 2) Bagi institusi Universitas Islam Indonesia dapat menjadi sumber acuan yang lebih mendalam tentang *Toxicology* pada air Sungai Citarum.
- 3) Bagi mitra Kolaborasi dapat menjadikan hasil yang digunakan sebagai acuan dalam pengambilan kebijakan dan strategi pengelolaan lingkungan yang tepat *Daphnia sp*

1.5 Ruang Lingkup

- 1) Uji toksisitas menggunakan metode WET (*Whole Effluent Toxicity*) dengan hewan uji *Daphnia sp*
- 2) Sampel air Sungai Citarum diambil pada tanggal 12 Agustus 2024 menggunakan metode grab sampling
- 3) Tempat penelitian di air Sungai Citarum Kabupaten Bandung bagian selatan, pada area Majalaya, Soreang dan Sampora.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air sungai

Air, bagian terbesar permukaan bumi, berfungsi sebagai medium untuk berbagai reaksi kimia yang terjadi dalam dan di luar tubuh makhluk hidup. Pencemaran air, tanah, dan udara terus meningkat setiap hari sebagai akibat dari pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri yang tidak dapat dielakkan, yang mengakibatkan peningkatan masalah lingkungan. Air sering menjadi tempat pembuangan limbah dari aktivitas manusia, baik industri maupun sehari-hari.

2.1.1 Air Sungai Citarum

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai Strategis Nasional, Wilayah Sungai Citarum, yang memiliki kode WS: 02.06.A3 dan luas 1.132.334 ha, ditetapkan sebagai wilayah sungai strategis nasional. Sungai Citarum adalah sungai terpanjang dan terbesar di provinsi Jawa Barat. Berpanjang sekitar 297 km, mengalir dari hulu di daerah gunung Wayang di sebelah selatan kota Bandung dan bermuara di laut Jawa. Khususnya di Jawa Barat dan DKI Jakarta, Sungai Citarum sangat penting bagi kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Air Sungai Citarum digunakan untuk pertanian, perikanan, dan pembangkit listrik tenaga air. pasangan pulau Jawa dan Bali, serta sebagai penyedia air untuk aktivitas bisnis. Bagian hulu Sungai Citarum memiliki elevasi antara 625 dan 2.600 meter di atas permukaan air laut (mdpl). Bagian tengah Sungai Citarum memiliki morfologi yang bervariasi antara dataran (elevasi 250-400 mdpl), perbukitan bergelombang lemah (elevasi 200-800 mdpl), dan perbukitan terjal (elevasi 1.400-2400 mdpl). Bagian hilir Sungai Citarum terutama dataran dengan perbukitan bergelombang yang lemah dan terjal dengan elevasi antara 200 dan 1200 meter persegi (*Rencana Strategis 2020- 2024*, 2024). Menurut surat keputusan gubernur propinsi Jawa Barat No.39 Tahun 2001, Sungai Citarum dan anak-anak sungainya termasuk dalam golongan B, yang berarti bahwa mereka digunakan sebagai sumber air baku minum, dan golongan C, yang berarti bahwa mereka digunakan sebagai sumber air yang dapat digunakan untuk peternakan dan perikanan. golongan D, yang berarti untuk digunakan sebagai sumber air untuk pertanian, kota, bisnis, dan pembangkit listrik energi air (Suryani, 2018)

2.1.2 Kualitas Air sungai

Kualitas air adalah istilah yang mengacu pada kualitas air untuk penggunaan tertentu, seperti air minum, perikanan, irigasi, industri, rekreasi, dan lain-lain. Kualitas air juga mengacu pada sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lainnya di dalamnya. Sedangkan, kualitas air sungai adalah kondisi kualitatif yang diukur dengan metode dan parameter tertentu sesuai dengan peraturan yang berlaku. Parameter kualitas air sungai termasuk parameter fisika, kimia, dan biologi.

Analisis parameter kimia, fisika, dan biologi diperlukan dalam pengujian kualitas air untuk mengevaluasi kesehatan ekosistem perairan. Untuk mengidentifikasi polutan, parameter kimia seperti kadar logam, pH, dan oksigen terlarut sering digunakan. Pencemaran perairan dapat berasal dari logam berat seperti seng (Zn), mangan (Mn), dan kromium (Cr) yang dibuang dari aktivitas industri. Dalam konsentrasi tinggi, logam berat ini berbahaya dan dapat membahayakan kesehatan manusia melalui rantai makanan. Pengujian kimiawi kualitas air dapat menemukan logam-logam ini dan menilai dampak mereka terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan menggunakan uji parameter, penelitian kualitas air dapat membantu mengidentifikasi polutan dan hubungannya dengan logam berat. Logam berat dapat merusak ekosistem dan menimbulkan risiko kesehatan bagi organisme air jika terkumpul di dalamnya.

Untuk menjaga kualitas air sungai tetap layak digunakan untuk keperluan rumah tangga, irigasi, dan kehidupan ekosistem perairan, standar yang harus dipenuhi. Jika tidak dipenuhi, ini dapat menyebabkan kematian biota perairan dan bahaya bagi kesehatan manusia yang menggunakan air sungai. Baku mutu yang harus dipenuhi dapat dilihat pada tabel 2.1 tentang baku mutu air nasional menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup di lampiran VI.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Nasional

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
1	Temperatur		Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
2	Padatan Terlarut Total (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	2000
3	Padatan Tersuspensi Total(TSS)	mg/L	40	50	100	400

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
4	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	
5	Derajat Keasaman(pH)					
6	Kebutuhan Oksigen Biokimiawi(BOD)	mg/L	2	3	6	12
7	Kebutuhan Oksigen Kimiawi(COD)	mg/L	10	25	40	80
8	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1
9	Sulfat(SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400
10	Klorida(Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600
11	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20
12	Nitrit (Sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-
13	Amoniak (sebagain N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-
14	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-
15	Total Fosfat(Sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1	-
16	Flourida(F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-
17	Belerang H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-
18	Sianida(CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-
19	Klorin Bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-
20	Barium (Ba) Terlarut	mg/L	1	-		-
21	Boron(B) Terlarut	mg/L	1	1	1	1
22	Merkuri(Hg) Terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
23	Arsen(As) Terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
24	Selenium (Se)	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05
25	Besi (Fe) Terlarut	mg/L	0,3	-	-	-
26	Kadmium(Cd) Terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
27	Kobalt(Co) Terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2
28	Mangan(Mn) teralarut	mg/L	0,1	-	-	-
29	Nikel (Ni) Terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
30	Seng(Zn) Terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2
31	Tembaga (Cu) Terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2
32	Timbal(Pb) Terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5
33	Kroimum Heksavalen (Cr-VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1
34	Minyak dan Lemak	mg/L	1	1	1	10
35	Deterjen Total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-
36	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02
37	Aldrin/Diedrin	µg/L	17	-	-	-
38	BHC	µg/L	210	210	210	-
39	Chlordane	µg/L	3	-	-	-
40	DDT	µg/L	2	2	2	2
41	Endrin	µg/L	1	4	4	-
42	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-
43	Lindane	µg/L	56	-	-	-

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
44	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-
45	Toxapan	µg/L	5	-	-	-
46	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1000	2000	200
47	Total Coliform	MPN/100 mL	100	500	10000	10000
48	Sampah		Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
49	Radioaktivitas					
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1

Sumber ; PP 22 Thn 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan beberapa kelas yang menunjukkan perbedaan satu sama lain, dan setiap kelas memiliki peruntukan yang berbeda menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebagai berikut :

- a. Air kelas satu dapat digunakan sebagai air baku untuk air minum, serta atau peruntukan lain yang membutuhkan mutu air yang sama untuk tujuan tersebut.
- b. Air kelas dua dapat digunakan untuk tujuan rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan tanaman, dan atau tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama.
- c. Air kelas tiga merupakan air dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, melgairi tanaman, atau tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama.
- d. Air kelas empat dapat digunakan untuk mengairi tanaman atau tujuan lain yang membutuhkan mutu air yang sama dan tersebar.

2.1.3 Pencemaran air

Pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya makhluk hidup, zat, energi, atau bahan lain ke dalam air akibat aktivitas manusia yang menyebabkan air kehilangan kualitasnya hingga tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Polusi air terjadi ketika bahan-bahan dan energi yang dilepaskan ke dalam air menurunkan kualitas air bagi pengguna lainnya, dan mencakup semua limbah yang tidak dapat

diurai secara alami oleh air (Pratiwi & Noviana, 2016). Sebagai bagian dari lingkungan, sungai melakukan banyak tugas penting bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, seiring dengan peningkatan kegiatan pembangunan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sungai menjadi lebih rentan terhadap pencemaran lingkungan. Pencemaran yang disebabkan oleh limbah domestik maupun non-domestik, seperti limbah pabrik dan industri, adalah salah satu jenis pencemaran yang paling sering terjadi di sungai.

2.1.4 Sumber pencemaran air

Sumber pencemaran dapat dibedakan menjadi dua, yaitu dari sumber titik tetap (*point sources*) dan sumber titik tidak tetap atau bergerak (*non-point sources*). Sumber titik tetap mencakup pabrik, fasilitas pengolahan air limbah, dan sistem septic tank yang secara jelas mengandung polutan, sementara sumber titik tidak tetap lebih sulit diidentifikasi karena tidak dapat ditelusuri ke lokasi tertentu. Contoh dari sumber tidak tetap meliputi sedimen, pupuk, bahan kimia, serta limpasan dari lahan pertanian, peternakan, proyek konstruksi, dan tambang. Selain itu, tempat pembuangan akhir (TPA) juga dapat menjadi sumber pencemaran tidak tetap jika zat lindi yang dihasilkan masuk ke dalam sumber air, sehingga menambah kontaminasi lebih lanjut (Nurbaya & Sari, 2023).

2.1.5 Dampak Pencemaran air

A. Dampak terhadap kehidupan biota air

Kehidupan dalam air membutuhkan oksigen, jadi kadar oksigen terlarut di air limbah turun. Hasil matinya bakteri, yang menyebabkan proses penjernihan air yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat. Panas yang dihasilkan oleh industri juga akan mengakibatkan efek pada kematian organisme jika air limbah tidak didinginkan terlebih dahulu sebelumnya (Warlina, 2004).

B. Dampak terhadap Kesehatan

Air dapat berfungsi sebagai pembawa penyakit menular dalam berbagai cara, seperti sebagai tempat mikroba patogen hidup, sebagai sarang insekta penyebar penyakit, Orang-orang yang terlibat tidak dapat menggunakan air yang tidak cukup bersih, Air berfungsi sebagai media tempat virus hidup.

C. Dampak terhadap estetika lingkungan

Semakin banyak zat organik yang dibuang ke perairan, perairan akan menjadi lebih tercemar, yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat dan tumpukan, yang dapat mengurangi keindahan lingkungan. masalah limbah minyak atau lemak juga dapat membuat lingkungan kurang estetik.

2.2 Uji Toksisitas

Toksisitas adalah sifat relatif yang berkaitan dengan kemungkinan memiliki dampak buruk pada makhluk hidup. Faktor-faktor seperti komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi pemaparan, sifat lingkungan, dan spesies biota penerima mempengaruhi toksisitas (Halang, 2004). Toksisitas adalah segala hal yang dapat membahayakan organisme target, seperti zat kimia atau obat. Akibatnya, uji toksisitas harus dilakukan untuk mengetahui seberapa toksik senyawa tertentu dalam perairan (Amiria, 2008). (Arfiati et al., 2019), terdapat istilah-istilah yang digunakan untuk menggambarkan dampak yang diakibatkan dari toksikan yaitu :

- a) Akut adalah reaksi terhadap stimulus yang memiliki efek parah dan terjadi secara cepat dan singkat. Pengujian biasanya dilakukan dalam waktu 96 jam pada ikan dan organisme air, sementara pada hewan mamalia dilakukan dalam waktu 24 jam hingga 2 minggu. Jumlah kematian hewan uji biasanya digunakan untuk mengukur efek bahan toksik tersebut.
- b) Sub akut adalah respon terhadap stimulus yang lebih ringan jika dari pada respon akut. Perlu waktu lebih lama sampai menjadi kronis
- c) Kronis adalah respon terhadap stimulus yang terjadi secara konsisten dalam jangka waktu yang lama kira-kira 1-10 persen dari waktu hidup organisme. Untuk tujuan *biossay* uji kronis untuk organisme air, spesies diuji seluruh siklus hidupnya untuk mengetahui pengaruh mereka pada pertumbuhan, reproduksi, dan perkembangan.
- d) *Lethal* adalah respon stimulus dari konsentrasi yang menyebabkan kematian secara langsung.
- e) *Sub Lethal* adalah respon stimulus dari konsentrasi dibawah level *lethal*.

Uji toksisitas akut dengan hewan uji adalah salah satu jenis penelitan toksisitas perairan yang digunakan untuk memantau limbah secara teratur dan berguna untuk mengukur tingkat toksisitas suatu zat atau bahan pencemar. Ini menentukan apakah *effluent* atau badan perairan penerima mengandung senyawa toksik dalam jumlah yang menyebabkan toksisitas akut (Husni dan Esmiralda, 2012).

2.4 Whole Effluent Toxicity (WET)

Whole effluent toxicity (WET) mengacu pada dampak toksik total dari semua polutan dalam air limbah (limbah) suatu fasilitas terhadap organisme akuatik. uji *whole effluent toxicity* (WET) mengukur dampak air limbah terhadap kemampuan organisme uji tertentu untuk bertahan hidup, tumbuh, dan bereproduksi. Ini adalah salah satu cara untuk menerapkan undang-undang air bersih untuk melarang pembuangan polutan beracun (USEPA, 2023). *whole effluent toxicity* (WET) dapat diartikan sebagai efek berbahaya atau toksisitas untuk populasi organisme perairan yang disebabkan paparan efluen. Toksisitas ini dapat diuji di laboratorium dengan memaparkan efluen kepada organisme dengan uji *whole effluent toxicity* (WET). Uji *whole effluent toxicity* (WET) digunakan untuk mengukur pengaruh kombinasi dari semua senyawa di dalam efluen (Wilkins et al., 2015). Apabila dibandingkan dengan analisa kimia saja, maka metode *whole effluent toxicity* (WET) memiliki kelebihan yang dapat mengukur efek biologi dari zat kimia di dalam limbah cair.

2.5 Lethal Concentration 50 (LC₅₀)

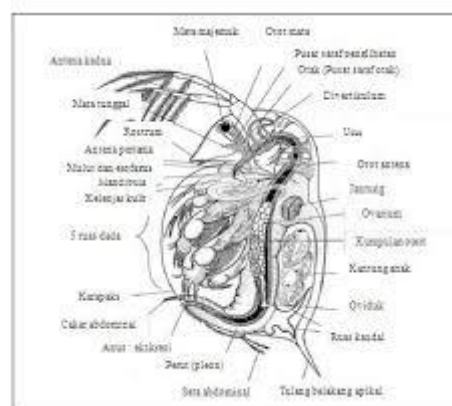
Lethal Concentration 50 (LC₅₀) adalah konsentrasi yang dihitung secara statistik yang menyebabkan kematian 50% dari populasi organisme dalam beberapa kondisi paparan tertentu. Suatu bahan dikatakan sangat beracun ketika memiliki nilai LC₅₀ yang rendah. Uji toksisitas akut biasanya disebut sebagai LC₅₀-96 jam atau LD₅₀-96 jam karena jangka waktu paparan yang mudah dan umum yaitu 96 jam.

sekelompok makhluk dalam berbagai kondisi paparan yang telah ditentukan. Suatu bahan mungkin sangat beracun jika memiliki nilai LC₅₀ yang rendah . Uji toksisitas akut biasanya disebut sebagai LC₅₀-96 jam atau LD₅₀-96 jam karena jangka waktu paparan yang mudah dan umum yaitu 96 jam(Masriyono, 2019). Harga LC₅₀ dapat digunakan untuk mengetahui seberapa toksik suatu polutan.

Harga LC₅₀ di bawah 1000 g/ml dianggap toksik, sedangkan harga LC₅₀ di atas 1000 g/ml dianggap tidak toksik. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai toksitas.

2.6 Hewan Uji (*Daphnia sp*)

Pada Gambar 2.1 *Daphnia sp* masuk kedalam kelompok udang-udangan dan hidup di daerah akuatik. Jantan *Daphnia sp* berukuran 2 mm dan betina 3–5 mm. Karena pergerakannya yang menyerupai melompat dalam air, *Daphnia sp* disebut kutu air. Hewan-hewan ini sangat banyak ditemukan di habitat air tawar di Amerika Serikat, Eropa, dan Asia . Selama bertahun-tahun, hewan ini telah dikenal dengan baik. Saat ini, hewan ini semakin dibutuhkan untuk penelitian dan berbagai jenis penelitian. Mereka digunakan untuk mengevaluasi toksisitas bahan kimia (Surtikanti et al., 2017).



Gambar 2. 1 Morfologi *Daphnia sp*(Surtikanti et al., 2017)

Oleh sebab itu, untuk melakukan pengujian kualitas air, dapnia adalah hewan standar internasional. Beberapa persyaratan hewan untuk dijadikan hewan percobaan dalam ekotoksikologi adalah distribusi yang luas, hewan lokal, data biologi yang sudah dikenal, sensitifitas yang tinggi, dan mudah dikultur di laboratorium(Surtikanti et al., 2017). Uji toksisitas memerlukan aklimatisasi *Daphnia sp*, yang biasanya dilakukan selama 1-3 hari. 5–10 ekor *Daphnia sp* digunakan pada setiap perlakuan, dengan variasi konsentrasi yang berbeda-beda(Fabatina, 2013)

2.7 Parameter Kimia

2.7.1 Kesadahan air

Kesadahan, yang mengukur konsentrasi mineral terlarut, terutama ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} , yang sering digunakan sebagai indikator pencemaran air (Sulistiyani), adalah indikator penting untuk kualitas air. Karena batas maksimum untuk air minum dan air bersih adalah 500 mg/L, kesadahan air sangat penting. Air dapat diklasifikasikan sebagai lunak (kurang dari 50 mg/L), menengah (50-150 mg/L), sadah (150-300 mg/L), atau sangat sadah (lebih dari 300 mg/L). Penggunaan air sadah dapat menyebabkan efek samping kesehatan seperti batu ginjal, penyumbatan pembuluh darah jantung, dan *hiperparatiroidisme*. Semua efek ini dapat membahayakan kesehatan manusia dalam jangka panjang (Musiam et al., 2017).

2.7.2 Chemical Oxygen Dissolved

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik teroksidasi terlarut, termasuk bahan non-biodegradable. Ukuran COD adalah jumlah oksigen ekuivalen bahan organik dalam sampel air yang rentan teroksidasi oleh oksidan kimia kuat seperti dikromat (Utami, 2019). Karena banyak bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dapat teroksidasi, uji COD biasanya menunjukkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada BOD. Kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air adalah dasar untuk pengukuran COD. dengan dukungan dari oksidator yang kuat (Kalium dikromat/ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dalam lingkungan asam. Perairan Kadar COD tinggi tidak cocok untuk pentingnya pertanian dan perikanan (Nurbaya & Sari, 2023).

2.7.3 Sulfat

Sulfat (SO_4^{2-}) adalah ion yang biasa ditemukan dalam air dan tanah serta produk pelarutan mineral yang mengandung sulfur. Dalam jumlah kecil, sulfat tidak berbahaya dan bahkan dapat ditemukan dalam air minum. Namun, jika kadarnya terlalu tinggi dalam air, itu dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti masalah pencernaan (terutama diare) dan kerusakan pipa logam karena korosi (Erviana et al., 2018).

2.7.4 Kromium Heksavalen

Pada saat teroksidasi di lingkungan, logam berat kromium dapat menghasilkan berbagai bentuk ion, termasuk Cr (II), Cr (III), dan Cr (VI). Dari berbagai bentuk tersebut, Cr (III) dan Cr (VI) adalah valensi yang paling umum ditemukan di alam. Cr (III) (valensi 3) relatif stabil dan kurang toksik, sedangkan Cr (VI) (valensi 6) lebih toksik karena memiliki sifat yang mudah larut dan mobilitas tinggi di lingkungan. Sifat ini membuat Cr (VI) lebih berbahaya bagi organisme dan lingkungan dibandingkan Cr (III) (Kristianto et al., 2017). Kromium trivalen (Cr-III) adalah mikronutrien dengan tingkat toksisitas yang cukup rendah dan memiliki kelarutan yang terbatas dalam air (Aminatun et al., 2024). Cr(VI) merupakan bentuk kromium dengan tingkat oksidasi 6+. Kromium heksavalen dapat dihasilkan secara alami melalui erosi deposit kromium alami atau melalui berbagai proses industri. Selain itu, Cr(VI) juga dapat terbentuk dari transformasi Cr(III) di bawah kondisi tertentu, seperti paparan sinar UV, suhu tinggi, kelembapan rendah, pH rendah, atau keberadaan zat pengoksidasi selama kegiatan produksi, transportasi, dan penyimpanan (Vi, 2022).

Tingkat toksisitas kromium heksavalen adalah yang paling berbahaya dari semua bentuk ion kromium, dengan kromium heksavalen 100 kali lebih toksik daripada kromium trivalen. Ada efek toksisitas kromium pada manusia, hewan, dan tanaman. Toksik kromium mempengaruhi saluran pernapasan manusia, menyebabkan perforasi dan ulserasi septum, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, pneumonia, dan gatal dan nyeri hidung (Kurniawan & Mulyanto, 2023).

2.7.5 Logam Zn

Logam berat merupakan salah satu zat kontaminan dalam air yang tidak dapat terurai (nondegradable) atau dihilangkan oleh mikroorganisme di lingkungan. Akibatnya, logam berat dapat menumpuk dan mengendap di dasar perairan. Logam berat didefinisikan sebagai logam dengan berat jenis (*specific gravity*) 5,0 atau lebih dan nomor atomnya berkisar antara 21 (*scandium*) dan 92 (*uranium*) dalam Sistem Periodik Bahan Kimia. Logam berat, unsur logam dengan berat molekul yang tinggi, pada umumnya beracun bagi makhluk hidup dalam kadar yang rendah. Logam berat dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan morfologi pada

organisme akuatik dan kematian (lethal) atau non-kematian (sublethal)(Ulumudin & Purnomo, 2022).

Logam berat berada dalam air dalam bentuk koloid, partikulat, atau terlarut. Karena kondisi hidrologi dan morfologinya, bahan terlarut seperti logam berat dapat terakumulasi di sepanjang perairan, bahkan beberapa kilometer setelahnya. sumber polutan. Logam berat merupakan polutan yang sulit didegradasi di lingkungan. Jika logam berat masuk ke badan air, disimpan dalam biota air, dan kemudian dicerna oleh manusia. Padatan dalam perairan, seperti sedimen, merupakan sumber pencemaran logam berat pada perairan. Pelepasan logam berat dari limbah rumah tangga, kegiatan industri, dan aktivitas manusia lainnya adalah penyebab utama masuknya logam berat ke dalam badan air. As, Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, dan Zn adalah logam berat yang paling sering tercemar dalam badan air(Utami, 2019).

Salah satu logam berat penting yang diperlukan organisme untuk pertumbuhan dan perkembangan adalah zink, yang digunakan untuk membuat haemosianin dalam sistem darah dan enzim. Logam berat Zn dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal di sana untuk waktu yang lama. Jika logam berat Zn melebihi ambang batas aman untuk konsumsi manusia, logam berat Zn dapat bersifat toksik bagi manusia. Logam berat seng dapat mengganggu pertumbuhan, mengganggu pematangan seksual, membuat Anda lebih mudah terkena infeksi, diare, dan dalam jumlah besar, dapat menyebabkan kematian, terutama pada anak-anak(Kalangie et al., 2018).

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan uji toksisitas menggunakan *Daphnia sp* yang dapat dilihat pada tabel 2.2

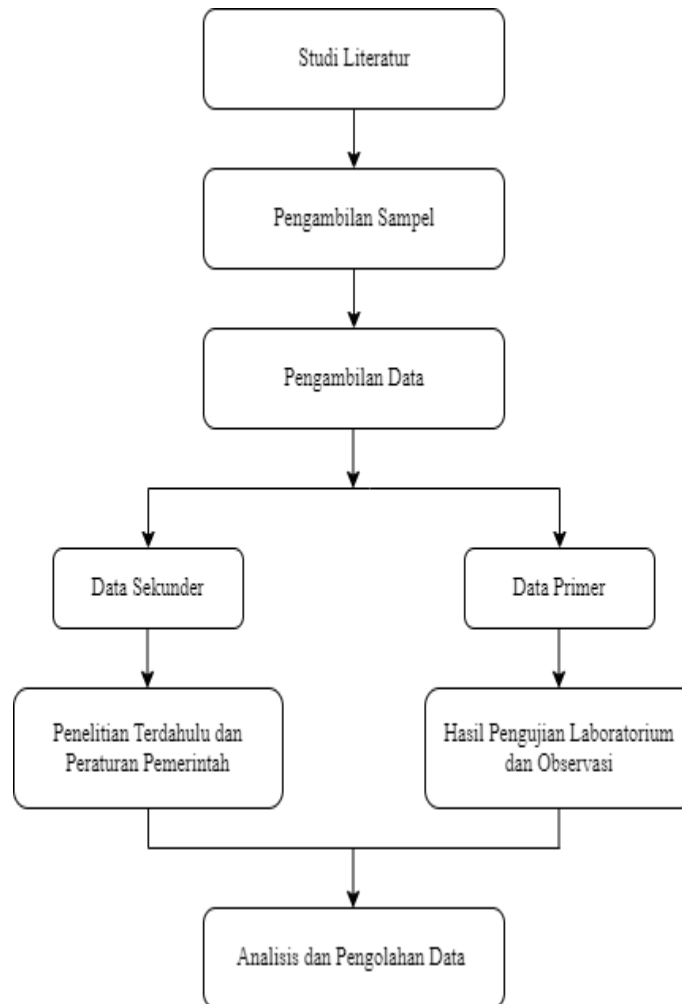
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Tivany Edwin, Taufiq Ihsan, Windy Pratiwi (2017)	Pengujian Toksistas Akut Logam Timbal (Pb), Krom (Cr) dan Kobalt (Co) Terhadap <i>Daphnia magna</i>	Meskipun hasil pengukuran konsnetrasi Pb dan Cr tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan, logam Co melebihi baku mutu. Untuk menguji toksisitas Pb, Cr, dan Co secara statik, larutan buatan Pb, Cr, dan Co digunakan sesuai dengan konsentrasi yang diukur dalam limbah cair. Uji pendahuluan dan uji dasar adalah dua tahap dari pengujian yang dilakukan. Program analisis probit EPA Versi 1.5 digunakan untuk menganalisis data mortalitas <i>Daphnia magna</i> menggunakan metode probit. Nilai LC ₅₀ Pb, Cr, dan Co terhadap <i>Daphnia magna</i> selama 24 jam adalah 1,052%; nilai LC ₅₀ Pb adalah 0,003 mg/L, 0,008 mg/L, dan 0,009 mg/L, masing-masing. Ketiga logam ini dianggap sangat toksik terhadap Dahnia magna.
2	Sitti Aisyah May W, La Kolaka, Lili Darlian(2021)	Uji Toksisitas Limbah Merkuri di Sungai Watu- Watu Kabupaten Bombana Menggunakan Larva Udang <i>Artemia Salina L.</i>	Hasil analisis dekskriptif menunjukkan bahwa konsentrasi 0,0033 mg/L membunuh 25 larva uji dan konsentrasi 0,0001 mg/L membunuh 24 larva uji setelah 24 jam pemaparan. Namun, menurut Kementerian Lingkungan Hidup, konsentrasi merkuri pada ketiga stasiun belum melampaui baku mutu kadar merkuri di air. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada sampel air sungai, bahkan pada konsentrasi terendah, benar-benar mempengaruhi kematian larva udang <i>Artemia salina L.</i>

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian yang menggambarkan metode penelitian secara rinci:



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian uji toksisitas pada air sungai Citarum Bagian Hulu

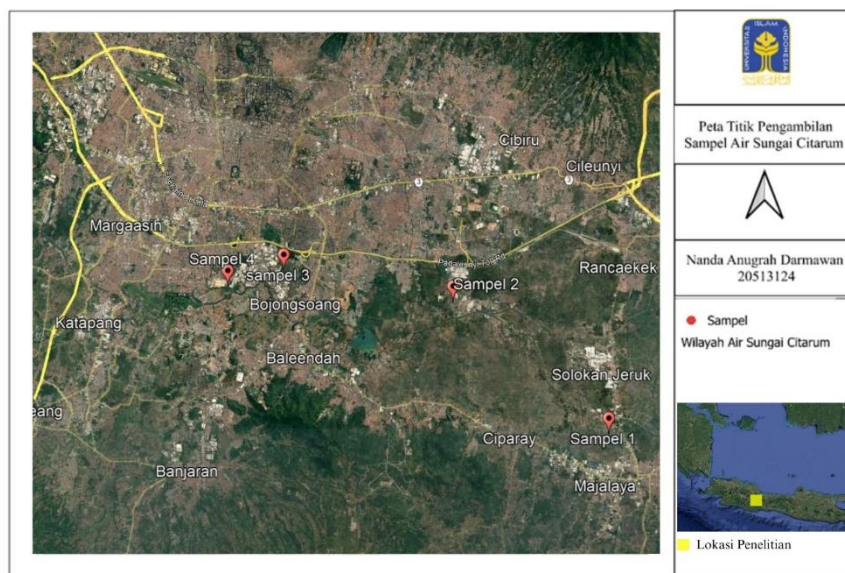
3.1.1 Pemilihan Lokasi dan Teknik Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode grab, yaitu dengan cara mengambil sampel secara langsung dari badan air pada titik-titik sampling tertentu dalam jangka waktu tertentu dan batas jarak yang telah ditentukan sebelumnya. Sampel diambil dari empat titik di bagian hulu Sungai Citarum, dengan volume masing-masing sampel sebanyak 100 mL untuk keperluan analisis di laboratorium. Sehingga dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 1 Lokasi Sampling Pada Sungai Citarum

No Lokasi	Lokasi Sampling	Koordinat Sampel
1	Jembatan Koyod, Sektor 5	7° 2'1.13"S, 107°44'49.88"E
2	Jembatan Sapan, Sektor 5	6°59'1.89"S, 107°41'16.38"E
3	Jembatan Parung Halang-Cisirung, Sektor 6	6°58'18.93"S, 107°37'24.11"E
4	Jembatan Rancamanyar, sektor 7	6°58'40.63"S, 107°36'7.42"E

Berdasarkan gambar 3.2 di bawah ini menunjukkan lokasi titik pengambilan sampel di berbagai tempat di sepanjang Sungai Citarum. Lokasi ini dipilih untuk memberikan representasi dari kualitas air di berbagai wilayah sungai. Semua sampel dari sampel 1 hingga 4 diambil di Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung.



Gambar 3. 2 Peta lokasi titik pengambilan sampel air Sungai Citarum

3.1.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian, ada dua cara untuk mengumpulkan data.

1) Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi tambahan yang tidak diperoleh secara langsung dari wilayah studi, melainkan diperoleh dari studi literatur, internet, dokumentasi, dan studi kepustakaan. Data sekunder ini digunakan sebagai pendukung untuk menganalisis dan mengolah data primer dalam penelitian. Salah satu contoh data sekunder yang penting dalam penelitian ini adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2) Data Primer

Data primer adalah sumber data utamayang berupa tindakan hasil pembicaraan mengenai beberapa informasi yang diperoleh dari informan dengan melakukan perhitungan langsung pada objek yang diteliti. Data primer pada penelitian kali ini berupa informasi mengenai berupa hasil uji parameter dan uji toksisitas.

3.2 Persiapan dan Prosedur Uji

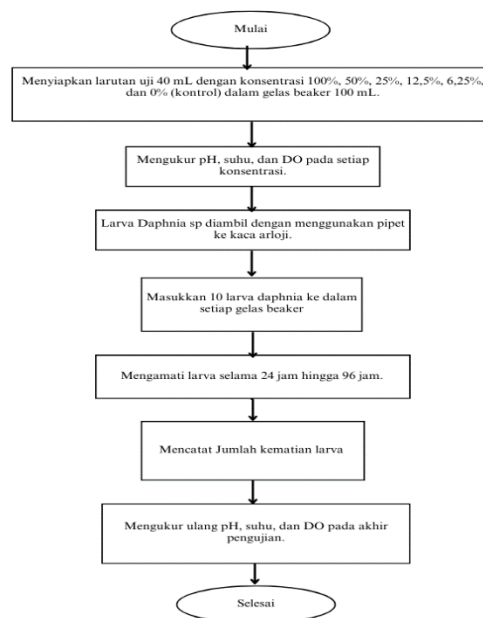
3.2.1 Aklimatisasi *Daphnia sp*

Daphnia sp diaklimatisasi untuk menyesuaikan diri dengan media kultur baru dan beradaptasi dengan berbagai lingkungan. Kultur tersebut dilengkapi dengan aerator untuk menyediakan oksigen terlarut dan makanan dalam bentuk fermipan. Fermipan digunakan sebagai pakan dalam penelitian ini karena mudah dilakukan dan diperoleh.(Surtikanti et al., 2017). Tujuan dari aklimatisasi adalah untuk mendorong *Daphnia sp* untuk mengembangkan media air di dalam wadah, sehingga *Daphnia sp* memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan baru. Selama aklimatisasi dilakukan pemberian pakan yaitu fermipan. Aklimatisasi *Daphnia* dilakukan di akuarium berukuran panjang 58 cm, tinggi 30 cm, dan lebar 24 cm. Selama aklimatisasi, *Daphnia sp* diberi pakan fermipan. Pakan diambil menggunakan ujung sendok spatula, kemudian diencerkan dengan air aquadest dan didistribusikan ke setiap sudut akuarium menggunakan pipet tetes. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari. Jika ditemukan indukan *Daphnia sp* betina yang bertelur, indukan tersebut dipindahkan ke gelas beaker berkapasitas 250 mL menggunakan pipet tetes.

Selain proses aklimatisasi, dilakukan juga penyeleksian bahan pengencer dan tempat hidup yang optimal bagi *Daphnia sp.* Tiga jenis bahan, yaitu air sumur, air akuadest, dan air kemasan, diuji untuk menentukan bahan terbaik. Dari hasil seleksi, diketahui bahwa *Daphnia sp* mampu bertahan hidup dengan baik pada air kemasan. Oleh karena itu, air kemasan dipilih sebagai bahan pengencer utama dalam pengujian toksisitas. Proses ini memastikan lingkungan yang stabil dan mendukung kelangsungan hidup *Daphnia sp* selama penelitian.

3.2.2 Uji Toksisitas

Syarat kelangsungan hidup *Daphnia sp* dalam pengujian meliputi beberapa parameter lingkungan yang harus diperhatikan. Rentang pH optimal adalah 7,5 hingga 8,3, dan kadar DO (Dissolved Oxygen) tidak boleh turun di bawah 4,0 mg/L. Suhu lingkungan disarankan berada pada kisaran 20°C hingga 25°C. Selama pengujian, suhu tidak boleh menyimpang lebih dari 3°C dari suhu minimum atau maksimum yang ditetapkan. Di bawah ini adalah *flowchart* yang menunjukkan alur kerja pengujian toksisitas.



Gambar 3. 3 Diagram alir pelaksanaan pengujian toksisitas air Sungai Citarum

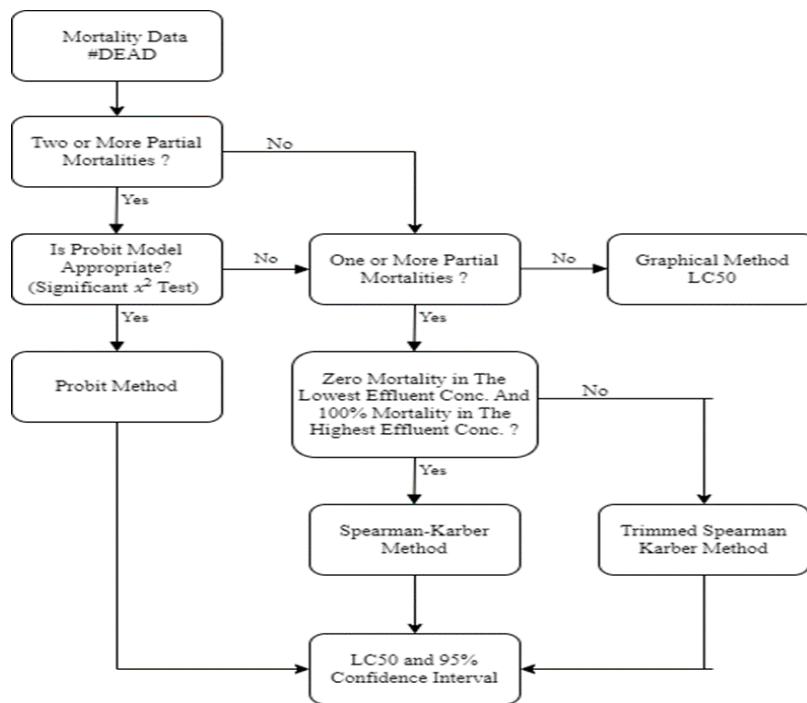
Komposisi air yang digunakan dalam uji toksisitas disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 3. 2 Komposisi Pengenceran uji toksisitas air Sungai Citarum bagian hulu

Konsentrasi(%)	Air Sampel(ml)	Air pengenceran (AK)(ml)
6,25	2,5	37,5
12,5	5	35
25	10	30
50	20	20
100	40	0

3.2.3 Pengolahan Data

Pilihan metode untuk menentukan nilai LC_{50} bergantung pada data kematian yang diperoleh selama pengujian. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung nilai LC_{50} adalah seperti yang ditunjukkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3. 4 Diagram determinant LC_{50}

Berdasarkan Gambar 3.2 di atas Untuk setiap konsentrasi, jumlah kematian hewan yang diuji dicatat dalam tabel pada waktu 24, 48, 72, dan 96 jam. Jika pengujian dilakukan dua kali lipat atau lebih, hasilnya adalah rata-rata persentase kematian. Jika kematian parsial terjadi pada dua konsentrasi uji atau lebih (≥ 2), dan hasilnya signifikan, analisis dilakukan dengan metode probit. Jika kematian parsial terjadi pada dua konsentrasi uji atau kurang (≤ 2), dan terdapat kematian pada konsentrasi

terendah dari efluen atau kematian total pada konsentrasi tertinggi, analisis dilakukan dengan pendekatan *Spearman karber*. Jika kematian parsial terjadi pada 2 konsentrasi uji atau kurang (≤ 2), dan tidak ada kematian pada konsentrasi terendah tetapi ada kematian parsial pada konsentrasi tertinggi, analisis dilakukan dengan pendekatan *trimmed spearman karber*. Jika tidak ada kematian parsial pada konsentrasi uji, analisis data dilakukan menggunakan metode Grafik (US EPA, 2002).

3.3 Pengujian Parameter kimia

Berikut terdapat Beberapa parameter pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Metode Pengujian Parameter Kimia pada air sungai Citarum

No	Parameter	Unit	Metode	Standar
1	<i>Chemical Oxygen Dissolved</i> (COD)	mg/L	Spektrofotometri	SNI 6989.2:2009
2	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	Turbidimetri	SNI 6989.20:2019
3	Krom Heksavalen (Cr VI)	mg/L	Spektrofotometri	SNI 6989.71:2009
4	Logam Seng (Zn)	mg/L	Spektrofotometri	SNI 6989.84.2019

Berdasarkan tabel 3.4 diatas terdapat 5 parameter kimia yang di uji, dimana hal itu dilakukan agar dapat melihat apakah parameter tersebut memenuhi baku mutu atau tidak, dimana peraturan yang digunakan untuk baku mutu air sungai adalah PP 22 Thn 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebagai berikut :

Tabel 3. 4 Baku mutu parameter kimia yang di uji pada air sungai Citarum

No	Parameter	Unit	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi(COD)	mg/L	25	40	80
2	Sulfat(SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	400
3	Kroimum Heksavalen (Cr-VI)	mg/L	0,05	0,05	1
4	Seng(Zn) Terlarut	mg/L	0,05	0,05	2

3.4 Kesadahan Air

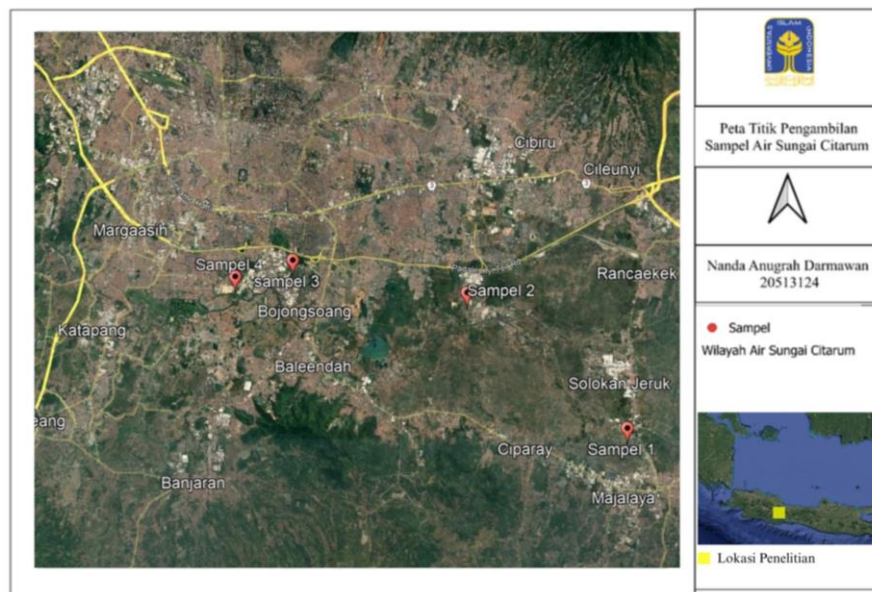
Pada penelitian ini, kesadahan total, magnesium, dan kalsium diukur. Metode titrimetri digunakan untuk menguji sesuai dengan SNI 06-689.12-2004. Pengujian ini dilakukan dalam dua tahap: pengujian sebelum pengamatan pada air sungai Citarum tanpa *Daphnia sp* dan pengujian setelah pengamatan melibatkan campuran antara air sungai Citarum dan air kemasan dengan *Daphnia sp*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Sungai Citarum

Penelitian ini dilakukan di Sungai Citarum, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Sungai Citarum, salah satu sungai terpanjang dan terpenting di Jawa Barat, berfungsi untuk berbagai kebutuhan, termasuk sumber air bersih dan industri. Untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang kualitas air sungai di bagian hulu sungai Citarum, empat lokasi dipilih untuk pengambilan sampel air. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada berbagai bentuk aktivitas manusia dan kemungkinan kontaminasi di sepanjang aliran sungai. Semua sampel dari sampel 1 hingga 4 diambil di Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung. Daerah ini memiliki aktivitas industri yang signifikan, dengan sekitar 45 industri tekstil, dua rumah sakit, dan limbah rumah tangga. Berbagai sumber limbah ini, terutama dari industri tekstil, rumah sakit, dan limbah rumah tangga, berkontribusi signifikan terhadap kondisi air di sungai sekitar.



Gambar 4. 1 Peta lokasi penelitian air sungai Citarum bagian hulu

4.2 Kualitas Air Sungai Citarum

Dalam pengujian kualitas air terdapat parameter kimia termasuk di dalamnya COD(*Chemical Oxygen Demand*), Kromium heksavalen(Cr(VI)), Sulfat(SO_4^{2-}), dan seng(Zn).

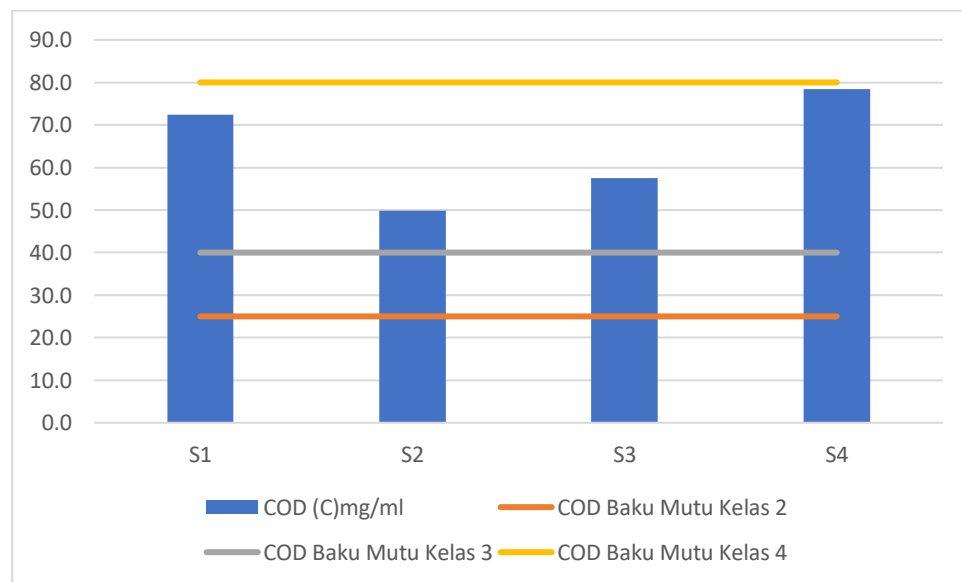
Berdasarkan hasil pengujian ini, kualitas air pada bagian hulu sungai citarum tercantum dalam tabel 4.1 Hasil uji parameter kimia sungai Citarum bagian hulu.

4.2.1 Chemical Oxygen Demand(COD)

Banyaknya oksigen (mg) yang dibutuhkan oksidator untuk mengoksidasi bahan organik atau anorganik dalam satu liter air limbah disebut COD (*Chemical Oxygen Demand*).

Tabel 4. 1 Hasil pengujian *Chemcial Oxygen Demand*(COD)Pada Sungai Citarum bagian Hulu

<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>				
Kode	(C)mg/L	Baku Mutu Kelas 2(mg/L)	Baku Mutu Kelas 3(mg/L)	Baku Mutu Kelas 4(mg/L)
S1	72,4	25	40	80
S2	49,9	25	40	80
S3	57,5	25	40	80
S4	78,4	25	40	80



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Perhitungan *Chemical Oxygen Demand*(COD) pada air Sungai Citarum Bagian Hulu

Berdasarkan Tabel 4.1 Bahwa hasil uji COD di laboratorium mengatakan melebihi baku mutu yang telah ditentukan dimana baku mutu yang digunakan itu mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

dimana baku mutu kelas 2 itu 25 mg/L untuk peruntukan kelas 2 pada air sungai sendiri merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama kegunaan tersebut.

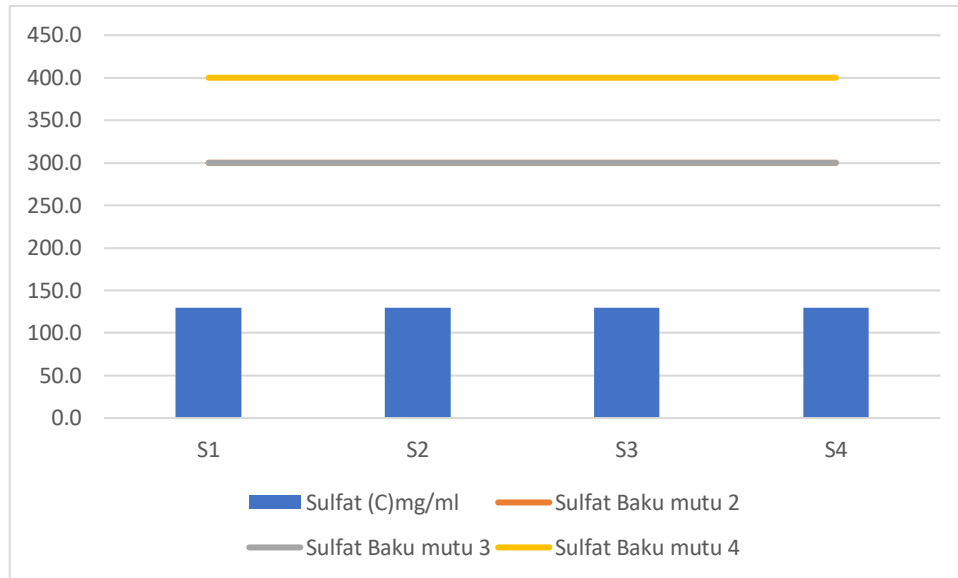
Pernyataan ini sejalan dengan pekerjaan (Pratiwi & Noviana, 2016) tentang kadar COD, atau permintaan oksigen kimiawi. Sampel dikumpulkan dari berbagai tempat di sepanjang sungai untuk penelitian ini. Jumlah COD yang diukur pada tahun 2014 melebihi baku mutu 25 mg/L. Nilai COD di lokasi pertama di Wangisagara adalah 38,49 mg/L; lokasi kedua di Koyod adalah 110,34 mg/L; lokasi ketiga di area setelah IPAL Cisurung adalah 99,34 mg/L; dan lokasi keempat di Nanjung adalah 63,19 mg/L.

4.2.2 Sulfat

Berikut disajikan hasil pengukuran kadar sulfat di Sungai Citarum dalam tabel berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sulfat pada air sungai Citarum bagian Hulu

Sulfat				
Kode	(C)mg/L	Baku Mutu Kelas 2(mg/L)	Baku Mutu Kelas 3(mg/L)	Baku Mutu Kelas 4(mg/L)
S1	129,9	300	300	400
S2	129,8	300	300	400
S3	129,7	300	300	400
S4	129,9	300	300	400



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Perhitungan Sulfat pada air Sungai Citarum Bagian Hulu

Berdasarkan Tabel 4.2 dimana hasil analisis yang dilakukan di laboratorium di dapat hasilnya mulai dari sampel satu yaitu di jembatan Koyod 129,9 mg/l ; sampel dua Sapan 129,8 mg/L, sedangkan sampel tiga 129,7 mg/L dan sampel 4 Rancamanyar yaitu 129,9 mg/L , dimana dapat dilihat dari data diatas itu terdapat penurunan dari sampel satu sampai tiga namun pada sampel 4 terdapat kenaikan dimana hasilnya itu sama dengan sampel 129,9 mg/L. dari ke empat sampel yang diuji dapat dikatan bahwa sulfat di sungai Citarum itu memenuhi baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dimana baku mutu yang digunakan itu kelas 2 yakni 300 mg/L dimana peruntukkannya merupakan air yang dapat digunakan untuk prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada sungai Citarum, dapat dibandingkan dengan sungai Batanghari yang dimana, hasil menunjukkan bahwa kadar sulfat di hulu dan hilir air sungai Batanghari memperoleh nilai kadar sulfat sebesar 28,50 mg/L pada hulu dan 32,745 mg/L pada hilir (Sari, 2021). Dapat

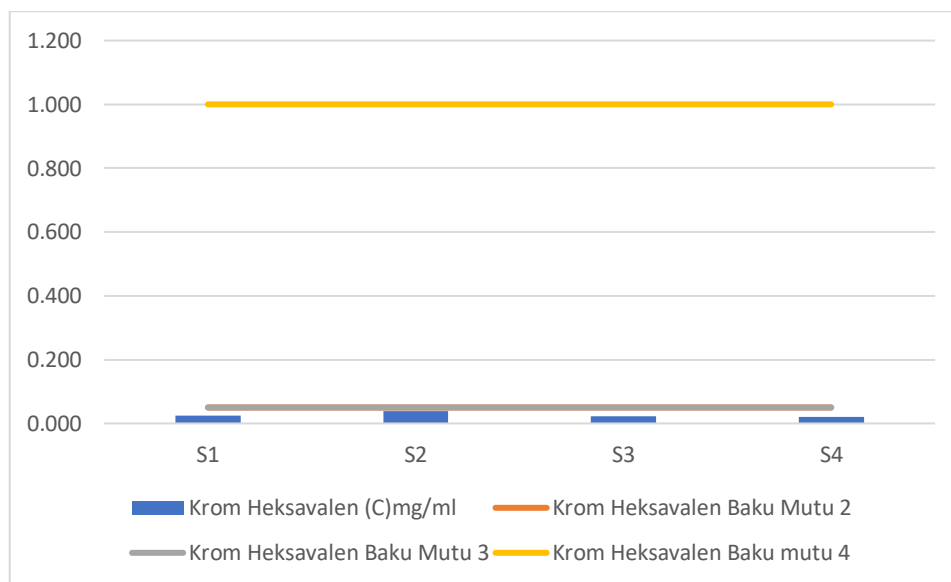
disimpulkan bahwa sungai Citarum memperoleh nilai lebih kecil dibandingkan dengan sungai Batanghari.

4.2.3 Kromium Heksavalen

Berikut disajikan hasil pengukuran kromium heksavalen di Sungai Citarum dalam tabel berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Krom Heksavalen Pada Sungai Citarum Bagian Hulu

Krom Heksavalen				
Ko de	(C)mg/L	Baku Mutu Kelas 2(mg/L)	Baku Mutu Kelas 3(mg/L)	Baku Mutu Kelas 4(mg/L)
S1	0,024	0,05	0,05	1
S2	0,038	0,05	0,05	1
S3	0,023	0,05	0,05	1
S4	0,021	0,05	0,05	1



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Perhitungan Kromium Heksavalen pada air Sungai Citarum Bagian Hulu

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil pengujian kromium heksavalen yang didapat sampel satu yaitu jembatan Koyod didapat hasilnya 0,024 mg/L dan sampel dua yaitu jembatan Sapan didapat dengan hasil 0,038, pada sampel tiga yaitu Parung Halang-Cisirung itu didapat 0,023 mg/L, sedangkan sampel 4 yaitu di jembatan Rancamanyar dengan hasil yang didapat yaitu 0,021. Sehingga dari data yang didapat diatas dari sampel satu sampai dengan sampel 4 memenuhi baku mutu

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu dengan nilai baku mutunya yaitu 0,05 mg/L.

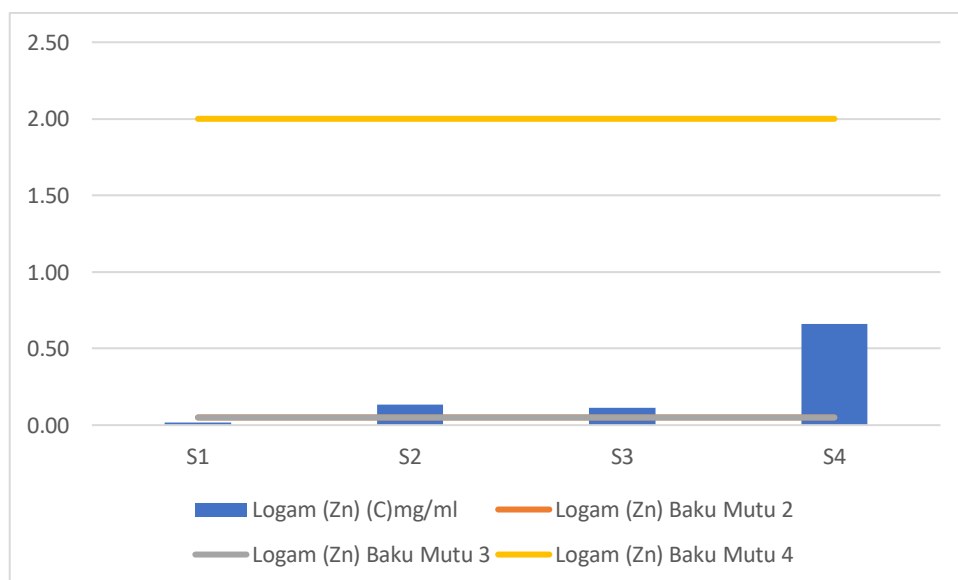
Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Yanti, 2022) yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, yang menunjukkan kadar Cr(VI) dalam air sungai di sana tidak melebihi baku mutu, dengan nilai analisis 0,0094 mg/L dan 0,0096 mg/L, masing-masing. Namun, kadar Cr(VI) di Sungai Citarum sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan sungai di kota Semarang, tetapi tetap di bawah baku mutu.

4.2.4 Logam Zn

Berikut disajikan hasil pengukuran logam Zn di Sungai Citarum dalam tabel berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Logam Zn Sungai Citarum Pada Bagian Hulu

Logam (Zn)				
Kode	(C)mg/L	Baku Mutu Kelas 2(mg/L)	Baku Mutu Kelas 3(mg/L)	Baku Mutu Kelas 4(mg/L)
S1	0,02	0,05	0,05	2
S2	0,14	0,05	0,05	2
S3	0,11	0,05	0,05	2
S4	0,66	0,05	0,05	2



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Perhitungan Logam Zn pada air sungai Citarum bagian hulu

Berdasarkan Pada table 4.4 dimana hasil yang didapat dalam pengujian Logam Zn di Sungai Citarum itu pada sampel 1 yaitu jembatan Koyod, 0,015mg/L, sampel 2 yaitu jembatan sapan hasilnya didapat 0,13 mg/L, sampel 3 yaitu jembatan Parung Halang-Cisirung, Sampel 4 Jembatan Rancamanyar hasilnya 0,66 mg/L, sehingga dapat disimpulkan dari pengujian logam Zn ini terdapat satu sampel saja yang memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pada peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana sampel yang memenuhi baku mutu tersebut adalah di Jembatan Koyod yang hasilnya 0,015 mg/L sedangkan dari sampel 2 sampai dengan sampel 4 itu melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 0,05 mg/L dimana baku mutu yang di ambil ini adalah peruntukan kelas 2 yaitu air yang digunakan untuk prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Hasil ini dapat dibandingkan dengan penelitian (Blesstinov et al., 2017) di sungai Tondano. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar polutan di beberapa bagian sungai melebihi baku mutu yang ditetapkan; konsentrasi Zn di hulu adalah 0,86 mg/L, di tengah 0,47 mg/L, dan di hilir kurang dari 0,01 mg/L. Namun, meskipun kadar Zn di bagian hilir sungai Tondano cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran yang dilakukan di Sungai Citarum pada penelitian ini, bagian hilir sungai Tondano sudah memenuhi baku mutu yang ditentukan

4.2.5 Analisis Kesadahan

Analisis Kesadahan ini dilakukan menggunakan metode titrasi EDTA, dimana analisis ini diperlukan untuk

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Kesadahan Sebelum dilakukan Pengamatan Hewan Uji Dapnia Sp

Sebelum Pengamatan			
Lokasi	Kesadahan Total(mg CaCO₃/L)	Kesadahan Kalsium(mg CaCO₃/L)	Kesadahan Magnesium(mg CaCO₃/L)
Sampel 1	202,1	24,7	34,1
Sampel 2	381,4	39,6	68,6

Sebelum Pengamatan			
Lokasi	Kesadahan Total(mg CaCO₃/L)	Kesadahan Kalsium(mg CaCO₃/L)	Kesadahan Magnesium(mg CaCO₃/L)
Sampel 3	255,7	42,9	36,1
Sampel 4	243,3	53,6	26,6

Berdasarkan tabel 4.5 di atas membahas mengenai hasil analisis kesadahan sebelum dilakukannya pengamatan terhadap *Daphnia sp* yang akan di uji toksisitasnya. Baku mutu yang akan digunakan untuk kesadahan air yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus per Aqua*, dan Pemandian Umum, dimana untuk Baku Mutu Kesadahan yaitu 500 mg/L, dan dapat dilihat dari sampel 1 sampai dengan sampel 100 yaitu semua sampel memenuhi baku mutu kesadahan, sedangkan pada kesadahan kalsium dan magnesium dapat dilihat bahwa sampel 1 sampai dengan sampel 4 itu masih memenuhi baku mutu yang telah ditentukan.

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Kesadahan Setelah Pengamatan Hewan Uji *Daphnia sp*

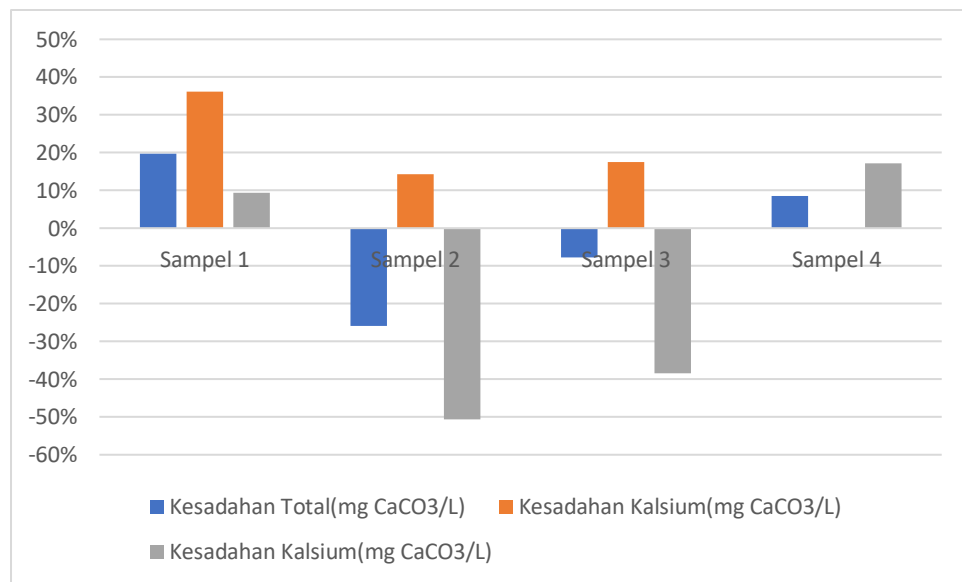
Setelah Pengamatan			
Lokasi	Kesadahan Total(mg CaCO₃/L)	Kesadahan Kalsium(mg CaCO₃/L)	Kesadahan Magnesium (mg CaCO₃/L)
Sampel 1	251,5	38,8	37,6
Sampel 2	303,1	46,2	45,6
Sampel 3	237,1	52,0	26,1
Sampel 4	266,0	53,6	32,1

Berdasarkan tabel 4.6 diatas dapat dilihat terdapat hasil analisis kesadahan total, kalsium dan magnesium yang pengujiannya dilakukan setelah pengamatan *Daphnia sp* untuk pengujian toksisitas. Hasil yang di dapat pada sampel 1 sampai dengan sampel 10 itu memenuhi baku mutu yang telah ditentukan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar

Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan air Untuk keperluan hygiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus per Aqua*, dan Pemandian Umum yaitu 500 mg/L. namun dapat dilihat dari tabel 4.5 yang dimana dilakukan analisis sebelum pengamatan dan apabila dibandingkan terdapat kenaikan dan ada juga yang mengalami penurunan.

Tabel 4. 7 Hasil Perubahan dari sebelum pengamatan hingga Setelah pengamatan dilakukan

Persentase			
Lokasi	Kesadahan Total	Kesadahan Kalsium	Kesadahan Magnesium
Sampel 1	20%	36%	9%
Sampel 2	-26%	14%	-51%
Sampel 3	-8%	17%	-38%
Sampel 4	9%	0%	17%



Gambar 4. 6 Hasil persentase perubahan dilakukan sebelum pengamatan dan setelah pengamatan *Daphnia sp*

Berdasarkan Tabel 4.6 dan gambar grafik di atas menampilkan persentase kesadahan total, kesadahan kalsium, dan kesadahan magnesium setelah dilakukan pengamatan terhadap kesadahan total, magnesium, kalsium sebelum dilakukan pengamatan sampel yang diambil dari berbagai lokasi. Tujuan dari persentase ini adalah untuk menunjukkan seberapa besar perubahan yang terjadi antara pengamatan awal sebelum pengamatan dan hasil pengamatan yang dilakukan

setelah pengamatan pada kesadahan air di tiap sampel. sehingga dapat dijelaskan bahwa

1. Sampel 1 kesadahan total meningkat sebesar 20%, menunjukkan adanya penambahan jumlah ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} setelah pengamatan. Kesadahan kalsium mengalami peningkatan signifikan sebesar 36%, yang menunjukkan kenaikan dominan pada kandungan kalsium. Kesadahan magnesium hanya meningkat sedikit sebesar 9%, menunjukkan perubahan yang lebih kecil pada kandungan magnesium.
2. Sampel 2 kesadahan total menurun sebesar 26%, menunjukkan penurunan kandungan mineral terlarut secara keseluruhan. Kesadahan kalsium meningkat sebesar 14%, menunjukkan adanya sedikit peningkatan kandungan kalsium meskipun total kesadahan menurun. Kesadahan magnesium mengalami penurunan signifikan sebesar -51%, yang menjadi faktor utama dalam penurunan total kesadahan.
3. Sampel 3 kesadahan total menurun sebesar -8%, menunjukkan sedikit pengurangan kandungan mineral. Kesadahan kalsium meningkat sebesar 17%, menunjukkan kontribusi kalsium yang lebih besar dibandingkan sebelum pengamatan. Kesadahan magnesium menurun sebesar -38%, menunjukkan pengurangan dominan pada kandungan magnesium.
4. Sampel 4 kesadahan total meningkat sebesar 9%, menunjukkan peningkatan kecil pada kandungan mineral. Kesadahan kalsium tidak mengalami perubahan (0%), menunjukkan konsistensi kandungan kalsium. Kesadahan magnesium meningkat sebesar 17%, yang menjadi faktor utama dalam kenaikan kesadahan total.

Persentase perubahan kesadahan kalsium dan magnesium berbeda di setiap sampel. Nilai persentase ini sangat penting untuk memahami pola kesadahan yang meningkat atau menurun akibat komponen lingkungan di sekitar Sungai Citarum. Hasil ini dapat digunakan untuk menentukan seberapa besar pengaruh faktor luar atau pencemaran pada komposisi mineral yang terlarut dalam air. Ingin mengetahui kualitas awal air Sungai Citarum, termasuk tingkat ion kalsium dan magnesium. Dalam uji toksisitas, kesadahan air biasanya dikontrol atau disesuaikan dengan standar tertentu (seperti EPA atau ISO) untuk memastikan hasil yang konsisten dan

dapat dibandingkan, serta pada setiap sampel sudah tercampur dengan bahan pengenceran yaitu air kemasan sehingga diperlukannya pengamatan kesadahan setelah dilakukannya pengamatan hewan uji *Daphnia sp.*

4.3 Pengujian Toksisitas

Uji toksisitas menggunakan data dosis-respons untuk menentukan seberapa berbahaya suatu zat bagi sistem biologis. Biota yang diuji dalam uji toksisitas memerlukan proses aklimatisasi untuk menyesuaikan diri dengan dua lingkungan yang berbeda, sehingga tidak ada stres tambahan yang disebabkan oleh perubahan kondisi lingkungan. Setelah aklimatisasi, pengujian toksisitas lanjutan dimulai.

4.3.1 Aklimatisasi

Daphnia sp tersebut dibudidayakan dengan menggunakan media air sumur yang telah didiamkan selama satu minggu di dalam akuarium yang terletak di Laboratorium teknik lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII).

4.3.2 Hasil Pengukuran Parameter Fisik

Berikut terdapat hasil pengukuran yang dilakukan pada air Sungai citarum di 4 titik sampel dimana dilakukan pengukuran pada pH, Do, salinitas awal dan akhir

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Cirarum bagian hulu

Sampel 1					
Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)	Salinitas awal	Salinitas Akhir
6,25%	9,37	5,31	24,6	0,01%	0,06%
12,50%	9,11	5,71	24,5	0,02%	
25%	8,88	5,89	24,3	0,02%	
50%	8,59	6,04	24,3	0,03%	
100%	8,32	6,06	23,7	0,06%	

Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Cirarum bagian hulu

Sampel 2					
Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)	Salinitas	Salinitas Akhir
6,25%	8,62	4,83	25,3	0,02%	
12,50%	8,65	5,55	25,2	0,02%	
25%	8,47	6,3	25,1	0,02%	
50%	8,33	4,79	26,4	0,04%	
100%	8,07	5,72	26,5	0,06%	
					0,06%

Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Cirarum bagian hulu

Sampel 3					
Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)	Salinitas	Salinitas Akhir
6,25%	8,85	5,76	24,8	0,01%	
12,50%	8,72	5,56	24,4	0,01%	
25%	8,61	5,4	24,8	0,02%	
50%	8,46	4,93	24,7	0,02%	
100%	8,32	4,92	24,5	0,04%	
					0,03%

Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran awal untuk parameter kimia dan fisik pada air sungai Cirarum bagian hulu

Sampel 4					
Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)	Salinitas	Salinitas Akhir
6,25%	8,73	6,08	25,7	0,01%	
12,50%	8,6	5,6	25,9	0,01%	
25%	8,48	5,67	25,9	0,02%	
50%	8,26	4,56	25,9	0,03%	
100%	8,06	5,09	25,7	0,04%	
					0,04%

4.3.3 Uji Toksisitas

Pengujian toksisitas ini menggunakan *Daphnia sp* sedangkan untuk medianya yaitu menggunakan gelas sloki, Setelah alat dan bahan lengkap, selanjutnya dilakukan perhitungan konsentrasi dimana jika sampel nya merupakan campuran yang tidak diketahui konsentrasinya secara pasti maka konsentrasi dibuat dalam % (vol/vol).

Tabel 4. 12 Hasil Pengamatan Kematian *Daphnia sp* Sampel 1 pada air Sungai Citarum bagian hulu

Sampel 1					
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	24 jam	48	72	96
6,25	10	0	1	1	1
12,5	10	0	0	0	0
25	10	0	4	10	10
50	10	0	1	1	1
100	10	0	0	1	1

Dalam uji toksisitas, mortalitas hewan uji terhadap sampel air Sungai Citarum (Sampel 1) ditunjukkan di Tabel 4.7 di atas. Tabel ini menunjukkan jumlah hewan uji yang meninggal pada berbagai konsentrasi air limbah dan pada interval waktu yang berbeda, yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Konsentrasi (%): Pengaruh toksisitas pada organisme uji diukur dengan lima konsentrasi berbeda (6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100%). Jumlah Hewan Uji 10 *Daphnia sp*. Waktu Pengamatan Kematian dilaporkan setelah 24, 48, 72, dan 96 jam. Pada konsentrasi 6,25% dan 12,5%, tidak ada mortalitas signifikan selama 96 jam (hanya 1 hewan mati pada konsentrasi 6,25% setelah 24 jam). Pada konsentrasi 25%, kematian dimulai setelah 48 jam, dengan 4 hewan meninggal setelah 96 jam. Pada konsentrasi 50%, kematian dimulai setelah 72 jam, dengan 1 hewan meninggal setelah 96 jam. Pada konsentrasi 100%, satu hewan meninggal setelah 72 dan 96 jam. Pengamatan ini menunjukkan bahwa tingkat mortalitas hewan uji meningkat seiring dengan konsentrasi air limbah yang digunakan, terutama setelah 48 hingga 96 jam. Ini menunjukkan bahwa toksisitas sampel air Sungai Citarum meningkat seiring dengan waktu paparan dan konsentrasi air limbah Sampel 1.

Tabel 4. 13 Hasil Pengamatan Kematian *Daphnia sp* Sampel 2 pada air Sungai Citarum bagian hulu

Sampel 2					
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	24	48	72	96
6,25	10	0	1	1	1
12,5	10	0	0	1	1
25	10	0	0	1	1
50	10	0	0	1	1
100	10	0	0	0	0

Tabel 4.13 menampilkan hasil observasi tentang mortalitas hewan uji dalam uji toksisitas Sampel 2 Sungai Citarum. Kematian organisme uji terjadi selama periode waktu tertentu pada berbagai konsentrasi air sungai seperti yang ditunjukkan dalam tabel. Konsentrasi (%): Seperti dalam Sampel 1, lima konsentrasi berbeda (6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100%) diuji untuk mengukur toksisitas air. Jumlah Hewan Uji 10 *Daphnia sp* diuji untuk setiap konsentrasi. Pengamatan Mortalitas berbeda dengan sampel 1, tabel ini menunjukkan bahwa tidak ada mortalitas yang dicatat pada semua konsentrasi selama seluruh periode pengamatan (24 hingga 96 jam), yang dapat dilihat dari angka 0 di seluruh kolom waktu. dapat disimpulkan tabel ini menunjukkan bahwa selama periode pengamatan, sampel 2 Sungai Citarum tidak menunjukkan efek toksisitas yang signifikan pada hewan uji. Ini menunjukkan bahwa air dari Sampel 2 tidak membunuh organisme uji pada konsentrasi hingga 100%. Berbeda dengan sampel 1, yang menunjukkan tingkat kematian yang lebih tinggi pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Tabel 4. 14 Hasil Pengamatan Kematian *Daphnia sp* Sampel 3 pada air Sungai Citarum bagian hulu

Sampel 3					
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	24	48	72	96
6,25	10	0	0	1	1
12,5	10	0	0	1	1
25	10	0	1	1	1
50	10	0	0	2	2
100	10	0	0	1	1

Data tentang pengamatan kematian (kematian) organisme uji pada sampel 3 Sungai Citarum selama 24 hingga 96 jam ditunjukkan dalam Tabel 4.9 dalam gambar di atas. Tabel ini berisi berbagai tingkat konsentrasi polutan atau zat yang diuji pada organisme: 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100%. Setiap baris tabel menunjukkan jumlah hewan uji yang digunakan 10 *Daphnia sp* untuk tiap konsentrasi. Pada 24, 48, 72, dan 96 jam, tabel mencatat jumlah hewan yang mati pada tiap interval waktu. Mortalitas tidak tercatat selama 96 jam pada konsentrasi rendah (6,25%). Pada konsentrasi yang lebih tinggi (12,5% hingga 100%), mortalitas mulai terlihat setelah 48 jam, dengan beberapa hewan meninggal di antara 48, 72, dan 96 jam. Mortalitas cenderung meningkat dengan waktu dan konsentrasi. Tingkat kematian

hewan uji dipengaruhi oleh konsentrasi zat atau polutan yang lebih tinggi, terutama setelah 48 jam, seperti yang ditunjukkan dalam tabel ini.

Tabel 4. 15 Hasil Pengamatan Kematian *Daphnia sp* Sampel 4 pada air Sungai Citarum bagian hulu

Sampel 4					
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	24	48	72	96
6,25	10	0	0	1	1
12,5	10	0	0	0	0
25	10	0	1	1	1
50	10	0	0	1	1
100	10	0	0	0	1

Data tentang mortalitas organisme uji pada Sampel 4 Sungai Citarum selama 24 hingga 96 jam ditunjukkan dalam Tabel 4.10, yang menunjukkan konsentrasi zat uji masing-masing 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100%. Digunakan 10 hewan *Daphnia sp* pada tiap konsentrasi. Kematian mereka dicatat pada interval waktu 24, 48, 72, dan 96 jam, yang menunjukkan jumlah hewan yang mati pada tiap interval waktu. Tidak ada kematian yang dicatat selama 96 jam pada konsentrasi 6,25%; pada konsentrasi 12,5%, kematian muncul pada 72 dan 96 jam; dan pada konsentrasi yang lebih tinggi, 25%, 50%, dan 100%, kematian muncul lebih cepat, dengan kematian dimulai setelah 48 jam. Moralitas cenderung meningkat seiring dengan konsentrasi zat yang lebih tinggi dan waktu paparan yang lebih lama. Tabel 4.10 menunjukkan bahwa tingkat kematian organisme uji meningkat seiring dengan konsentrasi zat atau polutan yang diujikan.

4.3.4 Hubungan antara Kesadahan dengan Total Kematian *Daphnia sp*

Berdasarkan tabel sebelumnya yang menunjukkan hasil pengamatan pada lima konsentrasi uji dan empat titik sampel, pengukuran dilakukan pada empat interval waktu, yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Dari hasil pengamatan ini, data kematian organisme uji telah diakumulasikan untuk mendapatkan total kematian pada masing-masing konsentrasi dan titik sampel. Hasil dari perhitungan total ini dapat dilihat pada tabel 4.16 sampai 4.19, yang memberikan gambaran mengenai tingkat toksisitas pada setiap konsentrasi dan sampel dalam periode waktu yang diamati. Tabel ini memudahkan untuk melihat pola dan kecenderungan

toksisitas yang meningkat atau menurun seiring waktu, serta perbedaan respons organisme uji terhadap variasi konsentrasi pada tiap titik sampel yang diukur.

Tabel 4. 16 Total kematian daphnia sp sampel 1 dari semua konsentrasi selama 96 jam

Sampel 1		
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	Total Kematian
6,25	10	3
12,5	10	0
25	10	10
50	10	3
100	10	2

Tabel 4. 17 Total kematian daphnia sp sampel 2 dari semua konsentrasi selama 96 jam

Sampel 2		
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	Total Kematian
6,25	10	3
12,5	10	2
25	10	2
50	10	2
100	10	0

Tabel 4. 18 Total kematian daphnia sp sampel 3 dari semua konsentrasi selama 96 jam

Sampel 3		
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	Total Kematian
6,25	10	2
12,5	10	2
25	10	3
50	10	4
100	10	2

Tabel 4. 19 Total kematian daphnia sp sampel 4 dari semua konsentrasi selama 96 jam

Sampel 4		
Konsentrasi(%)	Jumlah Hewan Uji	Total Kematian
6,25	10	2
12,5	10	0
25	10	3
50	10	2
100	10	1

Parameter kimia yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan adalah salah satu dari banyak penyebab kematian organisme uji, seperti yang ditunjukkan dalam tabel di atas. Kematian juga dapat terjadi karena kondisi kesehatan organisme uji yang tidak ideal. Salah satu parameter kimia yang terkait langsung dengan temuan ini adalah kesadahan air parameter ini sangat penting karena dapat memperburuk atau memperbaiki respons organisme terhadap kondisi air yang tercemar. Berikut adalah analisis perbandingan hasil uji kesadahan dan tingkat kematian *Daphnia sp* pada berbagai sampel dengan rekomendasi kesadahan untuk kultur *Daphnia sp* Sebelum dilakukan pengamatan, masing-masing sampel menunjukkan variasi tingkat kesadahan :

1. Sampel 1 yang berlokasi di jembatan Koyod memiliki nilai kesadahan total 251,5 mg/L, magnesium 37,6 mg/L, kalsium 38,8 mg/L, dengan tingkat kematian *Daphnia sp* sebanyak 2 individu pada konsentrasi yang diuji yaitu 100%.
2. Sampel 2 yang berlokasi di jembatan Sapan memiliki nilai kesadahan total 303,1 mg/L, magnesium 45,6 mg/L, kalsium 26,1 mg/L, dengan tidak adanya kematian di konsentrasi 100%.
3. Sampel 3 yang berlokasi di jembatan Parung Halang-Cisirung memiliki kesadahan total 237,1 mg/L, magnesium 26,1 mg/L, kalsium 52,0 mg/L, dengan tingkat kematian *Daphnia* sebanyak 2 individu pada konsentrasi 100%.
4. Sampel 4 yang berlokasi di jembatan Rancamanyar kesadahan total 266,0 mg/L, magnesium 32,1 mg/L, kalsium 53,6 mg/L, dengan tingkat kematian *Daphnia* sebanyak 1 individu pada konsentrasi 100%.

Berdasarkan rekomendasi, kultur *Daphnia magna* idealnya dilakukan dalam air dengan kesadahan total 160–180 mg/L sebagai CaCO_3 (US EPA, 2002). Tingkat kesadahan yang lebih tinggi dari rentang ini, seperti pada sampel-sampel di atas, dapat mempengaruhi daya tahan *Daphnia sp* terhadap paparan toksik dan stres osmotik. Berikut Analisis Perbandingan:

1. Pada sampel 1 yang berlokasi di jembatan Koyod memiliki kondisi sampel dengan kesadahan 251,5 mg/L jelas berada di atas batas toleransi ideal. Meskipun kondisi ini tidak langsung menyebabkan kematian, *Daphnia sp* yang bertahan mungkin mengalami stres, yang dapat berdampak pada kondisi mereka dalam jangka panjang. Meskipun faktor lain, seperti logam berat atau senyawa organik dalam air, dapat mempengaruhi efek toksisitas air.
2. Pada sampel yang berlokasi di jembatan sapan keseluruhan kesadahan 303,1 mg/L termasuk dalam kategori sangat keras dan jauh di atas kisaran baku mutu ideal *Daphnia*, yaitu 160–180 mg/L sebagai CaCO_3 . Namun, tingkat kematian yang nol menunjukkan bahwa kondisi air ini masih mampu mendukung kehidupan *Daphnia sp*. Kematian mungkin tidak ada karena dominasi ion kalsium dalam air dan tidak adanya kontaminan tambahan.
3. Dengan kesadahan sebesar 234,1 mg/L, Sampel 3 diambil dari lokasi Jembatan Parung Halang Cisarung. Ini melebihi kisaran baku mutu kesadahan ideal untuk *Daphnia sp*, yaitu 160–180 mg/L sebagai CaCO_3 . Tingkat kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan stres osmotik pada *Daphnia sp*, yang mengganggu kemampuan mereka untuk mempertahankan keseimbangan ionik tubuh. Adaptasi lokal yang buruk dari *Daphnia sp* terhadap air dengan kesadahan tinggi adalah salah satu dari banyak penyebab kematian *Daphnia sp* sebesar 2.
4. Setelah dikumpulkan dari lokasi Jembatan Rancamanyar, Sampel 4 memiliki kesadahan total sebesar 266,0 mg/L. Ini melebihi kisaran baku mutu kesadahan ideal untuk *Daphnia sp*, yang adalah 160–180 mg/L sebagai CaCO_3 . Karena tingginya tingkat kesadahan ini, *Daphnia sp* dapat mengalami gangguan osmoregulasi karena mereka harus bekerja lebih keras untuk mempertahankan keseimbangan ion dalam tubuh mereka. Tingkat kematian *Daphnia sp* yang hanya terjadi pada satu spesies menunjukkan bahwa, meskipun kondisi air ini

tidak ideal, faktor lain seperti komposisi ion yang mendukung (seperti dominasi kalsium) mungkin membantu mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan oleh *Daphnia sp.*

Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat kesadahan yang berada di atas 180 mg/L berpotensi meningkatkan tingkat stres pada *Daphnia sp.*, dengan hasil kematian yang bervariasi pada masing-masing sampel. Kesadahan optimal tampaknya penting untuk mempertahankan kondisi ideal bagi *Daphnia sp.*, sedangkan nilai yang lebih tinggi, meskipun kadang dapat mengurangi toksisitas, tidak selalu memberikan efek protektif yang konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan air dengan kesadahan dalam kisaran rekomendasi (160-180 mg/L) akan lebih ideal bagi kultur *Daphnia sp.*

Tingginya nilai kesadahan atau kadar kapur pada air bersih sangat memengaruhi kualitas air baku yang layak untuk kebutuhan air minum masyarakat. Kesadahan air dalam tingkat tertentu dapat memberikan manfaat bagi kesehatan. Namun, jika tingkat kesadahan terlalu tinggi dan dikonsumsi manusia dalam jangka waktu yang lama, hal ini dapat mengganggu kesehatan. Tingkat kesadahan air bervariasi di setiap lokasi, dan salah satu faktor yang memengaruhinya adalah kondisi geologi di sekitar lokasi tersebut. Air yang mengalir di bawah permukaan tanah akan mengalami kontak dengan batuan di daerah yang dilaluinya. Jenis batuan di suatu lokasi menjadi faktor geologi utama yang memengaruhi tingkat kesadahan air. Kesadahan air dalam tingkat tertentu bermanfaat bagi kesehatan. Namun, jika kesadahan melebihi batas maksimum yang diperbolehkan, air dengan kesadahan tinggi dapat berdampak buruk bagi kesehatan. Menurut WHO, dampak tersebut meliputi penyumbatan pembuluh darah jantung *cardiovascular disease*, batu ginjal *urolithiasis*, tingginya kadar kalsium dalam darah *hiperkalsemia*, serta tingginya kadar magnesium dalam darah *hipermagnesemia* (Herdini et al., 2023).

4.3.5 Analisis dan Perbandingan Parameter Kimia antar Sampel

1. *Sampel 1* yang diambil dari lokasi Jembatan Koyod menunjukkan nilai COD sebesar 72,4, yang telah melebihi baku mutu yang ditentukan. Sementara itu, kadar sulfat, kromium heksavalen, dan logam Zn masih berada dalam baku mutu yang ditetapkan. Penyebab utama kematian

Daphnia sp pada sampel ini adalah tingginya nilai COD, meskipun parameter lainnya tetap dalam baku mutu. Kondisi COD yang sangat tinggi dapat menyebabkan stres pada *Daphnia sp* yang akhirnya berujung pada kematian.

2. Sampel 2 yang diambil dari lokasi Jembatan Sapan memiliki nilai COD sebesar 49,9, yang juga melebihi baku mutu yang ditentukan, meskipun lebih rendah dibandingkan sampel 1. Kadar sulfat dan kromium heksavalen berada dalam baku mutu, tetapi logam Zn telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Kematian *Daphnia sp* pada sampel ini disebabkan oleh tingginya nilai COD dan kadar logam Zn yang melampaui ambang batas, yang berdampak buruk terhadap kelangsungan hidup organisme uji.
3. Sampel 3 dari lokasi Jembatan Parung Halang-Cisirung menunjukkan nilai COD sebesar 57,5, yang lebih tinggi dibandingkan sampel 2. Kadar sulfat dan kromium heksavalen masih berada dalam baku mutu, tetapi kadar logam Zn melebihi baku mutu dengan nilai 0,14. Kematian *Daphnia sp* pada sampel ini disebabkan oleh tingginya kadar COD dan logam Zn yang melampaui ambang batas, meskipun parameter lain masih dalam baku mutu. Kedua faktor tersebut berkontribusi terhadap stres yang menyebabkan kematian hewan uji.
4. Sampel 4 yang berasal dari lokasi Jembatan Rancamanyar memiliki nilai COD tertinggi di antara semua sampel. Sementara kadar sulfat dan kromium heksavalen masih berada dalam baku mutu, kadar logam Zn melebihi ambang batas dengan nilai 0,11, yang hampir setara dengan kadar pada sampel 2. Kematian *Daphnia sp* pada sampel ini disebabkan oleh kombinasi nilai COD yang sangat tinggi dan kadar logam Zn yang melampaui baku mutu. Kedua faktor ini menyebabkan stres yang berujung pada kematian organisme uji.

4.3.6 Analisis Hubungan Parameter Kimia dengan Total Kematian

Daphnia sp

1. Chemical Oxygen Demand(COD)

Hasil uji COD yang menunjukkan nilai di atas baku mutu (25 mg/L) mengindikasikan adanya kandungan bahan organik tinggi di Sungai

Citarum, yang cenderung sulit diurai. COD yang tinggi menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri aerobik untuk mengurai bahan organik, yang dapat mengurangi oksigen terlarut bagi biota perairan, termasuk *Daphnia sp.* Jumlah kematian *Daphnia sp.* yang lebih tinggi di beberapa sampel mencerminkan potensi stres perairan akibat tingginya konsumsi oksigen untuk dekomposisi, sehingga menekan ketersediaan oksigen untuk organisme lainnya dan memperburuk kualitas ekosistem air (Kartika et al., 2024).

2. Sulfat

Dari hasil analisis kimia yang telah diperoleh, ditemukan bahwa konsentrasi sulfat di beberapa titik Sungai Citarum berkisar sekitar 129,7-129,9 mg/L. Ini masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 untuk kelas 2, yaitu maksimum 300 mg/L. Meskipun konsentrasinya berada di bawah ambang batas ini, sulfat dalam air masih dapat mempengaruhi kesehatan organisme perairan. Dalam penelitian ini, pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi sulfat sebesar 129,7-129,9 mg/L menyebabkan kematian total *Daphnia* di semua konsentrasi sampel. *Daphnia*, organisme indikator yang sensitif terhadap perubahan kimia air, menunjukkan adanya efek toksik yang signifikan, meskipun nilai sulfat tersebut masih dalam batas aman secara peraturan. Hal ini menunjukkan bahwa sulfat dapat menjadi beracun tergantung pada kondisi spesifik dan kombinasi faktor kimia lainnya dalam air, seperti pH dan kandungan logam terlarut, yang dapat mempengaruhi spesiasi dan toksisitas ion sulfat terhadap organisme perairan (Davies, 2002)

3. Kromium Heksavalen

Data pengujian kromium heksavalen menunjukkan bahwa kadar di semua titik sampel (0,021–0,038 mg/L) memenuhi baku mutu nasional (0,05 mg/L). Namun, jumlah kematian *Daphnia sp.* pada tiap sampel bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa meski konsentrasi kromium berada dalam batas aman, faktor toksisitas dapat tetap muncul akibat proses-proses seperti adsorpsi dan pengendapan, yang dijelaskan oleh Palar. Faktor lingkungan seperti pH, suhu, dan kesadahan juga mempengaruhi toksisitas kromium

dalam kondisi pH rendah atau suhu tinggi, toksisitas dapat meningkat, sementara kesadahan tinggi bisa menurunkannya. *Daphnia* sp, sebagai organisme indikator, menunjukkan adanya toksisitas meskipun kadar kromium relatif rendah. Selain itu, toksisitas kumulatif dapat terjadi melalui bioakumulasi kromium dalam rantai makanan, dari organisme kecil hingga ikan yang berpotensi dikonsumsi manusia (Kurniawati & Raharjo, n.d.2017).

Ion kromium ditemukan dalam beberapa valensi, namun dua di antaranya, yaitu Cr(III) dan Cr(VI), merupakan yang paling menjadi perhatian utama dalam masalah kesehatan. Paparan kromium pada manusia paling sering terjadi dalam bentuk Cr(III). Cr(III) dapat teroksidasi atau secara bersamaan bercampur dengan Cr(VI). Kromium heksavalen memiliki toksisitas hingga 100 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kromium trivalen, baik pada paparan akut maupun kronis. Hal ini disebabkan oleh kelarutan dan mobilitas Cr(VI) yang tinggi serta kemudahannya untuk tereduksi.

Paparan kronis Cr(VI) melalui inhalasi dapat menyebabkan berbagai gangguan pada saluran pernapasan, seperti perforasi dan ulserasi pada septum hidung, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, pneumonia, serta iritasi yang disertai gatal dan nyeri pada hidung. Selain itu, paparan Cr(VI) dalam kadar tinggi secara kronis melalui inhalasi atau konsumsi oral dapat memengaruhi fungsi hati, ginjal, saluran pencernaan, sistem kekebalan tubuh, dan darah (Saha et al., 2011). Cr(VI) juga memiliki kapasitas oksidatif yang kuat, yang secara langsung berkaitan dengan tingkat toksisitasnya dan dapat menyebabkan kematian sel.

4. Logam Zn

Data pada tabel menunjukkan variasi kadar logam Zn di empat titik sampling di Sungai Citarum, di mana hanya satu sampel (Jembatan Koyod) yang memenuhi baku mutu (0,05 mg/L). Kandungan Zn yang tinggi di lokasi lainnya menunjukkan adanya potensi bahaya terhadap organisme perairan, seperti yang terlihat dari total kematian *Daphnia* yang beragam. Konsentrasi logam Zn yang tinggi ini dapat diakibatkan oleh limbah industri, rumah tangga, dan korosi pipa yang mengandung seng. Menurut

pernyataan di atas, meskipun ada proses pengenceran dan pengendapan di perairan, logam berat tetap berbahaya karena dapat terakumulasi dalam biota air, membahayakan ekosistem dan kesehatan manusia melalui bioakumulasi dalam rantai makanan. Zn yang terakumulasi berpotensi mengancam ekosistem lokal dan keamanan pangan, terutama bagi masyarakat yang mengonsumsi ikan dari perairan tersebut (Siti et al., 2022).

4.3.6 LC50 serta Perbandingan Toksisitas Sungai Citarum dengan penelitian terdahulu

Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan hasil uji toksisitas *Daphnia sp.* dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Dalam penelitian terdahulu, uji toksisitas dilakukan dengan konsentrasi limbah yang lebih rendah (misalnya, 4,2% hingga 10,5%), yang menunjukkan efek toksik secara bertahap, terlihat dari peningkatan mortalitas yang progresif. Penggunaan konsentrasi rendah ini memungkinkan identifikasi tingkatan konsentrasi di mana terjadi peningkatan mortalitas (Christin, et al., 2015). Sebaliknya, pada penelitian ini, uji dilakukan dengan konsentrasi limbah yang lebih tinggi (mulai dari 6,25% hingga 100%), sehingga efek toksik tidak terdeteksi secara bertahap. Variasi dalam hasil toksisitas ini mungkin disebabkan oleh karakteristik limbah yang berbeda, yang mempengaruhi respons toksisitas. Misalnya, pada penelitian terdahulu, mortalitas tertinggi tercatat pada konsentrasi 10,5% dengan total 9 kematian dalam 96 jam, sedangkan pada penelitian ini, mortalitas tertinggi tercatat pada konsentrasi 25% dengan 10 kematian, dan pada konsentrasi lebih tinggi (50% dan 100%), mortalitas justru menurun (3 dan 2 kematian). Penurunan mortalitas ini mungkin disebabkan oleh stres atau kerusakan fisiologis awal pada *Daphnia sp.* akibat konsentrasi tinggi.

Uji toksisitas air sungai menunjukkan hasil yang berbeda tergantung pada lokasi, jenis limbah, dan organisme uji. Dalam studi yang dilakukan oleh Mardowally (2017) di sungai Ngaglik, ikan menunjukkan toksisitas yang sangat rendah dan mortalitas yang rendah bahkan pada konsentrasi tertinggi (16,5% dan 8,3%). Sebaliknya, studi di Sungai Citarum dengan *Daphnia sp.* menemukan mortalitas tertinggi pada konsentrasi 25% (10 kematian), tetapi mortalitas turun pada konsentrasi lebih tinggi, diduga akibat stres fisiologis, sebesar 50% dan 100%.

Perbedaan ini menunjukkan betapa pentingnya mempertimbangkan aspek lokasi, ciri limbah, dan sensitivitas organisme uji dalam penelitian toksisitas.

Uji toksisitas bertujuan untuk mengetahui apakah effluent yang masuk ke badan air penerima mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi tertentu sehingga dapat menyebabkan kematian hewan uji. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat toksisitas tersebut adalah nilai LC_{50} (Lethal Concentration 50), yang menunjukkan konsentrasi zat tertentu yang dapat menyebabkan kematian pada 50% populasi hewan uji dalam periode waktu tertentu. Penggunaan nilai LC_{50} membantu dalam mengevaluasi potensi dampak negatif suatu senyawa terhadap organisme akuatik dan ekosistem secara keseluruhan.

Namun, dalam penelitian ini, perhitungan LC_{50} menggunakan metode EPA Probit mengalami error dan tidak menghasilkan nilai LC_{50} yang valid. Error ini terjadi karena kematian *Daphnia sp.* sudah terlihat pada konsentrasi rendah, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian lain. Stres pada *Daphnia sp.* selama pemindahan dari akuarium ke cawan petri, serta kondisi kimia seperti pH, oksigen terlarut, dan kesadahan air, kemungkinan besar mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup hewan uji. Bahkan kelompok kontrol, yang seharusnya tidak mengalami mortalitas karena tidak ada paparan bahan toksik, mengalami kematian. Hal ini mengindikasikan adanya faktor lain selain bahan toksik yang mempengaruhi hasil uji toksisitas dan perhitungan LC_{50} . Dengan demikian, variasi hasil uji toksisitas dan ketidakmunculan nilai LC_{50} dapat disebabkan oleh perbedaan konsentrasi, jenis limbah yang diuji, serta kondisi eksperimental lainnya yang mempengaruhi kelangsungan hidup *Daphnia sp.*

Selain LC_{50} , parameter toksisitas lainnya yang sering digunakan adalah LD_{50} (Lethal Dose 50). LD_{50} memiliki peran penting dalam evaluasi potensi bahaya bahan kimia baru, seperti obat-obatan, pestisida, atau bahan industri. Pengukuran LD_{50} dilakukan untuk mengetahui tingkat toksisitas akut suatu zat sebelum dipasarkan atau digunakan secara luas. Proses ini menjadi bagian dari prosedur standar dalam pengembangan bahan kimia untuk menjamin keamanan bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Dalam konteks yang lebih spesifik, LD_{50}

juga digunakan untuk menilai keamanan penggunaan bahan alami yang belum memiliki data toksisitas sebelumnya.

Kedua parameter ini, LC_{50} dan LD_{50} , saling melengkapi dalam memberikan gambaran menyeluruh mengenai risiko toksisitas suatu bahan, baik dalam konteks lingkungan maupun kesehatan manusia. Dengan memahami nilai-nilai ini, para peneliti dan pembuat kebijakan dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mengelola dan meminimalkan dampak negatif bahan kimia terhadap ekosistem dan masyarakat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Air sungai Citarum yang diuji dengan metode WET menunjukkan mortalitas *Daphnia sp* yang meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi sampel, terutama pada 50% dan 100%, menunjukkan toksisitas. Variasi respons toksisitas antar sampel menunjukkan perbedaan komposisi bahan pencemar di setiap tempat. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Citarum bagian hulu tertekan karena tingkat pencemaran yang tinggi, yang membahayakan ekosistem perairan.
- 2) Uji toksisitas dengan *Daphnia sp* menunjukkan bahwa parameter kimia seperti COD, sulfat, Cr(VI), dan Zn terkait erat dengan toksisitas air, yang menyebabkan stres dan kematian organisme uji. Meskipun beberapa kondisi masih memenuhi standar, kombinasi faktor kimia dan lingkungan menimbulkan tekanan kumulatif pada ekosistem. Kombinasi ini sangat penting untuk pengawasan kualitas air dan pengelolaan limbah yang baik.

5.2 Saran

- 1) Untuk memungkinkan tindakan pencegahan atau pengelolaan yang tepat, kualitas air Sungai Citarum harus dipantau secara teratur. Untuk mencegah efek yang merugikan pada ekosistem dan kesehatan masyarakat sekitar, pengawasan ini sangat penting.
- 2) Hasil menunjukkan bahwa kondisi kimia air sangat berbeda tergantung pada lokasi, jadi perlu dilakukan analisis yang lebih mendalam tentang komponen kimia yang mempengaruhi toksisitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminatun, T., Rakhmawati, A., Sri Budiasih, K., Rijal, B. S., Amin, A. N., Meilana, D., Arifin, N., Ajeng, D., & Putri, S. (2024). Identifikasi Logam Berat Kromium di Tiga Sungai yang Melintasi Kota Yogyakarta dan Potensi Fitoremediasinya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 620–631.
<https://doi.org/10.14710/jil.22.3.620-631>
- Arfiati, D., Zakiyah, U., Nabilah, I. S., Khoiriyah, N., Jayanti, A. S., & Kharismayanti, H. F. (2019). Perbandingan LC50 – 96 jam terhadap mortalitas benih ikan mas, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758 pada limbah penyamakan kulit dan insektisida piretroid. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(2), 103.
<https://doi.org/10.32491/jii.v18i2.430>
- Blesstinov, A. G., Maddusa, S. S., & Joseph, W. B. S. (2017). Analisis Kandungan Seng (Zn) dalam Air, Sedimen Kerang dan Ikan di Sungai Tondano Tahun 2017. *Kesmas*, 6(3), 1–8.
- Davies, T. D. (2002). Sulphate toxicity to freshwater organisms and molybdenum toxicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Resource Management and Environmental Studies, Master of*(April), 119.
- Erviana, D., Widya Budaya, A., Hariani, S., Winda, A., Yulia Sari, L., Kimia, P., Sains dan Teknologi, F., & Islam Negeri Raden Fatah Palembang, U. (2018). Analisis Kualitatif Kandungan Sulfat dalam Aliran Air dan Air Danau di Kawasan Jakabaring Sport City Palembang. *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 2(2), 1–4.
- Fabatina, A. (n.d.). *Uji Whole Effluent Toxicity Limbah Cair Industri Minuman Ringan (Studi Kasus : Pt Coca-Cola Bottling Indonesia - Bandung) Whole Effluent Toxicity Assessment of Soft Drink Industry Wastewater (Case Study : Pt Coca-Cola Bottling Indonesia - Bandung)*. 1–10.

- Halang, B. (2004). Toksisitas Air Limbah Deterjen Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Bioscientiae*, 1(1), 39–49.
- Herdini, Hadi, V., & Trianisa Novalina. (2023). Analisis kesadahan total (CaCO_3), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}) pada air sumur tanah di Jakarta Utara. *TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.37373/tekno.v10i1.192>
- Kalangie, D. J. M., Widowati, I., & Suprijanto, J. (2018). Kandungan Seng (Zn) Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (*Anadara granosa* L) Di Perairan Tambaklorok Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(1), 49–58.
- Kartika, R., Gelung, A., Ricard, R. J., & Ilang, Y. (2024). *Kajian Status Mutu Air Sungai Mahakam Segmen Kabupaten Mahakam Ulu Berdasarkan Metode Storet Study on the Water Quality Status of the Mahakam River Segment of Mahakam Ulu District Based on the Storet Method*. 100–114.
- Kristianto, S., Wilujeng, S., & Wahyudiarto, D. (2017). ANALISIS LOGAM BERAT KROMIUM (Cr) PADA KALI PELAYARAN SEBAGAI BENTUK UPAYA PENANGGULANG PENCEMARAN LINGKUNGAN DI WILAYAH SIDOARJO. *Biota*, 3(2), 66. <https://doi.org/10.19109/biota.v3i2.1196>
- Kurniawan, A., & Mulyanto, D. (2023). *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*. 20(Juni), 1–14.
- Kurniawati, S., & Raharjo, M. (n.d.). 4654-Article Text-10559-1-10-20180405. *Cr VI*.
- Musiam, S., Darmiani, S., & Putra, A. M. P. (2017). Analisis Kuantitatif Kesadahan Total Air Minum Isi Ulang Yang Dijual Di Wilayah Kayu Tangi Kota Banjarmasin. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 1(2), 145–148. <https://doi.org/10.51352/jim.v1i2.28>

Nurbaya, F., & Sari, D. P. (2023). *Parameter Air dan Udara Serta Uji Kualitas Air Sungai*.

Pramadita, S., Sulastri, A., & Desmaiani, H. (2022). Uji Toksisitas Akut LC50 Limbah Cair Industri Karet PT. X terhadap *Daphnia Magna* dengan Metode Batch. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 10(1), 57–063.

Pratiwi, R., & Noviana, L. (2016). Evaluasi Kualitas Air Sungai Citarum. *Teknik Lingkungan*, 0321079003.

Rencana Strategis 2020- 2024. (2024).

Sari, D. P. (2021). Analisis Kadar Nitrit (NO₂) dan Sulfat (SO₄) Pada Hulu dan Hilir Air Sungai Batanghari Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. In *Skripsi . Universitas Jambi* (Issue 2).

Siti, H., Syam, N., & Batara, A. S. (2022). Analisis Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) Pada Air, Sedimen, dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Kanal Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*, 3(6), 1046–1055.

Suprayogi, D., L, S. H., M.Ratodi, & Ardilla, F. F. (2021). Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna*. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 09–17. <https://doi.org/10.29080/alard.v7i1.1333>

Surtikanti, H. K., Juansah, R., & Frisda, D. (2017). Optimalisasi Kultur *Daphnia* yang Berperan sebagai Hewan Uji dalam Ekotoksikologi. *Jurnal Biodjati*, 2(2), 83–88. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v2i2.1571>

Suryani, H. A. (2018). Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemar Di Sungai Citarum. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 1689–1699.

Ulumudin, M. M., & Purnomo, T. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Papyrus (*Cyperus papyrus* L.) di Sungai Wangi Pasuruan. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 273–283. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n2.p273-283>

US EPA. (2002). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms: Fifth Edition. *Epa/821/R02/012*, October, 266. <http://www.epa.gov/waterscience/WET/disk1/ctm.pdf>

Utami, A. W. (2019). Kualitas Air Sungai Citarum. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 11(7), 1–6.

Vi, K. (2022). *Kromium (VI)*. November, 1–4.

Warlina, L. (2004). Pencemaran air : sumber, dampak dan penanggulangannya. *Makalah Pribadi*, 1–26. http://www.rudycr.com/PPS702-ipb/08234/lina_warlina.pdf

Wilkins, D., Horsley, T., & Scott, S. (2015). Whole effluent toxicity testing. *American Fuel and Petrochemical Manufacturers, AFPM - Environmental Conference 2015*, 501–505.

YANTI, I. (2022). Penentuan Cr (VI) and SO₄²⁻ Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dalam Sampel Air Sungai di Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 51–58. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss2.art1>

Lampiran

Pengukuran pada setiap sampel 1 sampai dengan 4 yang dilakukan selama 4 hari atau 96 jam.

	Sampel 1					Sampel 1			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
17/08/2024	6,25%	9,57	5,95	25,3	18/08/2024	6,25%	8,8	5,32	26,3
		9,3					8,78		
		9,12					8,75		
		8,95					8,7		
	12,50%	8,95	5,3	25,4		12,50%	8,77	4,54	26
		8,8					8,63		
		8,79					8,61		
		8,73					8,63		
	25%	8,56	4,88	25,4		25%	8,54	4,93	26
		8,56					8,62		
		8,6					8,62		
		8,64					8,67		
	50%	8,53	5,01	25,2		50%	8,56	4,93	25,8
		8,56					8,59		
		8,57					8,63		
		8,62					8,63		
	100%	8,48	4,6	25,4		100%	8,53	4,77	26
		8,54					8,51		
		8,51					8,55		
		8,5					8,55		

	Sampel 1					Sampel 1			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
19/08/2024	6,25%	8,79	5,01	26,2	20/08/2024	6,25%	8,85	5,02	23,7
		8,84					8,84		
		8,82					8,84		
		8,8					8,82		
	12,50%	8,72	4,94	26,3		12,50%	8,65	5,12	23,7
		8,75					8,67		
		8,74					8,64		
		8,72					8,67		
	25%	8,59	5,1	26,1		25%	8,57	5,12	23,7
		8,62					8,61		
		8,64					8,6		
		8,64					6,61		
	50%	8,53	5,01	26,2		50%	8,54	4,99	23,7
		8,54					8,53		
		8,56					8,53		
		8,61					8,61		
	100%	8,47	4,31	26,1		100%	8,45	4,47	23,8
		8,47					8,52		
		8,5					8,53		
		8,57					8,56		

	Sampel 2					Sampel 2			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
17/08/2024	6,25%	8,91	5,12		18/08/2024	6,25%	8,99	4,64	24,4
		8,84					8,9		
		8,82					8,85		
		8,83					8,86		
	12,50%	8,73	4,83			12,50%	8,78	5,36	24,4
		8,72					8,71		
		8,74					8,7		
		8,78					8,72		
	25%	8,78	4,69			25%	8,58	5,1	24,4
		8,62					8,61		
		8,64					8,66		
		8,65					8,65		
	50%	8,53				50%	8,56	4,81	24,5
		8,6					8,59		
		8,66					8,59		
		8,63					8,6		
	100%	8,41	4,54			100%	8,55	4,89	24,5
		8,56					8,55		
		8,58					8,57		
		8,57					8,59		

	Sampel 2					Sampel 2			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
19/08/2024	6,25%	8,97	4,74	26,2	20/08/2024	6,25%	8,95	5,21	23,6
		8,85					8,84		
		8,87					8,82		
		8,85					8,8		
	12,50%	8,73	4,93	26,1		12,50%	8,76	4,77	23,5
		8,71					8,74		
		8,79					8,72		
		8,77					8,76		
	25%	8,69	4,89	26		25%	8,67	4,56	23,4
		8,7					8,68		
		8,66					8,71		
		8,65					8,74		
	50%	8,52	4,56	25,9		50%	8,61	4,36	23,7
		8,57					8,64		
		8,68					8,67		
		8,68					8,72		
	100%	8,56	4,2	25,9		100%	8,57	4,79	23,6
		8,57					8,64		
		8,63					8,65		
		8,65					8,7		

	Sampel 3					Sampel 3			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
17/08/2024	6,25%	8,48	6,51	24,6	18/08/2024	6,25%	8,98	5,07	24,5
		8,73					8,98		
		8,75					8,85		
		8,77					8,81		
	12,50%	8,65	5,5	24,3		12,50%	8,72	4,61	25,6
		8,74					8,71		
		8,75					8,74		
		8,77					8,74		
	25%	8,58	4,77	24,4		25%	8,64	4,64	26,7
		8,65					8,47		
		8,65					8,62		
		8,67					8,6		
	50%	8,51	4,78	24,7		50%	8,63	4,55	26,6
		8,54					8,62		
		8,55					8,59		
		8,56					8,57		
	100%	8,48	4,72	24,6		100%	8,67	5,01	27
		8,5					8,65		
		8,49					8,71		
		8,46					8,63		

	Sampel 3					Sampel 3			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
19/08/2024	6,25%	9,01	4,56	26,2	20/08/2024	6,25%	8,84	5,3	24
		8,9					8,82		
		8,87					8,77		
		8,83					8,75		
	12,50%	8,79	4,83	26,5		12,50%	8,72	4,48	24,5
		8,79					8,83		
		8,8					8,77		
		8,78					8,75		
	25%	8,69	4,76	26,4		25%	8,71	4,4	24,5
		8,65					8,69		
		8,66					8,67		
		8,67					8,69		
	50%	8,67	4,85	26,6		50%	8,58	4,6	24,7
		8,69					8,64		
		8,69					8,63		
		8,65					8,68		
	100%	8,62	4,83	26,5		100%	8,61	4,43	24,7
		8,73					8,67		
		8,72					8,69		
		8,73					8,69		

	Sampel 4					Sampel 4			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
17/08/2024	6,25%	8,84	5,83	25,7	18/08/2024	6,25%	8,9	4,54	24,5
		8,82					8,85		
		8,85					8,82		
		8,85					8,78		
	12,50%	8,91	5,68	25,7		12,50%	8,74	4,56	24,7
		8,91					8,74		
		8,92					8,75		
		8,9					8,79		
	25%	8,74	5,06	25,6		25%	8,67	5	24,6
		8,71					8,69		
		8,73					8,72		
		8,75					8,74		
	50%	8,59	4,52	25,8		50%	8,63	4,4	24,7
		8,65					8,67		
		8,73					8,68		
		8,63					8,71		
	100%	8,55	4,75	25,7		100%	8,6	4,31	24,7
		8,62					8,65		
		8,63					8,7		
		8,58					8,71		

	Sampel 4					Sampel 4			
	Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)		Konsentrasi	pH	Do	Suhu(°C)
19/08/2024	6,25%	8,78	5,02	25,1	20/08/2024	6,25%	8,59	4,46	24,7
		8,87					8,69		
		8,88					8,7		
		8,85					8,66		
	12,50%	8,81	5,18	24,8		12,50%	8,61	4,68	25,2
		8,79					8,62		
		8,8					8,61		
		8,8					8,61		
	25%	8,71	4,99	28,9		25%	8,6	5,02	25
		8,73					8,62		
		8,76					8,64		
		8,74					8,62		
	50%	8,6	4,64	24,4		50%	8,61	4,89	25
		8,65					8,66		
		8,69					8,64		
		8,69					8,66		
	100%	8,56	4,5	24,8		100%	8,62	4,64	25
		8,69					8,69		
		8,69					8,71		
							8,69		

Lampiran Uji Toksisitas

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 1 (48 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,259688917
R Square	0,067438334
Adjusted R Square	-
Standard Error	2,525618076
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,38384	1,38384	0,21694544	0,673109
Residual	3	19,13624	6,378746667		
Total	4	20,52008			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	4,165514503	3,877082907	1,074393972	0,361369868	-8,17309	16,50412	8,173094	16,50412
X Variable 1	-1,235757251	2,653126179	-0,465774022	0,673108703	-9,67919	7,207674	9,679189	7,207674

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	-1,23576
b	4,165515
x	-0,67528
Lc50	0,21

$$= \frac{5}{4,16} - 1,23 = -0,675$$

= $10^{-0,675} = 0,21$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 1 48 jam

Sampel 1(48)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	4	40	1,40	4,75
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 1 (72 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,226947093
R Square	0,051504983
Adjusted R Square	-0,264660023
Standard Error	2,914574869
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,38384	1,38384	0,162905388	0,713542
Residual	3	25,48424	8,494746667		
Total	4	26,86808			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	1,970485497	4,474171496	0,440413493	0,689439435	-12,2683	16,2093	-12,268325	16,2093
X Variable 1	1,235757251	3,061719805	0,403615396	0,713541975	-8,508	10,97952	8,50800163	10,97952

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	1,235757
b	1,970485
x	2,451545
Lc50	282,84

$$= \frac{5}{1,97} 1,23 = 282,84$$

= $10^{-2,45} = 282,84$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 1 72 jam

Sampel 1(72)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	1	10	2,00	3,72
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	10	100	1,40	7,33
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 1 (96 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,226947093
R Square	0,051504983
	-
Adjusted R Square	0,264660023
Standard Error	2,914574869
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,38384	1,38384	0,162905388	0,713542
Residual	3	25,48424	8,494746667		
Total	4	26,86808			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	1,970485497	4,474171496	0,440413493	0,689439435	-12,2683	16,2093	-12,268325	16,2093
X Variable 1	1,235757251	3,061719805	0,403615396	0,713541975	-8,508	10,97952	8,50800163	10,97952

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	1,235757
b	1,970485
x	2,451545
Lc50	282,84

$$= \frac{5}{1,97} - 1,23 = 2,45$$

= $10^{2,45} = 282,84$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 1 96 jam

Sampel 1(96)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	1	10	2,00	3,72
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	10	100	1,40	7,33
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 2 (48 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,707106781
R Square	0,5
Adjusted R Square	0,333333333
Standard Error	1,358351943
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	5,53536	5,53536	3	0,18169
Residual	3	5,53536	1,84512		
Total	4	11,07072			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	4,199029005	2,085209616	2,013720334	0,137487902	-2,43704	10,8351	-2,437039	10,8351
X Variable 1	2,471514503	1,426929563	-1,732050808	0,181690114	-7,01264	2,069612	-7,012641	2,069612

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	-2,47151
b	4,199029
x	-0,32408
Lc50	0,474153

$$= \frac{5}{4,19} - 2,47 = -0,32$$

= $10^{-0,32} = 0,474$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 2 48 jam

Sampel 2(48)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	0	0	1,70	0
25	10	0	0	1,40	0
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 2 (72 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,707106781
R Square	0,5
Adjusted R Square	0,333333333
Standard Error	1,358351943
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	5,53536	5,53536	3	0,18169
Residual	3	5,53536	1,84512		
Total	4	11,07072			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	6,431029005	2,085209616	3,084116319	0,053961603	-0,20504	13,0671	0,20503863	13,0671
X Variable 1	-2,471514503	1,426929563	-1,732050808	0,181690114	-7,01264	2,069612	7,01264122	2,069612

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	-2,47151
b	6,431029
x	0,579009
Lc50	3,793228

$$= \frac{5}{6,43} - 2,47 = 0,57$$

= $10^{0,57} = 3,79$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 2 72 jam

Sampel 2(72)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	1	10	1,10	3,72
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 2 (96 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,707106781
R Square	0,5
Adjusted R Square	0,333333333
Standard Error	1,358351943
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	5,53536	5,53536	3	0,18169
Residual	3	5,53536	1,84512		
Total	4	11,07072			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	6,431029005	2,085209616	3,084116319	0,053961603	-0,20504	13,0671	0,20503863	13,0671
X Variable 1	-	1,426929563	-1,732050808	0,181690114	-7,01264	2,069612	7,01264122	2,069612

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	-2,47151
b	6,431029
x	0,579009
Lc50	3,793228

$$= \frac{5}{6,43} - 2,47 = 0,57$$

= $10^{0,57} = 3,79$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 2 96 jam

Sampel 2(96)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	1	10	1,10	3,72
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 3 (48 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0
R Square	0
	-
Adjusted R Square	0,333333333
Standard Error	1,92099974
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	0	0	0	1	
Residual	3	11,07072	3,69024			
Total	4	11,07072				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,744	2,948931719	0,252294753	0,817111095	-8,64082	10,12882	-8,640817	10,12882
X Variable 1	5,83137E-16	2,017983141	2,8897E-16	1	-6,42212	6,422123	-6,422123	6,422123

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	5,83E-16
b	0,744
x	7,3E+15
Lc50	#NUM!

$$= \frac{5}{0,74} 5,83E = 7,3E+15$$

= $10^{7,3E+15}$ = nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 3 48 jam

Sampel 3(48)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	0	0	1,70	0
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	0	0	0,80	0

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 3 (72 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,353553391
R Square	0,125
Adjusted R Square	-0,166666667
Standard Error	0,212540192
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,01936	0,01936	0,428571429	0,559404
Residual	3	0,13552	0,045173333		
Total	4	0,15488			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	3,603670328	0,326271004	11,04502171	0,001589649	2,56533	4,64201	2,56533038	4,64201
X Variable 1	0,146164836	0,223270475	0,654653671	0,559404344	-0,56438	0,856711	0,56438146	0,856711

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	0,146165
b	3,60367
x	9,553116
Lc50	3,57E+09

$$= \frac{5}{3,6} 0,14 = 9,55$$

= $10^{9,55} = 3,57E+09$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 3 72 jam

Sampel 3(72)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	1	10	2,00	3,72
50	10	2	20	1,70	4,16
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	1	10	1,10	3,72
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 3 (96 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,353553391
R Square	0,125
	-
Adjusted R Square	0,166666667
Standard Error	0,212540192
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,01936	0,01936	0,428571429	0,559404
Residual	3	0,13552	0,045173333		
Total	4	0,15488			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	3,603670328	0,326271004	11,04502171	0,001589649	2,56533	4,64201	2,565330375	4,64201
X Variable 1	0,146164836	0,223270475	0,654653671	0,559404344	-0,56438	0,856711	-0,56438146	0,856711

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	0,146165
b	3,60367
x	9,553116
Lc50	3,57E+09

$$= \frac{5}{3,6} 0,14 = 9,55$$

= $10^{9,55} = 3,57E+09$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 3 96 jam

Sampel 3(96)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	1	10	2,00	3,72
50	10	2	20	1,70	4,16
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	1	10	1,10	3,72
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 4 (48 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0
R Square	0
	-
Adjusted R Square	0,333333333
Standard Error	1,92099974
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	0	0	0	1	
Residual	3	11,07072	3,69024			
Total	4	11,07072				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,744	2,948931719	0,252294753	0,817111095	-8,64082	10,12882	-8,640817	10,12882
X Variable 1	5,83137E-16	2,017983141	2,8897E-16	1	-6,42212	6,422123	-6,422123	6,422123

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	5,83E-16
b	0,744
x	7,3E+15
Lc50	#NUM!

$$= \frac{5}{0,74} 5,83E = 7,3E+15$$

= $10^{7,3E+15}$ = nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 4 48 jam

Sampel 4(48)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	0	0	1,70	0
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	0	0	0,80	0

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 4 (72 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,288675135
R Square	0,083333333
Adjusted R Square	-0,222222222
Standard Error	2,252571863
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,38384	1,38384	0,272727273	0,637618
Residual	3	15,22224	5,07408		
Total	4	16,60608			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	3,959514503	3,457928953	1,145053747	0,335257761	-7,04516	14,96419	7,04515872	14,96419
X Variable 1	-1,235757251	2,366294982	-0,522232968	0,637618091	-8,76636	6,294849	8,76636397	6,294849

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	-1,23576
b	3,959515
x	-0,84198
Lc50	0,143886

$$= \frac{5}{3,95} - 1,23 = -0,84$$

= $10^{-0,84} = 0,14$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 4 72 jam

Sampel 3(72)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	0	0	2,00	0
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Hasil uji toksisitas menggunakan persamaan Probit Sampel 4 (96 jam)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,353553391
R Square	0,125
	-
Adjusted R Square	0,166666667
Standard Error	1,796930717
Observations	5

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,38384	1,38384	0,428571429	0,559404
Residual	3	9,68688	3,22896		
Total	4	11,07072			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	1,248485497	2,758473038	0,452600218	0,68156266	-7,53021	10,02718	7,53020683	10,02718
X Variable 1	1,235757251	1,887650382	0,654653671	0,559404344	-4,77159	7,243103	4,77158873	7,243103

$$Y = aX + b$$

Dimana ;

Y = Nilai probit kematian hewan uji

X = Log konsentrasi

A = Slope fungsi linear

B = Intercept

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan LC50 dengan persamaan $Y = aX + b$.

Persamaan	$y = aX + b$
y	5
a	1,235757
b	1,248485
x	3,035802
Lc50	1085,931

$$= \frac{5}{1,24} 1,23 = 3,03$$

= $10^3,03 = 1085,93$ nilai LC 50 pada pengujian toksisitas air sungai citarum pada sampel 4 96 jam

Sampel 4(96)					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah Hewan Uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas(%)	Log Konsentrasi	Probit
100	10	1	10	2,00	3,72
50	10	1	10	1,70	3,72
25	10	1	10	1,40	3,72
12,5	10	0	0	1,10	0
6,25	10	1	10	0,80	3,72

Lampiran Kesadahan

Lampiran Perhitungan Analisis Kesadahan Setelah dilakukannya Pengamatan Toksisitas Terhadap daphnia sp dengan air sungai citarum persamaan berikut ini dari SNI 06-6989.12-2004 Air dan air limbah – Bagian 12: Cara uji kesadahan total kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dengan metode titrimetri

$$\text{Kesadahan Total} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times V_t \text{ EDTA} \times M \text{ EDTA} \times 100 = \text{mg} \frac{\text{CaCo}_3}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Kalsium} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times V_t \text{ EDTA}_b \times M \text{ EDTA} \times 40 = \text{mg} \frac{\text{Ca}}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Magnesium} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times (V_t \text{ EDTA}_a - V_t \text{ EDTA}_b) \times M \text{ EDTA} = \text{mg} \frac{\text{Mg}}{\text{L}}$$

Berdasarkan penelitian ini perlu dilakukan analisis kesadahan dimana perhitungan dibawah ini merupakan kesadahan total, kalsium dan kesadahan magnesium

$$\text{kesadahan Total} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times V_t \text{ EDTA} \times M \text{ EDTA} \times 100 = \text{mg} \frac{\text{CaCo}_3}{\text{L}}$$

$$\text{kesadahan Total} = \frac{100}{25} \times 6,1 \times 0,01 \times 100 = 251,55 \text{ mg} \frac{\text{CaCo}_3}{\text{L}}$$

Dibawah ini merupakan Analisis kesadahan sebelum dilakukannya pengamatan

$$\text{Kesadahan Total} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times V_t \text{ EDTA}_a \times M \text{ EDTA} \times 100 = \text{mg} \frac{\text{CaCo}_3}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Total} = \frac{100}{25} \times 4,9 \times 0,01 \times 100 = 202,06 \text{ mg} \frac{\text{CaCo}_3}{\text{L}}$$

Berikut ini Merupakan Analisis kesadahan Kalsium yang dilakukan sebelum dan setelah pengamatan toksisitas terhadap daphnia

Dibawah ini kesadahan kalsium pengamatan yang dilakukan sebelum pengamatan

$$\text{Kesadahan Kalsium} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times V_t \text{ EDTA}_b \times M \text{ EDTA} \times 40 = \text{mg} \frac{\text{Ca}}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Kalsium} = \frac{100}{25} \times 1,5 \times 0,01 \times 40 = 24,74 \text{ mg} \frac{\text{Ca}}{\text{L}}$$

Dibawah ini adalah Analisis Kesadahan setelah pengamatan dilakukan

$$\text{Kesadahan Kalsium} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times V_t \text{ EDTA}_b \times M \text{ EDTA} \times 40 = \text{mg} \frac{\text{Ca}}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Kalsium} = \frac{100}{25} \times 2,35 \times 0,01 \times 40 = 37,58 \text{ mg} \frac{\text{Ca}}{\text{L}}$$

Perhitungan analisis kesadahan dibawah ini adalah kesadahan Magnesium sebelum pengamatan dilakukan

$$\text{Kesadahan Magnesium} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times (V_t - \text{EDTA}_a - V_t \text{ EDTA}_b) \times M \text{ EDTA} = \text{mg} \frac{\text{Mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Magnesium} = \frac{100}{25} \times (4,9 - 1,5) \times 0,01 \times 24,3 = 37,58 \text{ mg} \frac{\text{Mg}}{\text{L}}$$

Dibawah ini adalah Analisis Kesadahan setelah pengamatan dilakukan

$$\text{Kesadahan Magnesium} = \frac{1000}{V \text{ sampel}} \times (V_t - \text{EDTA}_a - V_t \text{ EDTA}_b) \times M \text{ EDTA} = \text{mg} \frac{\text{Mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Kesadahan Magnesium} = \frac{100}{25} \times (6,1 - 2,35) \times 0,01 \times 24,3 = 37,58 \text{ mg} \frac{\text{Mg}}{\text{L}}$$

Lampiran Perhitungan *Chemical Oxygen Dissolved* (COD)

Pada *Chemical Oxygen Dissolved* (COD) ini pengujian dilakukan menggunakan

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan *Chemical Oxygen Dissolved* (COD) pada sampel satu yaitu jembatan Koyod

$$\text{kada COD} = C \times Fp = \text{mg/L}$$

Keterangan :

C merupakan nilai COD contoh uji(mg/L)

Fp merupakan faktor pengenceran

$$\text{Kadar COD sampel 1} = 72,37 \times 1 = 72,37 \text{ mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan COD pada sampel dua yang berlokasi di jembatan Sapan

$$\text{Kadar COD Sampel 2} = 49,91 \times 1 = 49,91 \text{ mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan COD pada sampel tiga yang berlokasi di jembatan Parang halang-Cisirung

$$\text{Kadar COD Sampel 3} = 57,52 \times 1 = 57,52 \text{ mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan COD pada sampel empat yang berlokasi di jembatan Parang halang-Cisirung

$$\text{Kadar COD Sampel 4} = 78,44 \times 1 = 78,44 \text{ mg/L}$$

Lampiran Perhitungan sulfat SO_4^{4-}

Pada Sulfat ini pengujian dilakukan menggunakan SNI 6989.20:2019

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Sulfat pada sampel satu yang berlokasi di jembatan Koyod

$$\text{Kadar sulfat} = C \times Fp = \text{mg/L}$$

Keterangan :

C merupakan faktor sulfat yang diperoleh dari kurva Kalibrasi

Fp merupakan faktor pengenceran

$$\text{Kadar Sulfat Sampel 1} = C \times Fp = \text{mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Sulfat pada sampel dua yang berlokasi di jembatan Sapan

$$\text{Kadar Sulfat Sampel 2} = C \times Fp = \text{mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Sulfat pada sampel tiga yang berlokasi di jembatan Parang halang-Cisirung

$$\text{Kadar Sulfat Sampel 3} = C \times Fp = \text{mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Sulfat pada sampel empat yang berlokasi di jembatan Parang halang-Cisirung

$$\text{Kadar Sulfat Sampel 4} = C \times Fp = \text{mg/L}$$

Lampiran Perhitungan Kromium Heksavalen

Pada Kromium Heksavalen ini pengujian dilakukan menggunakan SNI 6989.71:2009

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel satu yang berlokasi di jembatan Koyod

$$Cr(VI) = C \times \frac{102}{V} \times fp = mg/L$$

Keterangan :

C merupakan kadar kromium heksavalen yang didapat hasil pengukuran (mg/L)

102 merupakan volume akhir (mL)

V merupakan volume contoh uji (mL)

Fp merupakan faktor pengenceran jika diperlukan

$$Cr(VI) = 0,024 \times \frac{102}{100} \times 1 = 0,024 \text{ mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel dua yang berlokasi di jembatan Sapan

$$Cr(VI) = 0,038 \times \frac{102}{100} \times 1 = 0,038 \text{ mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel tiga yang berlokasi di jembatan Parung haling-Cisirung

$$Cr(VI) = 0,023 \times \frac{102}{100} \times 1 = 0,023 \text{ mg/L}$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel empat yang berlokasi di jembatan Rancamayar

$$Cr(VI) = 0,021 \times \frac{102}{100} \times 1 = 0,021 \text{ mg/L}$$

Lampiran Perhitungan Logam Zn

Pada Logam Zn ini pengujian dilakukan menggunakan SNI 6989-84:2019

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Logam Zn pada sampel satu yang berlokasi di jembatan Koyod

$$Kadar\ Logam = C \times fp = mg/L$$

Keterangan :

C merupakan kadar logam yang didapat hasil pengukuran (mg/L)

Fp merupakan faktor pengenceran jika diperlukan

$$Kadar\ Logam = 0,015 \times 1 = 0,015 = 0,02\ mg/L$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel dua yang berlokasi di jembatan Sapan

$$Kadar\ Logam = 0,135 \times 1 = 0,135 = 0,14\ mg/L$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel tiga yang berlokasi di jembatan Parung haling-Cisirung

$$Kadar\ Logam = 0,112 \times 1 = 0,11\ mg/L$$

Berikut ini merupakan Contoh Perhitungan Kromium Heksavalen pada sampel empat yang berlokasi di jembatan Rancamayar

$$Kadar\ Logam = 0,66 \times 1 = 0,66\ mg/L$$

Lampiran Foto



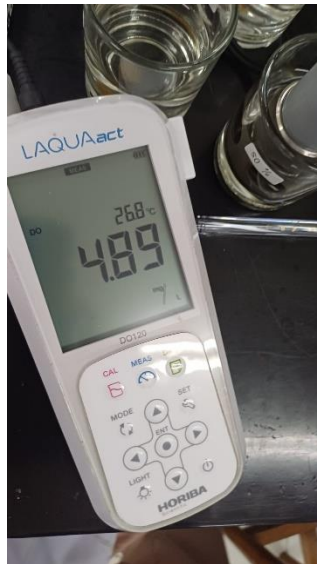
Pengujian COD memasukkan tabung refluks ke dalam termoreaktor



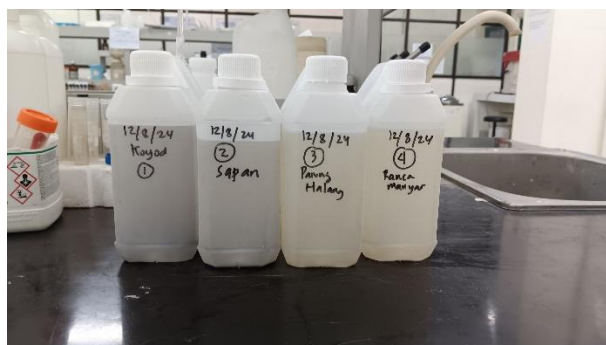
Pengujian COD memasukkan sampel ke dalam tabung refluks



Pengukuran pH untuk pengujian toksisitas



Pengukuran DO untuk uji toksisitas



Sampel 1 – 4 air sungai Citarum



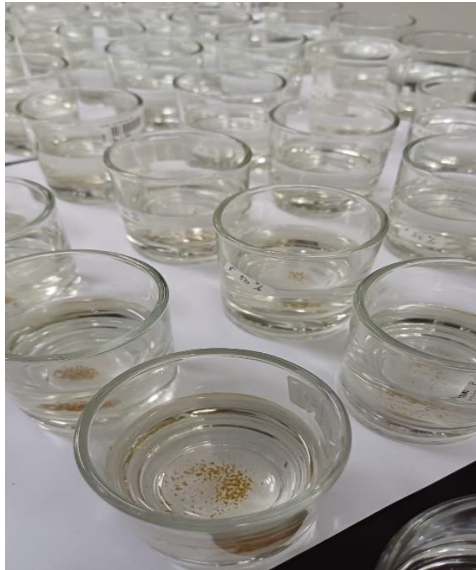
Pengenceran untuk pengujian toksisitas



Hewan uji *Daphnia sp*



Proses pemindahan *Daphnia sp* ke sampel air sungai Citarum



Tempat pengujian toksisitas hewan uji



proses pengamatan hewan uji



bentuk larva *Daphnia sp*



bentuk *Daphnia sp*



Aquarium yang digunakan untuk tempat aklimatisasi *Daphnia sp*