

**UJI TOKSISITAS AKUT KROMIUM HEKSAVALEN ( $\text{Cr}^{6+}$ ) TERHADAP  
IKAN KOMET (*Carassius auratus*) DAN IKAN MUJAIR (*Oreochromis  
mossambicus*)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)  
pada program studi Teknik Lingkungan



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

**Disusun Oleh**

DWI RONA SANIYAH

NIM. H05219005

**Dosen Pembimbing**

Widya Nilandita, M.KL

Ir. Teguh Taruna Utama, S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Dwi Rona Saniyah  
NIM : H05219005  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "**UJI TOKSISITAS AKUT KROMIUM HEKSAVALEN ( $\text{Cr}^{6+}$ ) TERHADAP IKAN KOMET (*Carassius auratus*) DAN IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossambicus*)**". Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat maka saya bersedia menerima sanksi yang diterapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 14 Juli 2023

Yang Menyatakan,



**Dwi Rona Saniyah**

NIM. H05219005



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300  
E-Mail : [saintek@uinsby.ac.id](mailto:saintek@uinsby.ac.id) Website : [www.uinsby.ac.id](http://www.uinsby.ac.id)

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING  
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Dwi Rona Saniyah  
NIM : H05219005  
Judul Tugas Akhir : Uji Toksisitas Akut Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Terhadap Ikan Komet (*Carassius auratus*) dan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 27 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Widva Nilandita, M.KI  
NIP. 198410072014032002

Ir. Teguh Taruna Utama, S.T., M.T.  
NUP. 201603319

**PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR**

Nama : Dwi Rona Sanayah  
NIM : H05219005  
Judul : Uji Toksisitas Akut Kromium Heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) Terhadap Ikan Komet  
(*Carassius auratus*) dan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi

Di Surabaya, 3 Juli 2023

Mengesahkan,  
Dewan Penguji,

Penguji I

Penguji II



Widya Nilandita, M.KL  
NIP. 198410072014032002



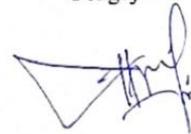
Ir. Teguh Taruna Utama, S.T., M.T  
NUP. 201603319

Penguji III

Penguji IV



AmruHah, M.Ag  
NIP. 197309032006041001



Ida Munfarida, M.Si., M.T.  
NIP. 198411302015032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd  
NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : DWI RONA SANIYAH  
NIM : 1105219005  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : dwironasaniyah@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:  
 Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)  
yang berjudul:

UJI TOKSISITAS AKUT KROMIUM HEKSAVALEN ( $Cr^{6+}$ ) TERHADAP

IKAN KOMET (*Carassius auratus*) DAN IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossambicus*)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengclolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 14 Juli 2023

Penulis

(Dwi Rona Saniyah)

## ABSTRAK

Kromium merupakan logam berat berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Kromium memiliki dua senyawa, yaitu kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) bersifat sangat toksik dari kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Kromium heksavalen menyebabkan bioakumulasi di dalam tubuh organisme akuatik. Tujuan uji penelitian ini adalah mengetahui nilai  $\text{LC}_{50}$  kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), menganalisa klasifikasi toksisitas  $\text{LC}_{50}$  heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), dan menganalisis perbedaan mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Metode penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian ini terdiri tiga tahap yaitu : aklimatisasi, *range finding test*, dan uji toksisitas akut. Konsentrasi yang digunakan pada uji toksistas akut yaitu : 0,044 mg/L, 0,13 mg/L, 0,57 mg/L, 2,21 mg/L, dan 8,98 mg/L. Konsentrasi tersebut ditentukan berdasarkan nilai ambang batas bawah dan atas *range finding test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) bersifat lebih resisten terhadap kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) daripada ikan komet (*Carassius auratus*). Nilai  $\text{LC}_{50}$  96 jam ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) berturut-turut yakni 0,962 mg/L dan 0,164 mg/L. Menurut US EPA 2004 *Chemical Hazard Classification and Labeling: Comparison of OPP Requirements and The GHS*, nilai  $\text{LC}_{50}$  tersebut termasuk toksisitas kelas 3 dan 2 kategori awas dan peringatan. Berdasarkan hasil uji statistik uji *independent sample t test*, tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).

**Kata kunci** : *Carassius auratus*, Kromium Heksavalen,  $\text{LC}_{50}$  96 jam, *Oreochromis mossambicus*, Uji Toksisitas Akut

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

**ACUTE TOXICITY TEST OF HEXAVALENT Chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) ON  
COMET FISH (*Carassius auratus*) AND MUJAIR FISH (*Oreochromis  
mossambicus*)**

**ABSTRACT**

Chromium was a heavy metal that was harmful to living things and the environment. Chromium had two compounds, namely trivalent chromium ( $\text{Cr}^{3+}$ ) and hexavalent chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Hexavalent chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) was more toxic than trivalent chromium. Hexavalent chromium caused bioaccumulation in aquatic organisms. The purpose of the research test was to determine the  $\text{LC}_{50}$  value of hexavalent chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) for comet fish (*Carassius auratus*) and tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*), to analyze the toxicity classification of hexavalent  $\text{LC}_{50}$  ( $\text{Cr}^{6+}$ ) to the death of comet fish (*Carassius auratus*) and tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*), and to analyze the differences in the mortality of comet fish (*Carassius auratus*) and tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*). The research method is experimental. The study consisted of three stages: acclimatization, range finding test, and acute toxicity test. The concentrations used in the acute toxicity test were: 0.044 mg/L, 0.13 mg/L, 0.57 mg/L, 2.21 mg/L, and 8.98 mg/L. The concentrations were determined based on the lower and upper threshold values of the range finding test. The results showed that tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*) were more resistant to hexavalent chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) than comet fish (*Carassius auratus*). The 96-hour  $\text{LC}_{50}$  values of comet fish (*Carassius auratus*) and tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*) were 0.962 mg/L and 0.164 mg/L, respectively. According to the US EPA's 2004 Chemical Hazard Classification and Labeling: Comparison of OPP Requirements and The GHS, the  $\text{LC}_{50}$  value includes class 3 toxicity and 2 caution and warning categories. Based on the results of the independent sample *t* test statistical tests, there was no significant difference between the mortality of comet fish (*Carassius auratus*) and tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*).

**Keywords:** *Carassius auratus*, Hexavalent Chromium,  $\text{LC}_{50}$  96 hours, *Oreochromis mossambicus*, Acute Toxicity Test

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	4
1.4    Manfaat Penelitian.....	4
1.5    Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1    Pencemaran Air .....	7
2.2    Air Limbah .....	7
2.3    Logam Berat .....	8
2.4    Macam-Macam Logam Berat.....	10
2.5    Kromium .....	18
2.6    Dampak Kromium .....	21
2.7    Toksikologi.....	22





## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Timbal (Pb).....	14
<b>Gambar 2.2</b> Merkuri (Hg).....	16
<b>Gambar 2.3</b> Kadmium (Cd).....	17
<b>Gambar 2.4</b> Tabel Periodik Unsur Kimia.....	19
<b>Gambar 2.5</b> Mekanisme Toksisitas .....	26
<b>Gambar 2.6</b> Cara Masuk Xenobiotik dalam Tubuh.....	27
<b>Gambar 2.7</b> Skema Kulit .....	27
<b>Gambar 2.8</b> Skema Saluran Pernafasan Manusia.....	28
<b>Gambar 2.9</b> Skema Saluran Pencernaan Manusia.....	29
<b>Gambar 2.10</b> Ikan Komet ( <i>Carassius auratus</i> ).....	34
<b>Gambar 2.11</b> Ikan Mujair ( <i>Oreochromis mossambicus</i> ) .....	36
<b>Gambar 3.1</b> Reaktor Uji Untuk Tahap RFT dan Uji Toksisitas Akut.....	44
<b>Gambar 3.2</b> Tahapan Penelitian.....	45
<b>Gambar 3.3</b> Kerangka Penelitian.....	46
<b>Gambar 3.4</b> Gambar Skema Reaktor Ikan Komet dan Ikan Mujair Tahap Range Finding Test (RFT) .....	52
<b>Gambar 3.5</b> Rancangan Percobaan.....	53
<b>Gambar 4.1</b> pH Air Pada Reaktor Tahap Aklimatisasi .....	56
<b>Gambar 4.2</b> Suhu Air Pada Reaktor Tahap Aklimatisasi.....	58
<b>Gambar 4.3</b> DO Air Pada Reaktor Tahap Aklimatisasi .....	60
<b>Gambar 4.4</b> Kematian Biota Uji Tahap Aklimatisasi.....	61
<b>Gambar 4.5</b> Kematian Ikan Komet Pada Tahap Range Finding Test (RFT) .....	66
<b>Gambar 4.6</b> Tubuh Ikan Komet Mengeluarkan Lendir .....	68
<b>Gambar 4.7</b> Kematian Ikan Mujair Pada Tahap Range Finding Test (RFT) .....	69
<b>Gambar 4.8</b> Kondisi Fisik Ikan Mujair Terpapar Toksikan Konsentrasi Tinggi	70
<b>Gambar 4.9</b> Mortalitas Ikan Komet Pada Tahap Uji Toksisitas Akut.....	75
<b>Gambar 4.10</b> Mortalitas Ikan Mujair Pada Tahap Uji Toksisitas Akut.....	77
<b>Gambar 4.11</b> Memasukkan data konsentrasi, jumlah kematian biota uji, dan total biota uji yang digunakan .....	84
<b>Gambar 4.12</b> Memilih Opsi “Analyze” → “Regression” → “Probit” .....	84



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Baku Mutu Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Pada Air Sungai dan Sejenisnya .....	20
<b>Tabel 2.2</b> Klasifikasi Toksisitas $\text{LD}_{50}$ .....	23
<b>Tabel 2.3</b> Klasifikasi Toksisitas $\text{LC}_{50}$ .....	24
<b>Tabel 2.4</b> Perbedaan Fisik Ikan Mujair ( <i>Oreochromis mosambicus</i> ) Betina dan Jantan.....	36
<b>Tabel 2.5</b> Perbedaan Fisik Ikan Mujair ( <i>Oreochromis mosambicus</i> ) dan Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	37
<b>Tabel 2.6</b> Penelitian Terdahulu.....	39
<b>Tabel 3.1</b> Alat dan Bahan Penelitian .....	44
<b>Tabel 4.1</b> pH Air Pada Reaktor Tahap Aklimatisasi .....	56
<b>Tabel 4.2</b> Suhu Air Pada Reaktor Tahap Aklimatisasi.....	57
<b>Tabel 4.3</b> DO Air Pada Reaktor Tahap Aklimatisasi .....	59
<b>Tabel 4.4</b> Kematian Biota Uji Pada Tahap Aklimatisasi.....	61
<b>Tabel 4.5</b> Variasi Konsentrasi Toksikan Pada Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT) 63	
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji Laboratorium Variasi Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Pada Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT) .....	63
<b>Tabel 4.7</b> Rata-Rata Kematian Ikan Komet Pada Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT).....	65
<b>Tabel 4.8</b> Rata-Rata Kematian Ikan Mujair Pada Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT).....	68
<b>Tabel 4.9</b> Variasi Konsentrasi Toksikan Pada Tahap Uji Toksisitas Akut .....	73
<b>Tabel 4.10</b> Hasil Uji Laboratorium Variasi Konsentrasi Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Pada Tahap Uji Toksisitas Akut .....	74
<b>Tabel 4.11</b> Mortalitas Ikan Komet Pada Tahap Uji Toksisitas Akut .....	75
<b>Tabel 4.12</b> Mortalitas Ikan Mujair Pada Tahap Uji Toksisitas Akut .....	76
<b>Tabel 4.13</b> Persen Mortalitas Ikan Komet .....	83
<b>Tabel 4.14</b> Nilai $\text{LC}_{50}$ Ikan Komet Pada Software SPSS.....	86
<b>Tabel 4.15</b> Persen Mortalitas Ikan Mujair .....	88
<b>Tabel 4.16</b> Nilai $\text{LC}_{50}$ Ikan Mujair Pada Software SPSS.....	91



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Industri membutuhkan air bersih dalam kegiatan produksinya. Air sisa hasil produksi disebut limbah cair. Limbah cair menyebabkan pencemaran air. Limbah cair industri mengandung bahan berbahaya dan logam berat (Pawestri dkk., 2020). Teluk Jakarta mengandung logam berat tinggi pada tahun 2004. Logam berat mengganggu kehidupan organisme. Logam berat ini menyebabkan kematian ikan masal (Pratiwi, 2020). Salah satu logam berat berbahaya adalah kromium.

Sumber pencemar kromium berasal dari limbah industri cat, tekstil, elektroplating, dan penyamakan kulit. Kromium bersifat bioakumulatif, peristen, dan terakumulasi dalam tubuh organisme. Kromium tidak terurai dalam lingkungan. Kromium dalam limbah cair dapat berupa kromium heksavalen dan kromium trivalent. Kromium heksavalen memiliki mobilitas dan daya larut tinggi di lingkungan. Kromium heksavalen bersifat 100 kali lebih toksik dari kromium trivalent (Muhajjalin dkk., 2021). Kromium heksavalen bersifat akumulatif dalam tubuh organisme perairan (Dina dkk., 2020). Berdasarkan lampiran VI Peraturan Pemerintah nomor 22 tahun 2021, kadar maksimum kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) di perairan adalah 0,05 mg/L. *The United State Environmental Protection Agency* (USEPA) telah mengidentifikasi kromium sebagai salah satu dari 17 bahan kimia yang merupakan ancaman terbesar bagi manusia serta mengklasifikasikannya sebagai karsinogen bagi manusia melalui pernafasan. Oleh karena itu, pencemaran kromium perlu menjadi perhatian yang serius (Berlianto & Tangahu, 2018).

Pada penelitian Nail (2018), kromium terakumulasi ikan *guppy*. Kromium menumpuk pada tubuh ikan *guppy*. Konsentrasi rendah kromium heksavalen menyebabkan kerusakan organ. Organ tersebut meliputi hati, paru-paru, dan ginjal. Penelitian Badriyah, dkk (2017) menyatakan,

konsentrasi 57,69 ppm dan 59,94 ppm kromium menyebabkan hiperlasia dan edema pada ikan nila. Sedangkan konsentrasi 83,20 ppm menyebabkan degenerasi lemak, fusi lamela, dan fibrosis (Pratiwi, 2020).

Uji toksisitas akut merupakan bentuk penelitian toksikologi perairan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui effluent ataupun badan air penerima mengandung senyawa toksik bagi organisme perairan (Silmi, 2018). Parameter yang diukur berupa kematian hewan uji dengan hasil 50% kematian (LC<sub>50</sub>). LC<sub>50</sub> dihitung dalam kurun waktu satu sampai empat hari (Silmi, 2018). Ikan digunakan sebagai hewan uji. Ikan merupakan indikator tingkat pencemaran perairan (Azis dkk., 2018). Ikan merupakan organisme akuatik yang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan disebabkan adanya senyawa kimia toksik di perairan. Perubahan lingkungan mempengaruhi kehidupan dan pola sebaran jenis ikan di perairan (Dirham & Trianto, 2020).

Allah SWT, berfirman dalam surat Al-Baqarah ayat 11 :

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ

Artinya : *“Dan apabila dikatakan kepada mereka “Janganlah berbuat kerusakan di muka bumi”, mereka menjawab : “sesungguhnya kami hanyalah orang-orang yang melakukan perbaikan.”* (QS. Al-Baqarah : 11) (Kementrian Republik Indonesia, 2015).

Ayat tersebut menjelaskan kita sebagai manusia di bumi dilarang berbuat kerusakan, baik dari segi agama atau segi lingkungan. Namun, mereka telah berbuat kerusakan tetapi tidak disadari. Sebagaimana firman Allah Surat Al- Baqarah ayat 12.

أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلَكِن لَّا يَشْعُرُونَ

Artinya : *“Ingatlah, sesungguhnya merekalah yang berbuat kerusakan, akan tetapi mereka tidak menyadari.”* (QS. Al-Baqarah : 12) (Kementrian Republik Indonesia, 2015).

Uji toksisitas penelitian ini menggunakan ikan komet dan ikan mujair. Kedua ikan tersebut jenis ikan air tawar. Berdasarkan penelitian sebelumnya, ekstrak *Caulerpa lentillifera* mempengaruhi tingginya gula darah ikan komet. Nilai ( $LC_{50-96jam}$ ) ekstrak *Caulerpa lentillifera* terhadap ikan komet adalah 102 mg/dL (Hertika, 2022). Tingginya kadar LAS di perairan mempengaruhi kondisi morfologi ikan mujair hingga menyebabkan kematian (Maulana dkk., 2021). Menurut Ren, dkk. (2021), ikan komet dapat digunakan sebagai hewan uji toksisitas. Ikan komet peka terhadap berbagai zat pencemar di perairan, mudah didapat dan harganya relatif murah (Hertika, 2022). Sedangkan ikan mujair memiliki nilai ekonomis dan penyebarannya luas. Ikan mujair dipilih karena rentan mengalami kematian di perairan (Adlina, 2014). Dalam uji toksisitas, terdapat kriteria uji yang harus diperhatikan yaitu : biota uji sensitif terhadap bahan kimia, berjumlah banyak, tersedia berbagai ukuran setiap tahunnya, dapat dipelihara dalam skala laboratorium, bernilai ekonomis, dan cocok digunakan uji hayati (APHA, dkk., 2005). Ikan komet dan ikan mujair telah sesuai. Kedua ikan ini merupakan ikan air tawar, sensitif terhadap perubahan lingkungan, mudah dipelihara, dan bernilai ekonomis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Berapa nilai  $LC_{50}$  kromium heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) terhadap kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*)?
2. Bagaimana klasifikasi toksisitas  $LC_{50}$  heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) terhadap kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*)?
3. Apakah ada perbedaan mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan nilai  $LC_{50}$  heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) terhadap kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).
2. Menganalisa klasifikasi toksisitas  $LC_{50}$  heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) terhadap kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).
3. Menganalisis perbedaan mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

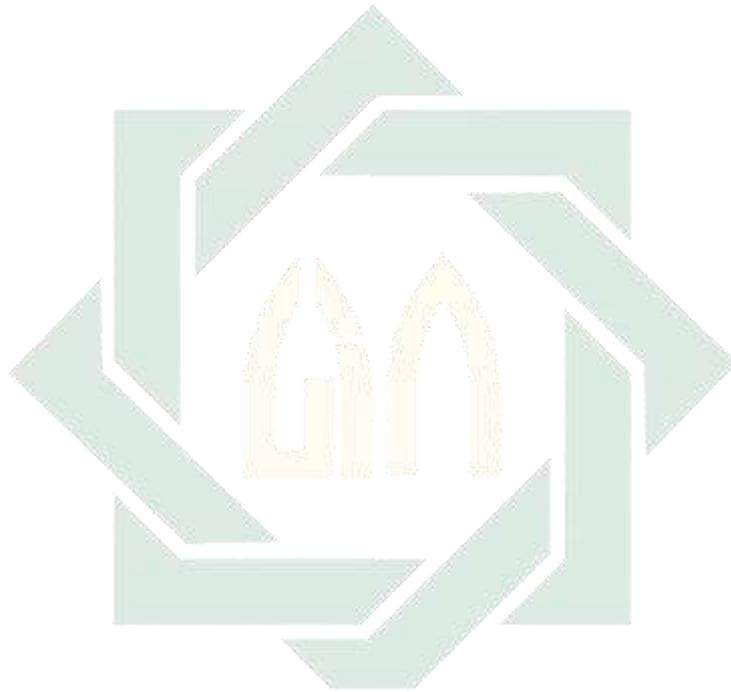
1. Bagi Peneliti  
Menambah wawasan dan pengetahuan terkait toksisitas akut kromium heksavalem ( $Cr^{6+}$ ) terhadap ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).
2. Bagi Instansi
  - Menginformasikan bahwa air limbah yang dibuang ke perairan tanpa dilakukan pengolahan akan membahayakan kehidupan organisme di dalamnya dan mengakibatkan penurunan kualitas air.
  - Menghimbau instansi terkait pentingnya mengolah air limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan.
3. Bagi Masyarakat  
Memberi informasi masyarakat melalui publikasi penelitian bahwa air limbah yang mengandung logam berat dan dibuang langsung ke perairan dapat membahayakan kehidupan organisme perairan dan kesehatan manusia apabila organisme tersebut dikonsumsi.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian uji toksisitas dilakukan di laboratorium Kampus UIN Sunan Ampel, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya.
2. Parameter yang diuji adalah limbah artifisial kromium heksavalen ( $Cr^{6+}$ ).

3. Biota uji yang digunakan adalah ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).
4. Pengujian menggunakan metode regresi probit dengan software SPSS untuk menentukan nilai toksisitas akut  $LC_{50}$  dengan waktu pemaparan 96 jam.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Air**

Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui, namun dapat dengan mudah terkontaminasi aktivitas manusia (Irianti dkk., 2017). Pencemaran air merupakan masuknya zat, energi, unsur, atau komponen lainnya ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air terganggu. Kualitas air yang terganggu ditandai dengan perubahan bau, rasa, dan warna. Pencemaran air dapat menimbulkan masalah pada lingkungan. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, menyebutkan bahwa “pencemaran air merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan”.

Pencemaran air dapat terjadi akibat kegiatan industri yang tidak mengolah limbahnya dengan baik, sehingga di dalamnya masih terkandung senyawa yang bersifat toksik. Jika limbah zat kimia yang bersifat toksik ini langsung dibuang ke perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu, maka akan membahayakan kehidupan organisme perairan. Terlebih jika organisme tersebut dimakan oleh hewan atau manusia, maka dapat menimbulkan keracunan (Irianti dkk., 2017).

#### **2.2 Air Limbah**

Air limbah merupakan sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014). Air limbah diartikan sebagai air tidak terpakai yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia yang memanfaatkan air bersih. Air limbah ini dapat berasal dari kegiatan rumah tangga, fasilitas umum, pertokoan, perkantoran, industri dan tempat lainnya (Rimantho & Athiyah, 2019).

Allah SWT, berfirman dalam surat Al-Qashash ayat 77 :

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ  
وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya: *“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bagianmu dari kenikmatan dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”*. (Kementrian Republik Indonesia, 2015).

Berdasarkan ayat di atas, dapat ditarik kesimpulan dilarang membuang air limbah secara sembarangan, karena hal ini dapat membahayakan makhluk hidup dan lingkungan. Seorang ulama bernama Imam Abu Hamid Al-Ghazali telah memberikan peringatan kepada kita semua terkait larangan berbuat sesuatu yang membahayakan orang lain. Beliau berpendapat, jika ada seseorang yang mandi di tempat pemandian umum dan dia meninggalkan bekas sabun yang dapat menyebabkan lantainya licin hingga menyebabkan seseorang tergelincir, kemudian orang tersebut meninggal atau anggota tubuhnya ada yang cidera, maka orang yang meninggalkan bekas sabun dan penjaga tempat pemandian umum dibebankan untuk bertanggung jawab (PBNU & Lembaga Penanggulangan Bencana dan Perubahan Iklim (LPBI) PBNU, 1959).

Jika pemikiran Imam Abu Hamid Al-Ghazali ini ditarik ke konteks ada pihak yang membuang air limbah langsung ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu, maka pihak tersebut harus bertanggung jawab karena perbuatan tersebut telah jelas menimbulkan dampak negatif baik ke lingkungan maupun makhluk hidup lainnya.

### **2.3 Logam Berat**

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak terpisah dari benda-benda yang bersifat logam. Benda ini kita gunakan sebagai alat perlengkapan rumah tangga seperti sendok, garpu dan pisau, sampai pada tingkat perhiasan mewah yang tidak dapat dimiliki semua orang seperti emas dan perak. Pada dasarnya logam sangat dibutuhkan dalam proses produksi dari suatu pabrik, baik pabrik cat, aki atau baterai, sampai pada produksi alat-alat listrik. Bahan yang digunakan

oleh pabrik itu dapat berbentuk logam murni, bahan anorganik maupun bahan organik. Hampir 75% dari unsur-unsur yang terdapat dalam tabel periodik unsur merupakan unsur logam. Unsur logam tersebut, ditemukan hampir pada setiap golongan kecuali pada golongan VII-A dan golongan VIII-A dari tabel periodik unsur. Unsur-unsur logam tersebut dikelompokkan pula atas golongan-golongan sesuai dengan karakteristiknya (Supriadi, 2016).

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$  dalam air laut, logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Dalam kondisi alami, logam berat juga dibutuhkan oleh organisme untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Akan tetapi jika logam berat masuk ke lingkungan dengan jumlah yang berlebih, maka dapat mencemari lingkungan. Pencemaran logam berat akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya kegiatan industri yang mengandung logam berat. Logam berat merupakan polutan beracun. Logam berat menyebabkan kematian (*lethal*) dan non kematian (*sub-lethal*). Logam berat bersifat toksik dalam jumlah besar dan dapat mempengaruhi berbagai aspek perairan, baik secara biologis maupun ekologis (Costa, 2019). Logam berat merupakan sumber pencemar berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh makhluk hidup dan terakumulasi di lingkungan. Organisme air yang hidup di perairan yang tercemar logam berat dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam tubuhnya. Semakin tinggi kandungan logam dalam perairan, maka semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme tersebut (Efrizal dkk., 2020).

Logam berat masuk ke tubuh organisme perairan melalui insang, permukaan tubuh, saluran pencernaan, otot dan hati. Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme perairan. Jika manusia mengonsumsi organisme air tersebut, maka akan memberikan dampak merugikan bagi kesehatan manusia seperti radang tenggorokan, nyeri kepala, dermatitis, alergi, anemia, gagal ginjal, pneumonia, dan lain sebagainya (Pratiwi, 2020).

Toksisitas logam berat di perairan menjadi perhatian utama karena berpotensi menimbulkan resiko bagi tumbuhan, hewan, serta manusia melalui rantai makanan. Pada konsentrasi yang cukup tinggi, logam berat menjadi racun bagi organisme, sehingga sangat penting untuk mengetahui seberapa banyak konsentrasi logam berat tersebut sebelum mempengaruhi keberlangsungan hidup organisme perairan, karena kemungkinan akan meningkat dan melewati batas normal. Peningkatan kadar logam berat dalam air umumnya disebabkan oleh masuknya berbagai limbah seperti limbah industri, pertanian dan limbah rumah yang mengandung logam berat dalam jumlah besar. Meningkatnya logam berat di perairan mengakibatkan logam yang semula dijadikan sebagai kebutuhan pertumbuhan organisme berubah menjadi toksik dan mengganggu keberlangsungan hidup organisme hingga mati (Supriadi, 2016). Menurut Sutamihardja (2006), logam berat yang dapat membahayakan makhluk hidup dan lingkungan memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Andhani & Husaini, 2017) :

- a. Logam berat sulit terdegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan.
- b. Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasi dapat semakin tinggi, atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi.
- c. Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam dalam air.

## **2.4 Macam-Macam Logam Berat**

Dalam kehidupan sehari-hari, terdapat beberapa jenis logam berat berbahaya yang ada di sekitar manusia. Jenis logam berat dibedakan menjadi dua yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial.

### **1. Logam Berat Esensial**

Dalam kehidupan sehari-hari, logam berat esensial dibutuhkan untuk menjaga metabolisme tubuh manusia. Logam-logam berat tersebut antara lain :

a. Tembaga( Cu)

Tembaga merupakan unsur kimia dengan simbol Cu dengan nomor atom 29, berada pada golongan I B, memiliki titik didih  $2.595^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $1.083^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 65,37. Tembaga (Cu) memiliki sifat berwarna kemerahan, mudah regang, dan mudah ditempa. Logam ini memantulkan cahaya merah dan oranye serta menyerap cahaya frekuensi lain pada spektrum tampak. Akibat struktur pitanya yang khas, tembaga (Cu) ini terlihat berwarna kemerahan. Logam tembaga (Cu) ini merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Selain itu, tembaga memiliki reaktifitas kimia rendah.

Logam tembaga (Cu) termasuk logam berat essential, meskipun beracun tetapi tetap dibutuhkan tubuh manusia dalam jumlah kecil. Dalam konsentrasi rendah, tembaga (Cu) dapat merangsang pertumbuhan organisme, sebaliknya jika dalam konsentrasi tinggi Cu malah menjadi penghambat. Sebagian besar tembaga digunakan untuk peralatan listrik (60 %), konstruksi seperti atap dan pipa (20 %), mesin industri seperti penukar panas (15 %) dan logam campur (5 %). Logam ini sangat ideal untuk sistem pemasangan listrik karena tembaga mudah bekerja, dapat ditarik menjadi kawat halus dan memiliki konduktivitas elektrik yang tinggi.

Tembaga (Cu) merupakan komponen umum yang terbentuk secara alami di lingkungan. Logam ini menyebar ke semua strata lingkungan, yakni perairan, tanah, dan udara, melalui fenomena alami. Tembaga (Cu) dapat dilepaskan ke lingkungan melalui sumber alami maupun aktivitas manusia. Sumber alami contohnya adalah debu tertiuap angin, pembusukkan tumbuhan, dan kebakaran hutan. Sedangkan sumber tembaga (Cu) dalam dunia industri yaitu berasal dari pewarnaan tekstil, penyepuhan, pelapisan, dan pembilasan pada industri perak.

b. Selenium (Se)

Selenium merupakan unsur kimia dengan simbol Se dengan nomor atom 34, berada pada golongan VI A, memiliki titik didih  $613^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $817^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 28,96. Selenium (Se) merupakan trace element esensial yang penting untuk berbagai fungsi biologi seperti metabolisme hormon tiroid, sistem pertahanan antioksidan dan tubuh, pencegahan kanker tertentu dan sistem kardiovaskular. Rekomendasi asupan selenium (Se) tergantung dari usia serta kondisi dari setiap individu. *Recommended Dietary Allowance* (RDA) untuk pria dan wanita dewasa menurut *Institute of Medicine* (2000) adalah  $55 \mu\text{g/hari}$ . Kekurangan asupan selenium (Se) yang parah dapat menyebabkan penyakit yang disebut Keshan dan Kashin-Beck (Stoffaneller&Morse, 2015). Namun, kelebihan asupan selenium (Se) juga dapat menyebabkan efek toksik bagi tubuh. Level tertinggi asupan selenium (Se) yang kemungkinan tidak menimbulkan efek resiko bagi kesehatan adalah  $400 \mu\text{g Se/hari}$  (Luthfiyani Heryadi et al., 2020).

c. Besi (Fe)

Besi merupakan unsur kimia dengan simbol Fe dengan nomor atom 26, berada pada golongan VII B, memiliki titik didih  $3000^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $1.536^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 55,847. Besi merupakan logam transisi paling melimpah di kerak bumi. Aspek biologisnya adalah nutrisi paling penting bagi makhluk hidup karena merupakan kofaktor bagi banyak protein penting dan enzim. Reaksi yang dimediasi besi mendukung sebagian besar organisme aerobik dalam proses respirasi mereka. Jika tidak terlindungi dengan baik, ia dapat mengkatalisis reaksi yang melibatkan pembentukan radikal yang dapat merusak biomolekul, sel, jaringan dan seluruh organisme. Besi merupakan logam yang normalnya terdapat dalam darah tubuh manusia.

Menurut Yang, dkk. (2005), jika kadar zat besi dalam tubuh terlalu rendah, maka dapat digunakan sebagai indikator untuk diagnosis suatu penyakit. Setiap pria dewasa membutuhkan sekitar 1 mg zat besi (Fe) per hari untuk menggantikan zat besi (Fe) yang diekskresikan melalui kulit, urin, dan sistem pencernaan. Wanita setiap bulannya kehilangan darah melalui proses menstruasi, termasuk didalamnya kehilangan besi. Kehilangan besi tersebut perlu diganti dengan 1,4-2,2 mg Fe/hari. Pada umumnya manusia memperoleh sekitar 10-20 mg Fe/hari melalui makanan yang dikonsumsi. Meskipun besi (Fe) diperlukan oleh tubuh, pada kadar yang berlebih dapat merusak dinding usus, dan menyebabkan kematian. Paparan dari debu besi (Fe) dapat terakumulasi didalam alveoli paru-paru (Andhani & Husaini, 2017).

d. Zink(Zn)

Zink merupakan unsur kimia dengan simbol Zn dengan nomor atom 30, berada pada golongan II B, memiliki titik didih  $906^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $419,5^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 65,37. Zink (Zn) memiliki sifat berwarna putih kebiruan, dan mudah ditempa. Zink (Zn) merupakan logam murni yang melarut melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali. Sumber pencemar Zink (Zn) masuk ke lingkungan perairan melalui hasil pembuangan industri, pengelasan logam, dan patri. Manusia dalam kehidupannya memerlukan 12-15 mg Zn setiap hari. Sedangkan sumber logam zink (Zn) secara alami dapat diperoleh melalui makanan atau minuman yang dikonsumsi. Pada kadar berlebih dalam tubuh, logam zink (Zn) dapat mengakibatkan keracunan. Gejala keracunan Zn seperti muntah, kram perut, diare dan mual berkepanjangan (Andhani & Husaini, 2017)..

## 2. Logam Berat Non Esensial

Dalam kehidupan sehari-hari, logam berat esensial merupakan logam yang tidak memiliki fungsi dalam tubuh manusia. Logam non esensial

ini sangat berbahaya karena logam ini bersifat toksik pada manusia. Logam-logam berat tersebut antara lain :

a. Timbal (Pb)

Timbal merupakan unsur kimia dengan simbol Pb dengan nomor atom 82, berada pada golongan IV A, memiliki titik didih  $1.725^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $327,4^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 207,19. Timbal tersebar di alam dalam jumlah yang sangat sedikit. Penyebaran logam ini diseluruh lapisan bumi hanya sekitar 0,0002% dari kerak bumi. Dalam bentuk apapun logam ini memiliki dampak toksisitas yang sama bagi makhluk hidup. Timbal (Pb) memiliki sifat berwarna cokelat kehitaman, lunak, dan mudah dimurnikan dari pertambangan. Senyawa ini banyak ditemukan dalam pertambangan seluruh dunia. Logam ini memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Sumber pencemar timbal (Pb) dalam kegiatan industri dapat berasal dari kegiatan seperti : pertambangan, manufaktur dan pembakaran bahan bakar fosil telah mengakibatkan akumulasi timbal dan senyawanya di lingkungan, termasuk udara, air dan tanah. Timbal digunakan untuk produksi baterai, kosmetik, produk logam seperti amunisi, solder dan pipa. Sedangkan sumber pencemaran timbal dalam kegiatan rumah tangga dapat berasal dari cat tembok, debu, bensin, dan produk kosmetik kecantikan.



**Gambar 2.1** Timbal (Pb)

Sumber : (Supriadi, 2016)

Dampak yang ditimbulkan dari pencemaran timbal (Pb) pada kesehatan manusia yaitu :

- ❖ Pada sistem syaraf (organ yang paling sensitif) dapat menyebabkan epilepsi, halusinasi, delirium, dan kerusakan otak besar.
- ❖ Pada ginjal dapat menyebabkan kerusakan ginjal oleh adanya gagal ginjal.
- ❖ Pada sistem reproduksi menyebabkan penurunan kemampuan reproduksi.
- ❖ Pada jantung pada anak-anak ditemukan ketidaknormalan fungsi jantung.
- ❖ Pada sistem endokrin menyebabkan kekurangan iodium.

Efek keracunan logam berat timbal (Pb) dapat berupa efek toksik akut dan efek toksik kronis. Efek keracunan timbal (Pb) secara akut dapat terjadi secara dramatis, kematian yang tiba-tiba, kram perut yang parah, anemia, perubahan perilaku, dan kehilangan nafsu makan. Sedangkan efek keracunan timbal (Pb) secara kronis terjadi sebagai akibat paparan timbal yang terakumulasi pada kurun waktu bulanan hingga tahunan. Efek keracunan timbal kronis biasanya menimbulkan gejala yang tidak spesifik pada hampir semua sistem tubuh. Efek negatif keracunan timbal kronis pada manusia terdiri atas penurunan libido dan kesuburan, keguguran dan kelahiran prematur, masalah kecerdasan, hipertensi, penyakit kardiovaskuler, serta gangguan fungsi ginjal.

b. Mercuri (Hg)

Merkuri merupakan unsur kimia dengan simbol Hg dengan nomor atom 80, berada pada golongan II B, memiliki titik didih  $357^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $38,4^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 200,59. Merkuri (Hg) merupakan logam yang ada secara alami, merupakan satu-satunya logam yang pada suhu kamar berwujud cair. Logam murni berwarna keperakan atau putih keabu-abuan, cairan tak berbau, dan mengkilap. Bila dipanaskan sampai suhu  $357^{\circ}\text{C}$ , merkuri

(Hg) ini akan menguap. Meskipun merkuri (Hg) hanya terdapat dalam konsentrasi 0,08 mg/kg kerak bumi, logam ini banyak tertimbun di daerah pertambangan. Merkuri dianggap logam berat paling beracun di lingkungan.



**Gambar 2.2** Merkuri (Hg)

Sumber : (Supriadi, 2016)

Tersebar nya logam Hg di tanah, perairan, ataupun udara bisa melalui berbagai jalur, seperti pembuangan limbah industri secara langsung, baik limbah padat maupun cair ke tanah, udara, dan air. Sumber pencemaran merkuri (Hg) dapat berasal dari berbagai kegiatan industri seperti : industry farmasi, kertas dan pengawet pulp, industri pertanian, dan klorin serta industri produksi soda kaustik.

c. Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan unsur kimia dengan simbol Cd dengan nomor atom 48, berada pada golongan II B, memiliki titik didih  $765^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $320,9^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 112,40. Kadmium (Cd) dilepaskan ke lingkungan melalui kegiatan alam seperti letusan gunung berapi, pelapukan, transportasi sungai dan beberapa aktivitas manusia seperti pertambangan, peleburan, pembakaran limbah, pembuatan pupuk, merokok. Merokok adalah sumber paparan kadmium paling besar. Pemantauan biologi terhadap kadmium pada populasi umum telah menunjukkan bahwa merokok dapat menyebabkan peningkatan signifikan kadar kadmium darah. Konsentrasi pada perokok berada pada rata-rata 4 hingga 5 kali lebih

tinggi dari bukan perokok. Namun, rokok hanya sedikit berkontribusi pada keseluruhan muatan kadmium di dalam tubuh.

Kadmium sangat beracun ke ginjal dan terakumulasi dalam sel tubulus proksimal dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Kadmium dapat menyebabkan mineralisasi tulang baik melalui kerusakan tulang atau gangguan fungsi ginjal. Jika seseorang menghirup kadmium dengan konsentrasi yang tinggi, maka dapat membahayakan kesehatan tubuh, yaitu kerusakan parah pada organ paru-paru. Jika kadmium tertelan dalam jumlah yang lebih tinggi, maka dapat menyebabkan iritasi lambung dan mengakibatkan muntah dan diare. Akan tetapi jika kadmium yang masuk ke tubuh dalam konsentrasi rendah, maka akan tersimpan dalam ginjal dan akhirnya menyebabkan tulang menjadi rapuh dan penyakit ginjal. Munculnya efek dari paparan kadmium ini tergantung dengan lama waktu paparan.



**Gambar 2.3** Kadmium (Cd)

Sumber : (Supriadi, 2016)

#### d. Kromium (Cr)

Kromium terdiri dari dua senyawa yaitu kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Penyerapan senyawa kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) melalui saluran udara maupun saluran pencernaan lebih cepat daripada senyawa kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Pencemaran kromium berasal dari buangan industri-industri pelapisan krom, pabrik tekstil, pabrik cat, penyamakan kulit, pabrik tinta dan pengilangan minyak. Hal tersebut berasal dari natrium kromat dan natrium dikromat yang merupakan spesies kromium

heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) bersifat *toksik* sebagai bahan pokok untuk memproduksi bahan kimia krom, seperti bahan pewarna krom, garam-garam krom yang dipergunakan penyamakan kulit, pengawetan kayu, bahan anti korosif pada. Beberapa literatur hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat toksik logam berat kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) jauh lebih toksik dibandingkan kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Dalam SK Menteri Negara Lingkungan Hidup No.Kep 03/MENKLH/11/1991 disebutkan bahwa kadar maksimum krom total yang diperbolehkan dalam perairan adalah 0,1 ppm sedang kadar kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) 0,05 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jumlah yang lebih sedikit keberadaan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) telah dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan.

e. Arsen (As)

Arsen merupakan unsur kimia dengan simbol As dengan nomor atom 33, berada pada golongan V A, memiliki titik didih  $613^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh  $817^{\circ}\text{C}$ , serta memiliki massa atom 74,922. Arsen merupakan satu unsur paling beracun dan dijumpai dalam tanah, air dan udara. Secara alami arsen dihasilkan dari letusan gunung vulkanik yang dapat melepaskan sekitar 3000 ton setiap tahun. Arsen banyak ditemukan di dalam air tanah. Sumber antropogenik arsenik bisa berasal dari kegiatan manusia seperti penambangan dan pengolahan bijih. Proses peleburan bisa melepaskan logam berat yang dapat mempengaruhi kualitas air permukaan melalui tanah dan limpasan. Sebagian besar cat, pewarna, sabun, logam, semikonduktor dan obat-obatan mengandung arsenik. Pestisida tertentu, pupuk dan operasi makanan hewan juga melepaskan arsenik ke lingkungan dalam jumlah yang lebih tinggi.

## 2.5 Kromium

Kromium ditemukan di tanah, air, dan udara. Kromium di perairan dapat masuk secara alami maupun non alami. Secara alami, keberadaan

kromium di perairan disebabkan beberapa faktor, seperti erosi yang terjadi pada batuan mineral dan partikel-partikel kromium di udara yang terbawa turun oleh air hujan. Sedangkan masuknya kromium secara non alamiah ini berasal dari aktivitas manusia seperti air limbah industri (Tyas dkk., 2016). Industri yang menghasilkan limbah kromium antara lain: industri percetakan, industri elektroplating, manufaktur, penyamakan kulit, tekstil, dan farmasi. Berikut merupakan kedudukan kromium pada tabel periodik disajikan pada **Gambar 2.1**.

**TABEL PERIODIK  
UNSUR KIMIA**

**Legenda Warna:**

- (1) Hijau telor = padat
- (2) Orange = gas
- (3) Kuning/Tan = Cair
- (4) Merah jambu = unsur buatan
- (5) Didasarkan atas karbon - 12
- (6) Tanda ( ) menyatakan isotop paling stabil.
- (7) Untuk unsur berfase gas harga tersebut berarti titik didih cairannya.

**Dipakai untuk:**

- \* S.M.A. - S.A.A & S.L.T.A. Lainnya
- \* Universitas

**Gambar 2.4** Tabel Periodik Unsur Kimia

Sumber : (Google, 2023)

Kromium memiliki dua sifat yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Sifat fisik kromium adalah zat padat berbentuk kristal, logam berkilau, keras, dan berwarna perak abu-abu. Sedangkan sifat kimia kromium yaitu kromium merupakan unsur kimia dengan simbol Cr dengan nomor atom 24, berada pada golongan VI B, memiliki titik didih 2665°C dan titik leleh 1875°C, serta memiliki massa atom 51,996. Kromium merupakan logam berat bersifat bioakumulatif, toksik yang tinggi, peristen, dan tidak mampu terurai



dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- d. Kelas IV merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi tanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

## 2.6 Dampak Kromium

Limbah industri yang mengandung kromium dan dibuang langsung ke badan air dapat membahayakan kehidupan organisme perairan. Ikan yang terpapar kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ), mengalami berbagai perubahan perilaku seperti : pola berenang tidak beraturan dan gerakannya menjadi lamban, keluranya lendir, dan operkulum yang dipercepat. Hal ini dapat memicu perubahan struktural seperti hipertrofi dan paraplegia pada epitel insang dan melemahkan kekebalan tubuh (Aslam & Yousafzai, 2017). Dampak yang ditimbulkan yaitu terganggunya proses metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis. Kromium dalam tubuh bersifat kronis hingga menyebabkan kematian organisme perairan (Handayani, 2015). Pada manusia, kromium masuk melalui makanan seperti hewan dan tumbuhan dan kulit (Edelynna dkk., 2012). Kromium ini dapat menyebabkan kerusakan ginjal atau nefrotoksisitas (Utama, 2015). Kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang terhirup seseorang dapat mengakibatkan batuk, bersin, sakit pernapasan, demam, radang selaput lendir hidung, bronkitis, dan kanker paru-paru (Sembel, 2015).

Kromium yang masuk ke dalam tubuh manusia akan segera dikeluarkan oleh tubuh. Akan tetapi, jika kadar kromium tersebut cukup besar, akan mengakibatkan kerusakan pada sistem pencernaan. Kromium yang masuk dalam tubuh akan ikut dalam metabolisme tubuh. Interaksi yang terjadi antara kromium dengan unsur biologis tubuh menyebabkan terganggunya fungsi tertentu yang bekerja dalam proses metabolisme karena kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang telah masuk dalam sel seterusnya larut dalam darah (Utami, 2017).

## 2.7 Toksikologi

Orang yang pertama kali mengungkapkan ilmu toksikologi adalah seorang ahli fisika yang bernama Paracelsus Theophrastus Bombastus von Hohenheim. Beliau menyatakan bahwa semua zat berpotensi menjadi beracun, dan dosislah yang menyebabkan suatu zat menjadi beracun. Menurut Paracelsus (1493-1541), *“All ding sind gift und nichts ohm gift, allein die dosis macht das ein ding kein gift ist”*. Yang artinya “semua bahan adalah racun, dan tidak ada bahan tanpa racun, dan hanya dosis yang tepat yang membuat bahan menjadi tidak racun” (Berniyanti, 2018). Toksikologi ini berasal dari kata “toxic” yang berarti racun dan kata “logos” yang berarti ilmu. Dengan demikian, secara sederhana toksikologi adalah ilmu yang membahas terkait zat racun (Kurniawidjaja dkk., 2021).

Toksikologi merupakan ilmu yang mempelajari pengaruh-pengaruh yang merusak dari bahan kimia terhadap organisme hidup. Menurut Dubois & Geiling (1959), toksikologi merupakan salah satu cabang ilmu kedokteran yang mempelajari terkait cara mendeteksi racun (Sembel, 2015). Toksikologi juga dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari bahan-bahan beracun (toksik), yang dapat menyebabkan perubahan maupun gangguan pada fungsi-fungsi suatu organisme sehingga memberi dampak serius, seperti kematian (Irianti dkk., 2017). Toksikologi bertujuan untuk mengkaji mekanisme efek toksik bahan-bahan kimia terhadap makhluk hidup agar manusia dapat menggunakan dan hidup berdampingan dengan toksikan tanpa menimbulkan efek yang merugikan seperti gangguan kesehatan atau rusaknya lingkungan hidup (Kurniawidjaja dkk., 2021).

Toksisitas merupakan suatu zat kimia yang bersifat relatif terhadap makhluk hidup baik secara langsung maupun tidak langsung. Toksikan diartikan sebagai segala jenis bahan yang dapat memberikan efek merugikan (Kurniawidjaja dkk., 2021). Toksisitas modern diartikan sebagai ilmu multidisipliner. Karena mempelajari ilmu ini perlu ilmu lain untuk mempelajari aksi suatu zat kimia yang toksik, serta interaksi antara zat



**Tabel 2.3** Klasifikasi Toksisitas LC<sub>50</sub>

Kelas	Nilai LC <sub>50</sub> (mg/L)	Keterangan
I	≤ 0,05 mg/L	Bahaya
II	> 0,05 mg/L ≤ 0,5 mg/L	Peringatan
III	> 0,5 mg/L ≤ 2 mg/L	Awas
IV	> 2 mg/L	Dapat dikatakan tidak membahayakan

Sumber : (US EPA, 2004)

**Tabel 2.3** klasifikasi toksisitas LC<sub>50</sub> menunjukkan bahwa semakin kecil nilai LC<sub>50</sub> yang diperoleh, maka bahan tersebut dikategorikan lebih berbahaya daripada nilai LC<sub>50</sub> tertinggi.

## 2. Toksisitas Sub Kronis

Uji toksisitas subkronis merupakan pengujian untuk mengetahui efek toksik suatu sediaan uji dengan dosis berulang yang diberikan secara oral pada hewan uji selama sebagian umur hewan. Akan tetapi tidak lebih dari 10% umur hewan uji. Waktu standar uji toksisitas subkronis adalah 14 hari, 28 hari, dan 90 hari. Uji toksisitas subkronis bertujuan untuk mengetahui efek toksik suatu zat yang tidak terdeteksi pada uji toksisitas akut (BPOM, 2022).

## 3. Toksisitas Kronis

Toksisitas kronis merupakan kemampuan suatu zat yang dapat mengakibatkan kematian dan gangguan fisiologis secara terus menerus atau jangka waktu lama (Muliasari dkk., 2019). Uji toksisitas kronis merupakan uji yang bertujuan mengetahui efek toksik setelah pemberian sediaan uji secara berulang selama sebagian besar umur hewan uji. Uji toksisitas kronis bertujuan untuk mengetahui profil efek toksik setelah pemberian sediaan uji secara berulang dalam jangka waktu panjang. Umumnya uji ini digunakan untuk menguji obat-obatan dan bahan lain yang digunakan berulang kali dalam jangka waktu lebih dari 4 minggu (BPOM, 2022).

## 4. Mekanisme Toksisitas

Pada umumnya, mekanisme toksisitas merupakan hasil dari serangkaian proses fisika, biokimia, dan biologis yang sangat kompleks. Secara umum, proses ini dibagi menjadi tiga fase : fase eksposisi, fase

taksokinetik, dan fase toksodinamik. Dalam mempelajari interaksi xenobiotika dengan organisme hidup, terdapat dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu: mekanisme xenobiotika pada organisme dan pengaruh organisme terhadap xenobiotika. Suatu senyawa kimia yang aktif secara biologis pada organisme (fase toksodinamik) disebut sebagai mekanisme xenobiotika. Sedangkan reaksi organisme terhadap xenobiotika disebut fase toksokinetik (Yulianto & Amaloyah, 2017).

Xenobiotika merupakan bahan asing bagi tubuh suatu organisme. Kata xenobiotika ini berasal dari kata “xeno” yang berarti asing dan “biotik” yang berarti makhluk hidup. Keberadaan xenobiotik pada lingkungan hidup, seiring waktu makin banyak, baik dari segi jumlah maupun jenisnya (Dewata & Danhas, 2021). Contoh xenobiotik dalam kehidupan sehari-hari adalah zat pewarna, pengawet, pemutih, dan peptisida.

Menurut Mukono (2010), mekanisme masuknya bahan toksik ke dalam organ organisme melalui 4 proses yaitu : absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi dengan perjalanan toksikan yang dimulai dari masuknya ke kompartemen lingkungan, kemudian mengalami proses transfer dan akhirnya mengalami transformasi (Suryani dkk., 2018).

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



fase ini zat beracun dapat diubah melalui reaksi kimia tertentu menjadi senyawa lebih toksik atau malah lebih kurang toksik dari senyawa awal.

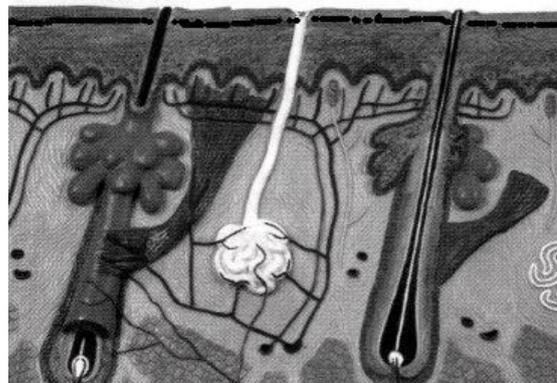


**Gambar 2.6** Cara Masuk Xenobiotik dalam Tubuh

Sumber : (Irianti dkk., 2017)

### 1.) Eksposisi melalui kulit

Eksposisi melalui kulit merupakan jalur terjadinya paparan xenobiotik yang masuk ke dalam tubuh melalui kulit, misalnya : kosmetik, produk rumah tangga, cemaran lingkungan, atau cemaran industri di tempat kerja baik pemejanan disengaja atau tidak sengaja pada kulit. Toksikan yang masuknya melalui kulit biasanya memiliki wujud cair dengan kemampuan menguap rendah. Toksikan ini akan melewati pelindung atau penghalang kulit (*skin barrier*), lalu diserap oleh system sirkulasi, kemudian disebarkan ke seluruh organ internal hingga menimbulkan efek (Kurniawidjaja dkk., 2021).

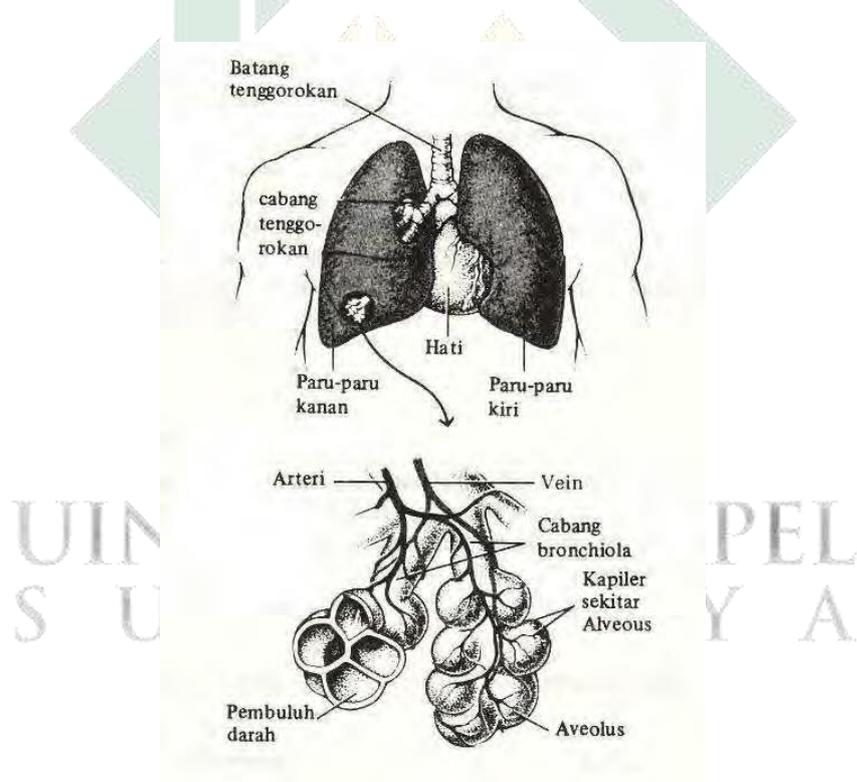


**Gambar 2.7** Skema Kulit

Sumber : (Yulianto & Amaloyah, 2017)

## 2.) Eksposisi melalui saluran pernafasan

Paparan xenobiotik yang ada di udara dapat dapat masuk ke dalam tubuh organisme melalui saluran pernafasan (inhalasi). Toksikan yang masuk dalam tubuh melalui inhalasi ini biasanya berasal dari udara dalam bentuk gas, uap, butiran cair, dan partikel padat dengan ukuran yang berbeda-beda. Saluran pernafasan merupakan sistem yang kompleks, yang secara alami dapat menyeleksi partikel berdasarkan ukurannya. Oleh sebab itu, efek toksik dari toksion yang dihirup tidak hanya dipengaruhi oleh sifat toksisitasnya tetapi juga sifat fisiknya.



**Gambar 2.8** Skema Saluran Pernafasan Manusia

Sumber : (Yulianto & Amaloyah, 2017)

## 3.) Eksposisi melalui saluran pencernaan

Pemejanaan toksion melalui saluran cerna dapat terjadi bersama makanan, minuman, atau secara sendiri sebagai zat kimia murni. Pada jalur ini, toksion mungkin terserap dari rongga mulut, dari lambung sampai usus halus.



atau sistem sirkulasi limfatik. Tempat utama terjadinya absorpsi adalah saluran pencernaan, paru-paru, dan kulit. Kemudahan suatu zat diabsorpsi ke dalam tubuh dapat berbeda-beda, tergantung dari beberapa faktor seperti berikut: Konsentrasi zat dan Sifat fisik dan kimia zat tersebut

## 2.) Distribusi

Setelah xenobiotik mencapai sistem peredaran darah xenobiotik tersebut akan disalurkan ke seluruh tubuh. Dari sistem sirkulasi sistemik, xenobiotik akan terdistribusi lebih jauh melewati membran sel menuju sistem organ atau ke jaringan-jaringan tubuh. Distribusi suatu xenobiotik dalam tubuh organisme dipengaruhi oleh laju aliran darah dan tercampurnya xenobiotik dalam darah.

## 3.) Metabolisme

Metabolisme merupakan proses masuknya xenobiotika dalam tubuh akan diperlakukan oleh sistem enzim tubuh, sehingga senyawa tersebut akan mengalami perubahan struktur kimia dan pada akhirnya dapat diekskresi dari dalam tubuh.

## 4.) Ekskresi

Setelah diabsorpsi dan didistribusikan di dalam tubuh, xenobiotika akan segera dikeluarkan dengan cepat atau perlahan. Jalur ekskresi utama adalah melalui ginjal bersama urin. Selain ginjal, hati dan paru-paru juga merupakan alat ekskresi penting bagi xenobiotik tertentu. Contoh xenobiotik yang diekskresikan paru-paru (Kurniawidjaja dkk., 2021) yaitu :

- ❖ Cairan yang mudah menguap, seperti dietil eter.
- ❖ Gas yang memiliki kelarutan rendah dalam darah seperti etilen.
- ❖ Gas yang memiliki kelarutan tinggi dalam darah seperti klorform.
- ❖ Gas anestesi yang memiliki kelarutan tinggi, seperti metoksifluran dan halotan.

### c. Fase Taksodinamik

Fase taksodinamik merupakan fase timbulnya efek atau pengaruh dari xenobiotika dalam tubuh organisme. Efek toksik yang ditimbulkan sangat bervariasi. Hal ini dikarenakan efek toksik pada tubuh organisme dipengaruhi oleh jenis organ target, sifat toksikan, dan mekanisme kerja toksikan (Kurniawidjaja dkk., 2021). Dalam fase ini, konsentrasi xenobiotik akan menentukan kekuatan efek biologi yang ditimbulkan. Pada umumnya ditemukan konsentrasi zat kimia toksik cukup tinggi dalam hati dan ginjal, karena pada kedua organ tersebut zat toksik dimetabolisme dan diekskresi (Irianti dkk., 2017).

Secara umum mekanisme toksisitas akut, sub kronis, dan kronis itu sama, yang membedakan adalah waktu pemaparannya hingga timbulnya gejala keracunan atau efek toksik. Pada toksisitas akut, efek toksik akan timbul dalam paparan durasi pendek seperti hitungan jam hingga hari setelah terpapar bahan toksik. Pada toksisitas sub kronis, gejala keracunan akan timbul dalam durasi sedang seperti hitungan mingguan hingga bulanan setelah terpapar bahan toksik. Sedangkan pada toksisitas kronis, efek keracunan baru timbul saat setelah terpapar bahan toksik secara berulang-ulang dalam durasi yang panjang seperti hitungan tahunan atau dekade.

Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme perairan jika terpapar secara terus menerus. Logam berat yang ada di lingkungan perairan masuk ke dalam tubuh organisme melalui berbagai mekanisme. Dua jalur utama masuknya logam berat ke dalam tubuh organisme perairan adalah dengan konsumsi langsung air dan makanan, melalui saluran pencernaan dan saluran pernafasan seperti insang. Takshima dan Hibiyyu (2015) menyatakan insang merupakan organ yang berhubungan langsung dengan air. Jika air mengandung toksikan, maka akan mengakibatkan kerusakan insang dan organ yang berhubungan dengan insang. Ikan yang mengalami gangguan pernafasan akibat pengaruh toksikan dapat menyebabkan kerusakan jaringan insang, sehingga

mengganggu proses pernafasan dan berujung pada kematian. Logam berat dari insang akan masuk ke pembuluh darah dan didistribusikan ke seluruh sel melalui darah, sehingga terakumulasi pada sel-sel. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan secara tidak langsung berdampak buruk terhadap kesehatan manusia. Jika manusia mengkonsumsi ikan tersebut, maka dapat menimbulkan penyakit seperti : hipertensi, neurotoksisitas, gangguan reproduksi, hingga penyakit gagal ginjal (Adawiyah, 2022).

## 2.8 Biota Uji

Ciptaan Allah yang ada di muka bumi tidak ada yang sia-sia. Pasti ada manfaatnya. Allah SWT, berfirman dalam surat Ali-Imran ayat 190 - 191 :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ

Arinya : “sesungguhnya dalam *penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal.*” (Kementrian Republik Indonesia, 2015).

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “(Yaitu) *orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.*” (Kementrian Republik Indonesia, 2015).

Surat Ali Imran di atas menyebutkan bahwa semua ciptaan yang ada di bumi memiliki manfaat. Contohnya ikan, ikan diciptakan tidak hanya memiliki manfaat sebagai makanan manusia saja, akan tetapi juga bermanfaat sebagai organisme uji laboratorium. Salah satu uji laboratorium yang menggunakan biota uji adalah uji toksisitas. Uji toksisitas dapat

dilakukan menggunakan biota uji berupa ikan maupun tumbuhan. Pada umumnya, ikan digunakan untuk menetapkan tingkat toksisitas dan kepekaan respons terhadap suatu zat kimia yang berbeda dengan tingkat kematian sebagai titik akhir (Ferro dkk., 2021). Kriteria biota uji yang dapat digunakan untuk uji toksisitas yaitu : mudah dipelihara, mudah dikembangbiakkan dan dibudidayakan di laboratorium, dan sehat (OECD, 2019).

Pada penelitian ini menggunakan biota uji ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). pemilihan kedua biota uji tersebut mengacu dengan kriteria biota uji yang ditetapkan oleh APHA dkk. (2005). Adapun kriteria biota uji sebagai berikut (APHA dkk, 2005):

1. Biota uji yang digunakan merupakan hewan yang sensitif terhadap bahan kimia.
2. Biota uji tersedia dengan berbagai ukuran dan berjumlah banyak setiap tahunnya.
3. Biota uji dapat dipelihara dalam skala laboratorium.
4. Biota uji bernilai ekonomis.
5. Biota uji merupakan organisme yang cocok digunakan dalam penelitian uji hayati (Rachmah, 2020).

### **2.8.1 Ikan Komet**

Ikan komet (*Carassius auratus*) merupakan jenis ikan hias air tawar. Ikan komet pertama kali ditemukan di Amerika Serikat pada tahun 1800an (Budiati, 2022). Menurut Kottelat dkk., (1993) ikan komet memiliki bentuk tubuh mirip dengan ikan mas koki dan ikan koi. Bentuk ekor ikan komet memiliki kombinasi warna kuning, orange, emas dan putih seperti ikan mas koki. Ikan komet memiliki tubuh lebih kecil daripada ikan mas koki. Ikan komet memiliki sungut kecil di atas lubang hidungnya. Panjang tubuh ikan komet dapat mencapai 35 cm dari ujung kepala hingga ekor (Nurrahma, 2018). Ikan komet dapat hidup dalam

kisaran suhu 15 - 30 °C. Adapun konsentrasi DO di atas 5 ppm dan pH 5,5-9,0 (Saputro, 2022).



**Gambar 2.10** Ikan Komet (*Carassius auratus*)

Sumber : (Skomal, 2008)

Klasifikasi ikan komet (*Carassius auratus*) sebagai berikut (Lingga & Susanto, 2003) :

Filum : *Chordata*

Sub-filum : *Vertebrata*

Kelas : *Pisces*

Sub-kelas : *Teleostei*

Ordo : *Otariphisyoidei*

Sub-ordo : *Cyprinoide*

Famili : *Cyprinidae*

Genus : *Carassius*

Spesies : *Caracius Auratus*

### 2.8.2 Ikan Mujair

Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) merupakan ikan air tawar yang berasal dari Afrika. Akan tetapi, pada tahun 1939, ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) ditemukan di perairan Indonesia tepatnya di Pantai Serang, Papungan, Blitar, Jawa Timur. Ikan ini ditemukan oleh warga Indonesia bernama asli Iwan Dalauk (Bapak Moedjair) (Dewi,

2017). Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) merupakan ikan air tawar yang banyak dibudidaya di Indonesia. Ikan mujair dapat bertahan hidup pada suhu air 14°C - 32°C. Suhu optimum ikan mujair adalah 22°C sampai 28°C. Ikan mujair dapat hidup di sungai, waduk, kali, rawa, dan sawah. Ikan mujair mampu beradaptasi terhadap perubahan kandungan oksigen terlarut yang ada di dalam air (Purnomo & Chika, 2022).

Tubuh ikan mujair tertutup sisik kecuali pada beberapa strain dengan sisik yang sedikit. Ikan mujair memiliki tiga baris gigi faring (*pharyngeal teeth*) berbentuk geraham. Ikan ini memiliki dua pasang sungut (barbel) terletak pada bibirnya. (Purnomo & Chika, 2022). Ikan mujair memiliki bentuk tubuh pipih, agak memanjang. Tubuh ikan mujair berwarna warna hitam, keabu-abuan, atau kecoklatan. Ikan mujair memiliki sirip punggung 15-17 duri (tajam), 10- 13 jari-jari (duri berujung lunak). Sedangkan sirip dubur (anal) ikan mujair terdiri 3 duri dan 9 - 12 jari-jari. Ikan mujair dapat hidup di air payau, sebab ikan ini sangat toleran terhadap salinitas (kadar garam) perairan (TIM ONCOR, 2014).

Ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) merupakan hewan yang bernafas dengan insang. Ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) memiliki insang yang terdiri dari lemabr-lembar. Pada bagian kanannya terdapat 5 lembar dan bagian kirinya juga terdapat 5 lembar. Sedangkan filamen pada masing-masing berjumlah 1304. Ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) memiliki system peredaran darah tunggal. Peredaran darah tunggal merupakan darah yang mengalir dari jantung menuju insang, kemudian akan kembali lagi ke jantung. Peredaran darah ini akan mengangkut oksigen dan sisa metabolisme tubuh. Ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) betina dan jantan memiliki beberapa perbedaan fisik. Perbedaan fisik tersebut yaitu :



Spesies : *Oreochromis mossambicus*

Berdasarkan klasifikasi di atas, ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) masuk dalam ordo *Percoidae* yang menunjukkan bahwa ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) ini memiliki sirip perut. Sirip perut ini berada di bawah sirip dada. Ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) termasuk dalam famili *Cichlidae*. Famili ini merupakan salah satu yang memiliki spesies terbanyak. Ada sekitar 1.300 hingga 1.900 spesies. Ikan yang masuk dalam family ini memiliki ciri sirip punggung tunggal dengan tulang lembut di bagian belakang, sedangkan tulang di bagian depan lebih keras. Pada umumnya, ikan famili ini memiliki kepala yang besar. Jenis ikan yang masuk family ini antara lain : ikan oscar, ikan lohan, dan ikan nila. Genus ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sama-sama *Oreochromis*. Oleh karena itu, tak heran banyak orang tidak bisa membedakan keduanya, karena kedua ikan tersebut terlihat sama (Dewi, 2017).

Ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan yang berbeda, akan tetapi hingga kini tidak sedikit orang yang beranggapan bahwa ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sama. Padahal kedua ikan tersebut memiliki perbedaan yang mencolok. Berikut perbedaan ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) :

**Tabel 2.5** Perbedaan Fisik Ikan Mujair (*Oreochromis mosambicus*) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

No.	Bagian tubuh	Ikan mujair ( <i>Oreochromis mossambicus</i> )	Ikan nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> )
1.	Pipih	Bertotol	Bersih
2.	Sirip	Memiliki sirip punggung dan sirip belakang yang bagian ujungnya kemerahan	Tidak memiliki sirip punggung dan sirip belakang yang bagian ujungnya kemerahan
3.	Mulut	Mulutnya moncong dan	Ukurannya biasa





No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil
		Ekstrak <i>Caulerpa lentillifera</i> Dengan Pelarut Metanol dan Water Extract Terhadap Gula Darah Ikan Komet ( <i>Carassius. auratus</i> )	ekstrak <i>Caulerpa lentillifera</i> dari pelarut metanol dan <i>water extract</i> pada ikan komet serta pengaruhnya terhadap gula darah ikan komet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan ekstrak <i>Caulerpa lentillifera</i> dari pelarut metanol mempengaruhi tingginya gula darah biota uji pada konsentrasi 0,24 ppm sebesar sebesar 102 mg/dL dan didapatkan nilai ( $LC_{50-96jam}$ ) 0,761 ppm.
3.	(Noviana & Prinajati, 2022)	Analisis Toksisitas Limbah Laundry Menggunakan Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai toksisitas akut dari limbah laundry serta menentukan bahaya cemarannya berdasarkan ekokinematika bahan pencemar. Parameter yang diuji meliputi : surfaktan, BOD5, COD, TSS, pH, fosfat, minyak dan lemak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ( $LC_{50-96jam}$ ) limbah laundry "A" adalah 2210 mg/L dan dinyatakan tidak berbahaya akut bagi biota perairan.
4.	(Sriwahyuni & Krisanti, 2021)	Uji Toksisitas Akut Limbah Pengeboran Minyak (Serbuk Bor) Terhadap <i>Artemia salina</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai toksisitas akut limbah pengeboran minyak dan gas bumi (serbuk bor) pada <i>Artemia salina</i> serta pengaruhnya terhadap morfologi <i>Artemia salina</i> . Konsentrasi yang diuji meliputi : 22.000, 39000, 70.000, 126.000, dan 226.000 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan limbah serbuk bor sangat mempengaruhi morfologi biota uji dan didapatkan nilai ( $LC_{50-96jam}$ ) adalah 34.260 ppm.
5.	(AR dkk., 2020)	Analisis Toksisitas Limbah Cair Batik Tulis dan Bioconcentration Factor Ikan Sepat ( <i>Trichogaster tricopterus</i> )	Kromium dalam air limbah batik merupakan salah satu penyumbang bahan pencemar lingkungan bersifat toksik. Dalam penelitian ini didapatkan nilai $LC_{50}$ air limbah batik tulis pada ikan sepat sebesar 0,186%.
6.	(Wang dkk., 2021)	Taxon-Toxicity Study of Fish to Typical Transition Metals: Most Sensitive Species Are Edible Fish	Penelitian ini menggunakan 9 logam berat untuk uji toksisitas. Logam tersebut yaitu : Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, dan Hg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat toksik logam Ag dan Hg lebih tinggi daripada logam lainnya. Sekitar <



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Uji toksisitas akut LC<sub>50-96jam</sub> dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap organisme uji dengan satu kontrol dan lima konsentrasi toksikan kromium heksavalen (Cr<sup>6+</sup>). Parameter organisme uji yang diamati adalah kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini diawali dengan pengambilan biota uji yaitu ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Pasar Wisata Ikan Hias tepatnya di Jalan Gunungsari No.71 Surabaya. Sedangkan pengujian sampel kromium heksavalen (Cr<sup>6+</sup>) dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAND) Jalan Jagir Wonokromo No. 360 Panjang Jiwo, Kecamatan Tringgilis Mejoyo, Surabaya. Lalu untuk penelitian uji toksisitas dilaksanakan di Laboratorium UIN Sunan Ampel, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya.

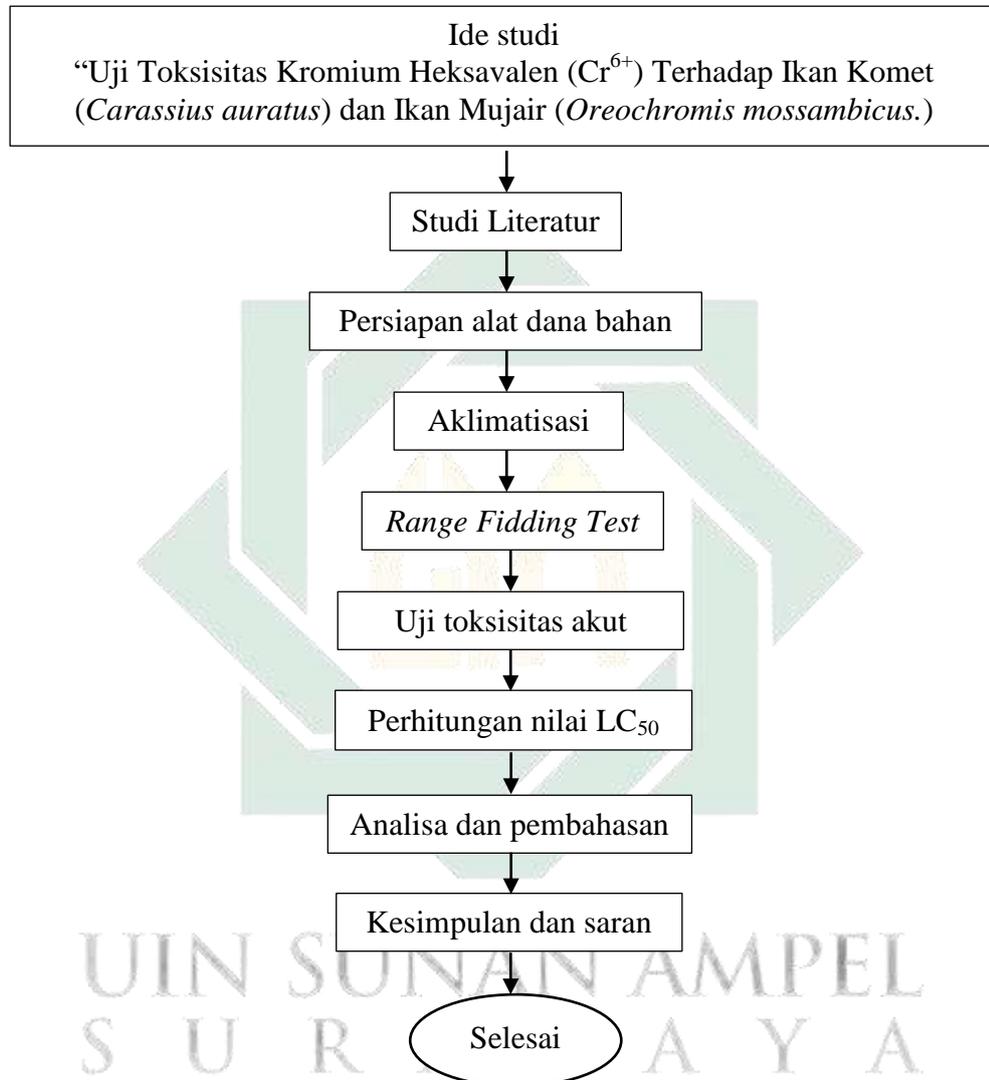
#### **3.3 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian ini dimulai bulan Februari hingga Juni 2023. Dengan rincian waktu mulai bulan Februari 2023 dilakukan penentuan judul dan tahapan penyusunan proposal, lalu di bulan Maret – April 2023 dilakukan proses penelitian dari tahap penyiapan alat dan bahan, pengambilan sampel, pengujian sampel hingga *finishing*. Kemudian bulan Mei 2023 hingga Juni 2023 merupakan tahap penyusunan laporan hasil penelitian.



### 3.5 Tahapan Penelitian

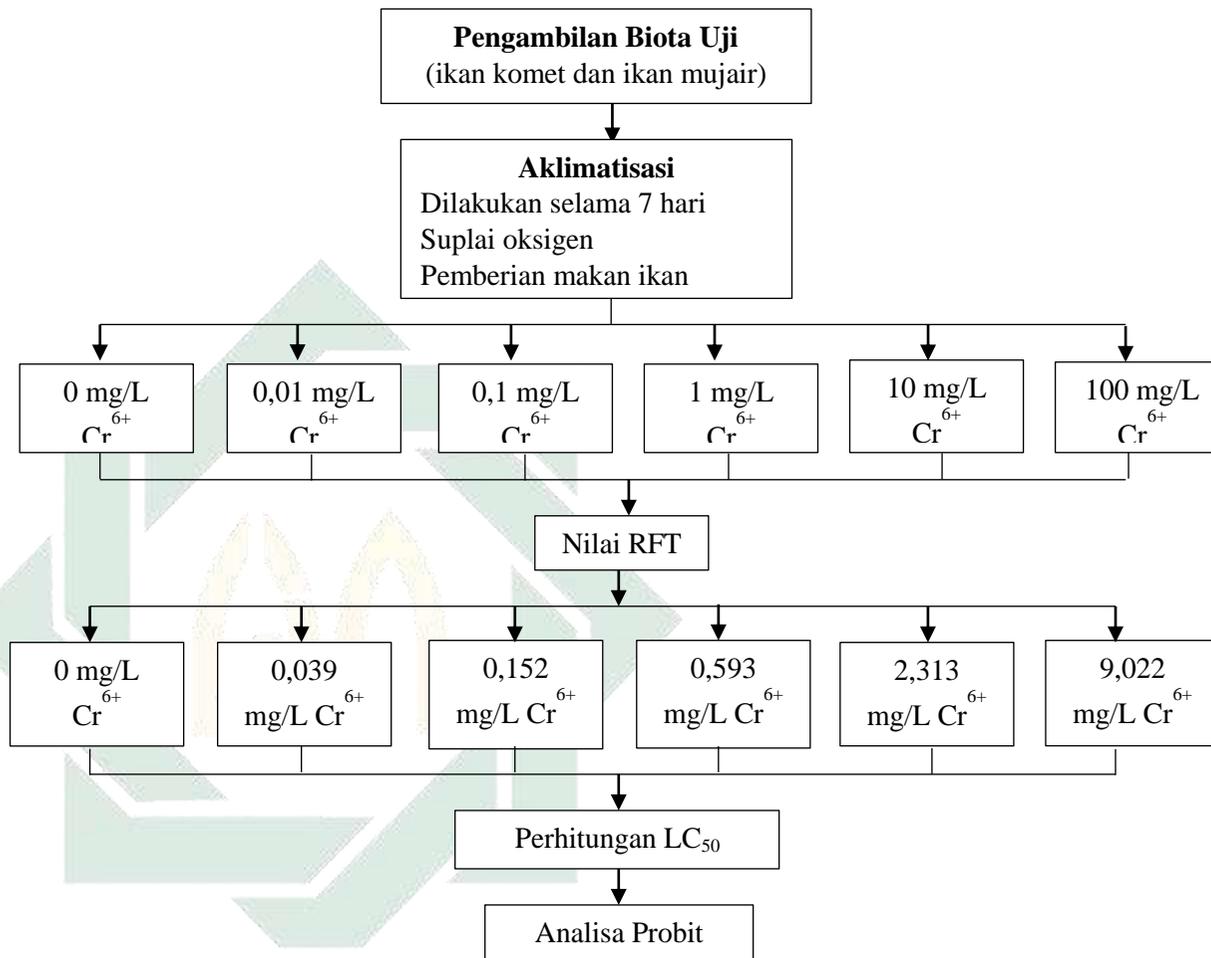
Berikut merupakan tahapan penelitian ini :



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

#### 3.5.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan suatu dasar pemikiran atau gambaran rencana mengenai tahapan penelitian yang akan dilakukan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan tahapan penelitian. Penelitian ini membahas terkait tingkat bahaya logam berat kromium heksavalen di perairan dengan melakukan uji toksisitas akut (LC<sub>50-96jam</sub>). Adanya kromium heksavalen di perairan berasal dari pembuangan limbah industri. Kerangka penelitian ini disajikan pada **Gambar 3.3** berikut.



Gambar 3.3 Kerangka Penelitian

### 3.5.2 Penentuan Lokasi dan Pengambilan Sampel

Biota uji yang digunakan berupa ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Ikan ini diambil di Pasar Wisata Ikan Hias tepatnya di Jalan Gunungsari No.71. Pengujian sampel kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAND) Surabaya. Sedangkan untuk air pengencer yang digunakan yaitu air PDAM yang diambil dari Laboratorium UIN Sunan Ampel, Kecamatan Gunung Anyar Surabaya.

### 3.5.3 Tahap Aklimatisasi

Kualitas air yang digunakan untuk tahap aklimatisasi dan untuk air pengenceran yang digunakan dalam uji toksisitas sangatlah penting. Air untuk tahap aklimatisasi dan untuk pengenceran harus berasal dari sumber yang sama (US EPA, 2002). Air aklimatisasi dan pengencer menggunakan air PDAM. Tahap aklimatisasi bertujuan sebagai penyesuaian biota uji dengan lingkungan barunya. Tahap ini dilakukan selama 7 hari. Pada tahap ini ikan diberi makan sebanyak tiga kali seminggu atau secukupnya hingga 24–48 jam sebelum dimulai paparan. Hal ini meminimalisir adanya tumpukan limbah yang berasal dari feses ikan (OECD, 2019). Selain itu, Pada tahap ini diberi aerasi yang cukup setiap harinya guna mempertahankan kadar oksigen yang terlarut. Nilai DO minimal 5 mg/L untuk pengujian hewan air tawar (Rachmah, 2020). Pada tahap aklimatisasi, terdapat kriteria kelayakan sebagai berikut (OECD, 2019):

- a. Jika jumlah kematian biota uji  $< 5\%$  dari total keseluruhan biota uji, maka layak.
- b. Jika jumlah kematian biota uji  $5 - 10\%$  dari total keseluruhan biota uji, maka dilanjut selama 14 hari.
- c. Jika jumlah kematian biota uji  $> 10\%$  total keseluruhan biota uji, maka tidak layak.

### 3.5.4 Pembuatan Limbah Artifisial Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ )

Air limbah artifisial kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dibuat dengan melarutkan serbuk  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  menggunakan aquades. Kalium dikromat memiliki titik leleh  $398^\circ\text{C}$ , titik didih  $500^\circ\text{C}$ . Ion dikromat  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  mengandung kromium yang mempunyai bilangan oksidasi +6, yang merupakan keadaan oksidasi tertinggi dari kromium (Suryani dkk., 2018). Berikut merupakan perhitungan bilangan oksidasi Cr dalam senyawa  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  :

Diketahui : biloks K = 1; biloks O = -2

$$(2 \times \text{biloks K}) + (2 \times \text{biloks Cr}) + (7 \times \text{biloks O}) = 0$$

$$(2 \times 1) + (2 \times \text{biloks Cr}) + (7 \times \text{biloks } (-2)) = 0$$

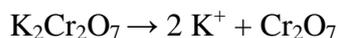
$$2 + (2 \times \text{biloks Cr}) + (-14) = 0$$

$$2 \text{ biloks Cr} + (-12) = 0$$

$$2 \text{ biloks Cr} = \frac{12}{2}$$

$$\text{Biloks Cr} = 6$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, biloks atom Cr dalam  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  adalah 6. Reaksi ionisasi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam air yaitu :



Pembuatan air limbah kromium artifisial didasarkan pada perhitungan molaritas dan konsentrasi yang diinginkan. Konsentrasi kromium yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0 mg/L; 0,01 mg/L; 0,1 mg/L; 1 mg/L; 10 mg/L, dan 100 mg/L. Langkah pertama dibuat larutan induk kromium 1000 mg/L. Berikut pembuatan larutan induk kromium 1000 mg/L dari serbuk  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

Diketahui :

$$\text{Ar Cr} = 52, \text{K} = 39, \text{dan O} = 16$$

$$\text{Mr K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (2 \times \text{Ar K}) + (2 \times \text{Ar Cr}) + (7 \times \text{Ar O})$$



$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V1 = 0,01 \text{ mg/L} \times 10.000 \text{ ml}$$

$$V1 = \frac{0,01 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10000 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$V1 = 0,1 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat 10 L limbah artifisial kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dengan konsentrasi 0,01 mg/L dibutuhkan larutan induk sebanyak 0,1 ml. Jumlah limbah yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 10 L setiap reaktor. Dari perhitungan tersebut, maka konsentrasi reaktor limbah artifisial Cr 0,01 mg/L yaitu :

- Volume total = 10.000 ml
- Kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) = 0,1 ml
- Air PDAM = 10.000 ml – 0,1 ml = 9.999,9 ml

### 3.5.5 Tahap *Range Finding Test* (RFT)

*Range Finding Test* (RFT) merupakan tahapan untuk mencari perkiraan konsentrasi minimum toksikan air limbah yang dapat menyebabkan kematian 100% biota uji dengan jangka waktu pemaparan 96 jam (AR dkk., 2020). Tahap *Range finding test* dilakukan guna menentukan konsentrasi batas atas dan batas bawah untuk uji toksisitas akut. Konsentrasi ambang atas ditentukan berdasarkan konsentrasi minimum yang dapat menyebabkan kematian 100% biota uji. Sedangkan konsentrasi batas bawah ditentukan berdasarkan konsentrasi maksimum yang dapat menyebabkan kematian 0% biota uji (OECD, 2019). Setelah diaklimatisasi, biota uji dipindahkan ke dalam reaktor uji dengan konsentrasi air limbah artifisial kromium heksavalen bervariasi yaitu : 0,01 mg/L; 0,1 mg/L; 1 mg/L; 10mg/L; 100 mg/L dan 0 mg/L untuk kontrol (Mardhika, 2019). Jumlah konsentrasi yang digunakan minimal terdiri dari kontrol dan 5 konsentrasi air limbah bervariasi mengikuti deret geometri (OECD, 2019). Pada tahap *Range Finding Test* (RFT) ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :

1. Biota uji tidak diberi makan setiap harinya (OECD, 2019).
2. Pengamatan awal parameter limbah artifisial kromium heksavalen.
3. Masing-masing reaktor uji diisi 10 ekor biota uji dan diisi air sebanyak 10 L dengan perbandingan 1 gram biota uji per 1 liter air (Ali & J. A. R., 2018).
4. Suhu optimum ikan mujair 22 - 28°C (Purnomo & Chika, 2022). Sedangkan suhu yang baik ikan komet adalah 15 - 30 °C. (Saputro, 2022).
5. Pengamatan ikan dilakukan pukul 08.00 WIB. Pada waktu tersebut ikan bergerak lincah dan mendapat cahaya (Sari, 2022).
6. Reaktor yang digunakan berukuran 25 cm x 25 cm x 20 cm (Kartikasari dkk., 2022).
7. Masing-masing reaktor uji diisi limbah artifisial kromium heksavalen, kecuali reaktor kontrol.
8. Perlakuan ikan komet dan ikan mujair diletakkan pada reaktor berbeda. Jumlah variasi konsentrasi minimal 5 konsentrasi larutan toksisikan dan kontrol secara duplo. Berikut penjelasan pembagian reaktor uji :
  - a) Reaktor A berjumlah 11 reaktor uji (terdiri 1 reaktor kontrol dan 10 reaktor larutan toksisikan) dan berisi 10 ekor ikan komet tiap reaktornya.
  - b) Reaktor B berjumlah 11 reaktor uji (terdiri 1 reaktor kontrol dan 10 larutan toksisikan) dan berisi 10 ekor ikan mujair tiap reaktornya.





### 3.7 Analisa Data

Nilai uji toksisitas dianalisis dengan metode probit. Analisis regresi probit bertujuan untuk menentukan seberapa besar tingkat toksisitas kromium heksavalen terhadap biota uji yang dinyatakan dengan nilai  $LC_{50}$ . Analisis ini dilakukan menggunakan software SPSS. Berikut langkah-langkah perhitungannya:

- a. Klik data view, lalu masukkan data (konsentrasi toksikan yang diuji, kematian biota uji, dan total biota uji)
- b. Klik “analyze”
- c. Klik “regression”
- d. Klik “Probit”
- e. Klik *Option* > sig 0,5 > *calculate from data*
- f. Klik “kematian biota uji” lalu masukkan ke kolom *respon freqmen*,
- g. Klik “total biota uji” lalu masukkan ke kolom *total observed*
- h. Klik “konsentrasi toksikan yang diuji” lalu masukkan ke kolom *Covariable*
- i. Klik *transfrom* > *log base 10*
- j. Klik Ok

Setelah diperoleh hasil nilai  $LC_{50}$ , maka dapat diklasifikasikan tingkat toksisitasnya sesuai dengan **Tabel 2.5** klasifikasi toksisitas  $LC_{50}$  mengacu US EPA tahun 2004 tentang *Chemical Hazard Classification and Labeling: Comparison of OPP Requirements and The GHS*. Kemudian dilakukan uji parametik *independent sampel T test* untuk mengetahui perbedaan mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Uji normalitas dan homogenitas diperlukan sebelum dilakukannya uji T. Apabila data dapat berdistribusi normal dan homogen, maka dapat menggunakan *independent sampel t test* parametrik. Hipotesis uji parametik *independent sampel T test* tersebut yaitu :

- $H_0$  = tidak terdapat perbedaan yang signifikan mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).
- $H_1$  = terdapat perbedaan yang signifikan mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan sebagai penyesuaian biota uji dengan lingkungan barunya. Selain itu, tahap ini juga bertujuan untuk memastikan biota uji yang akan digunakan telah memenuhi kriteria. Air aklimatisasi yang digunakan adalah air PDAM. Air ini berasal dari Laboratorium UIN Sunan Ampel, Kecamatan Gunung Anyar Surabaya. Pada penelitian ini, biota uji yang digunakan adalah ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Kedua biota uji ini dipilih karena merupakan hewan yang sensitif terhadap perubahan lingkungan, selalu tersedia dengan berbagai ukuran tiap tahunnya, bernilai ekonomis, dapat dipelihara dalam skala laboratorium dan dapat digunakan sebagai uji hayati (APHA, dkk., 2005). Tahap aklimatisasi diawali dengan pemilihan biota uji. Pemilihan ini bertujuan untuk memudahkan proses pengamatan. Kriteria biota uji penelitian ini yaitu :

1. Panjang biota uji = 4-6 cm
2. Berat biota uji = 1 gram

Aklimatisasi dilakukan mulai tanggal 3 April 2023 hingga 9 April 2023 selama 7 hari. Ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang digunakan masing-masing berjumlah 300 ekor. Pada tahap aklimatisasi ikan diberi pakan sehari sekali dan dilakukan pengurasan 3 hari sekali untuk menghindari penumpukan kotoran akibat feses ikan. Selain itu, diberi aerasi yang cukup setiap harinya guna mempertahankan oksigen yang terlarut. Pada tahap ini juga dilakukan pengamatan terhadap faktor lingkungan, meliputi : pH, suhu, dan DO setiap hari. Pengamatan tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah kualitas air pengencer yang digunakan telah sesuai dan air pengencer ini layak digunakan ke tahap uji selanjutnya. Biota uji yang mati segera diambil agar tidak mempengaruhi biota uji lainnya. Hasil













pengurasan karena air aquarium berwarna keruh. Pengurasan ini ternyata mempengaruhi kematian biota uji. Pada hari tersebut setelah dilakukan pengurasan, terdapat 3 ekor ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dan 3 ekor ikan komet (*Carassius auratus*). Hari keempat dan kelima tidak terdapat ikan yang mati, namun pada hari keenam terdapat kematian 2 ekor ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Hal ini terjadi karena pada hari tersebut air berwarna keruh sehingga mempengaruhi kandungan oksigen di dalamnya. Total keseluruhan kematian biota uji selama tahap aklimatisasi yaitu 7 ekor ikan komet (*Carassius auratus*) dan 11 ekor ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Adapun rata-rata kematian biota uji selama tahap ini < 5% dari total keseluruhan (kematian ikan komet (*Carassius auratus*) 2,33% dan kematian ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) sebesar 3,67%. Dari data tersebut, air pengencer dinyatakan layak digunakan untuk penelitian. Hal ini sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan (OECD, 2019).

#### **4.2 Range Finding Test (RFT)**

Tahap uji *Range Finding Test* (RFT) merupakan tahapan uji yang dilakukan untuk mendapatkan nilai ambang atas dan bawah uji toksisitas akut. Tahap ini dilakukan selama 96 jam (4 hari). Pada tahap ini, ukuran reaktor yang digunakan adalah 25 cm x 25 cm x 20 cm. Total reaktor yang digunakan berjumlah 22, yaitu 11 reaktor untuk perlakuan ikan komet (*Carassius auratus*) dan 11 reaktor untuk perlakuan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Pada tahap ini pemberian pakan dihentikan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengamatan, apakah toksikan mempengaruhi kematian biota uji. Selama tahap ini, ikan diberi aerasi. Aerasi bertujuan menyuplai oksigen agar ikan tidak kekurangan oksigen.

Uji *Range Finding Test* (RFT) dilakukan mulai 10 April 2023 hingga 14 April 2023 dengan menggunakan 5 konsentrasi (0,01 mg/L; 0,1 mg/L; 1 mg/L; 10 mg/L, 100 mg/L, dan 0 mg/L untuk kontrol) (Mardhika, 2019). Volume total air untuk masing-masing reaktor berisi 10 liter dan diisi 10 ekor biota uji. Hal ini bertujuan untuk memudahkan mengetahui jumlah



\*\* = melebihi baku mutu kelas IV (1 mg/L)

(Hasil uji kadar kromium heksavalen di Laboratorium BARISTAND Surabaya dapat dilihat pada **Lampiran II.1**).

Berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, batas baku mutu kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang diperbolehkan untuk Air Sungai dan Sejenisnya yaitu kelas I sebesar 0,05 mg/L, kelas II sebesar 0,05 mg/L, kelas III 0,05 mg/L, dan kelas IV sebesar 1 mg/L. Sehingga dapat disimpulkan, kadar kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada **Tabel 4.6** di nomor 1 berada di bawah baku mutu. Pada nomor 2 dan 3, kadar kromium heksavalen melebihi ketentuan baku mutu yang diperuntukkan untuk air sungai kelas I hingga III. Akan tetapi, bagi air sungai kelas IV nomor 1, 3, dan 4 tersebut berada di bawah baku mutu. Sedangkan nomor 4 dan 5, kadar kromium heksavalen telah melebihi batas baku mutu yang diperuntukkan air sungai kelas I hingga kelas IV.

Pada **Tabel 4.6** ditemukan terdapat perbedaan antara konsentrasi yang diinginkan dengan konsentrasi hasil uji laboratorium. Maka dari itu, variasi konsentrasi yang digunakan pada tahap *Range Finding Test* (RFT) ini berubah sebagai berikut : konsentrasi 0,01 mg/L menjadi 0,03 mg/L, konsentrasi 0,1 mg/L menjadi 0,09 mg/L, konsentrasi 1 mg/L menjadi 0,91 mg/L, konsentrasi 10 mg/L menjadi 9,6 mg/L, dan konsentrasi 100 mg/L menjadi 98,7 mg/L.

Pengamatan kematian biota uji dilakukan setiap 24 jam sekali selama 96 jam. Selama pengamatan, biota uji yang mati dan hidup dihitung jumlahnya. Biota uji yang masih hidup dapat dilihat dari pergerakan tubuhnya meskipun pergerakannya lambat. Sedangkan biota uji yang mati dapat dilihat dari tubuhnya yang diam (tidak bergerak) dan tubuhnya mengapung di permukaan air. Biota uji yang mati segera disingkirkan atau dikeluarkan dari reaktor uji agar tidak mencemari media hidup biota uji yang masih hidup. Setelah didapatkan jumlah biota uji yang mati, kemudian dihitung kematian pada masing-masing reaktor. Kontrol digunakan sebagai pembanding kematian biota uji yang tidak disebabkan oleh pengaruh air limbah artifisial kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ).





Secara fisik, ikan komet (*Carassius auratus*) yang terkontaminasi toksikan gejalanya hampir sama dengan ikan lainnya. Ikan komet (*Carassius auratus*) yang mati umumnya memiliki ciri tubuhnya berlendir dan warnanya pucat. Ciri kematian ikan komet sama dengan ikan gambusia. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian uji toksisitas akut yang dilakukan oleh Yuliana, dkk. (2020), bahwa kematian ikan gambusia (*Gambusia affinis*) yang terpapar logam berat kadmium selama penelitian dapat dilihat dari perubahan tingkah lakunya seperti : berenangannya tidak beraturan dan biota uji berada di permukaan air. Ikan gambusia (*Gambusia affinis*) yang terpapar konsentrasi tinggi kadmium tubuhnya banyak mengeluarkan lendir. Sedangkan ikan gambusia (*Gambusia affinis*) yang terpapar konsentrasi rendah, tidak ditemukan lendir pada tubuhnya.

Bentuk fisik ikan komet (*Carassius auratus*) yang mati mengeluarkan lendir akibat terpapar air limbah kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) konsentrasi tinggi sama dengan bentuk fisik kematian ikan yang terpapar. Penelitian Ali (2018) berjudul “Ikan Patin (*Pengasius SP.*) Untuk Uji Toksisitas Akut Air Lindi” menyatakan bahwa ikan patin mengalami perubahan bentuk fisik ketika mati akibat terpapar air lindi. Perubahan fisik tersebut yaitu berupa munculnya lendir pada tubuh ikan Patin (*Pengasius SP.*), warnanya pucat, dan pada bagian perut warna kulitnya berwarna kecoklatan.





Berdasarkan data di atas, diketahui bahwa pada konsentrasi 0 mg/L dan 0,03 mg/L kematian ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) 0%. Tidak adanya biota uji yang mati pada konsentrasi 0 mg/L karena pada konsentrasi tersebut berisi 100% air pengencer tanpa ada campuran toksikan. Pada konsentrasi 0,03 mg/L, tidak didapatkan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang mati karena kandungan toksikan di dalam reaktor tersebut sedikit dan masih dalam batas aman di bawah baku mutu air sungai. Mortalitas pada konsentrasi 0,91 mg/L terlihat pada jam ke 24 sebesar 4 ekor. Konsentrasi 98,7 mg/L dalam waktu 24 jam telah mematikan 100% ikan mujair dari total populasi di dalam reaktornya. Kematian ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) pada konsentrasi 98,7 mg/L disebabkan kandungan toksikan yang tinggi dapat mematikan biota uji dalam waktu singkat. Pada pengamatan 96 jam, didapatkan kematian 90% ikan mujair pada konsentrasi 0,91 mg/L. Kondisi fisik ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang terpapar toksikan mengalami beberapa perubahan, seperti : tubuh berwarna pucat, dan terdapat warna hijau di area bawah insang. Selain itu, konsentrasi toksikan yang tinggi juga menyebabkan tubuh ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) hancur. Kondisi fisik ikan mujair yang terpapar kromium heksavalen konsentrasi tinggi dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.8** Kondisi Fisik Ikan Mujair Terpapar Toksikan Konsentrasi Tinggi

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Kromium dengan konsentrasi tinggi di perairan dapat memberikan dampak buruk terhadap kualitas perairan dan organisme di dalamnya. Kromium yang ada di perairan akan diserap oleh organisme akuatik. Kromium ini terakumulasi di dalam tubuh organisme perairan dan bersifat kronis mengganggu metabolisme tubuh hingga menyebabkan kematian (Susanti, 2016). Menurut Darmono (2010), masuknya kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dalam tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalur, seperti : pencernaan penetrasi kulit, dan saluran pernapasan (penyerapan air melalui membran insang (Tyas dkk., 2016).

Penelitian dengan judul “Status Histologi Insang Ikan Wader (*Rasbora Argyrotaenia*) di Sungai Metro Kepanjen, Malang Yang Mengandung Logam Berat Kromium (Cr)” mendapatkan hasil penelitian bahwa paparan logam berat kromium (Cr) dalam jangka waktu lama akan menyebabkan kelainan struktural atau fungsional pada ikan serta perubahan kondisi histologisnya. Ikan wader Sungai Metro (*Rasbora argyrotaenia*) mengalami edema, penebalan tulang rawan, lepasnya epitel dari jaringan di bawahnya, hiperplasia, fusi, clubbing distal, aneurisma, dan hilangnya struktur lamellae sekunder dengan grade V rusak parah dan level III paling sedikit rusak (Kilawati & Wigati, 2021).

Meningkatnya kematian biota uji pada perlakuan dapat disebabkan menurunnya kesehatan biota uji akibat paparan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Seiring menurunnya kesehatan biota uji, maka kemampuannya mempertahankan diri dari serangan penyakit juga menurun hingga menyebabkan stress. Stress ini dapat mengganggu imunitas dan menyebabkan kematian ikan (Edelynna dkk., 2012). Masuknya kromium heksavalen dalam biota uji melalui insang. Kematian biota uji diduga kromium heksavalen masuk dalam bagian insang, karena fungsi insang yang langsung menyaring oksigen. Kondisi tersebut juga dapat diduga memungkinkan kontak langsung dengan air yang tercemar oleh limbah artifisial kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ).

Hasil uji *Range Finding Test* (RFT) menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,03 mg/L tidak menyebabkan kematian ikan baik ikan komet (*Carassius auratus*) maupun ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Sedangkan pada konsentrasi 9,6 mg/L selama 96 jam telah menyebabkan 100% kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Berdasarkan hal tersebut, maka diketahui konsentrasi ambang batas atas dan konsentrasi ambang batas bawah. Dalam hal ini konsentrasi ambang batas atasnya adalah 0,03 mg/L dan konsentrasi ambang bawahnya adalah 9,6 mg/L. Dari hasil tersebut, kemudian dapat digunakan untuk membuat variasi konsentrasi yang baru yang rentangnya telah diperkecil untuk menentukan LC<sub>50</sub> pada tahap uji toksisitas akut.

#### 4.3 Uji Toksisitas Akut

Berdasarkan hasil uji *Range Finding Test* (RFT), dapat diketahui nilai konsentrasi ambang batas atas dan konsentrasi ambang batas bawah untuk tahap uji toksisitas akut. Konsentrasi ambang atas ditentukan berdasarkan konsentrasi minimum yang dapat menyebabkan kematian 100% biota uji. Sedangkan konsentrasi batas bawah ditentukan berdasarkan konsentrasi maksimum yang dapat menyebabkan kematian 0% biota uji (OECD, 2019). Pada tahap ini, rentang konsentrasi dipersempit. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai 50% mortalitas biota uji. Nilai ambang batas bawah *range finding test* didapatkan konsentrasi sebesar 0,03 mg/L, sedangkan nilai ambang batas atasnya adalah 9,6 mg/L. Sehingga penentuan batas konsentrasi yang digunakan pada tahap ini adalah antara 0,03 mg/L – 9,6 mg/L. Variasi konsentrasi toksikan dalam penelitian ini adalah 0,039 mg/L, 0,152 mg/L, 0,593 mg/L, 2,313 mg/L, 9,022 mg/L, dan 0 mg/L untuk kontrol.

Uji toksisitas akut dilakukan mulai 15 April 2023 hingga 18 April 2023. Tahap ini dilakukan selama 96 jam (4 hari) dan dilakukan pengamatan setiap 24 jam. Jumlah masing-masing ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang digunakan pada tahap ini sebanyak 10 ekor per reaktor. Pada tahap ini, pemberian pakan











pertumbuhan spesifik dapat dihambat pada konsentrasi 0,125 mg/L. Menurunnya laju konsumsi oksigen adalah karena disorganisasi pernafasan yang disebabkan oleh oksigen sebagai bahan pernafasan dibutuhkan oleh sel untuk berbagai reaksi metabolisme. Laju konsumsi oksigen menurun ketika waktu pemberian Diazinon di paparkan. Peranan pernafasan dan konsumsi oksigen adalah parameter fisiologis yang penting untuk menilai toksisitas racun karena merupakan indikator yang penting untuk pengeluaran energi selama metabolisme. Sehingga penurunan konsumsi oksigen yang lebih besar dalam laju konsumsi oksigen pada ikan diduga karena faktor internal zat pencemar, sebagai racun yang dapat mengubah siklus metabolisme (Damayanty & Abdulgani, 2013).

Mortalitas kematian terendah dari ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) akibat kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yaitu pada konsentrasi 0,044 mg/L. Untuk biota uji ikan komet (*Carassius auratus*), pada konsentrasi terendah yakni 0,044 mg/L masih belum memberikan efek kematian yang tinggi karena kurang dari 50%, namun tetap ada beberapa biota uji yang mati. Sedangkan untuk ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), pada konsentrasi terendah telah mampu mematikan 50% dari jumlah total biota uji. Mortalitas kematian tertinggi dari ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) akibat kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yaitu pada konsentrasi 8,98 mg/L sebesar 100%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wang, dkk. (2021) bahwa ikan konsumsi bersifat lebih sensitif dari ikan lainnya.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi toksikan dan semakin lama waktu pemaparan, maka akan semakin banyak pula jumlah kematian biota uji. Hal ini sejalan dengan penelitian yang berjudul “Toksistas Limbah Cair Industri Batik Terhadap Morfologi Sisik Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*)”. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa hubungan antara tingkat toksistas limbah cair batik dengan mortalitas ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*) adalah

berbanding lurus. Semakin tinggi konsentrasi toksikan yang diberikan kepada ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*), maka semakin banyak pula jumlah mortalitas ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*). Hal ini disebabkan kadar toksikan sangat menentukan akumulasi toksikan dalam tubuh ikan. Semakin tinggi konsentrasi toksikan yang diberikan, maka akan tinggi pula akumulasinya sehingga mortalitas ikan nila gift akan semakin banyak (*Oreochromis niloticus*). Salah satu sifat hemoglobin adalah kemampuannya mengikat ion logam, yang memungkinkan kromium terurai dan berikatan dengan situs aktif hemoglobin, menjadikan hemoglobin sebagai komponen terpenting dalam proses pengikatan oksigen dalam darah. Proses pengikatan oksigen akan terhambat dengan adanya ikatan kromium hemoglobin. Hal ini dapat menghambat proses respirasi benih ikan nila, yang akan memperlambat proses pembangkitan energi. Benih ikan nila hadiah akan musnah jika keadaan ini terus berlangsung karena akan menyebabkan defisit energi. Menurut penelitian Amelita dari tahun 2002, jumlah kromium dalam media dapat meracuni dan membunuh benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*), dengan hasil uji toksisitas penelitian menunjukkan bahwa jumlah kromium menyebabkan 50% kematian dalam waktu 24 jam. (Andriani, 2017).

Hasil penelitian Nair Pada Tahun 2018, menyatakan bahwa konsentrasi 4,2 µg/ml kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) mampu mematikan 50% ikan *guppy* (*Poecilia reticulata*). Pada konsentrasi rendah, kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) merusak beberapa organ ikan *guppy* (*Poecilia reticulata*) seperti hati, ginjal dan paru-paru. Menurut Badriyah pada penelitiannya di tahun 2017, kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dengan konsentrasi 57,69 ppm dan 59,94 ppm dapat menyebabkan penyakit edema dan hiperplasia pada tubuh ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Kemudian pada konsentrasi 83,20 ppm, kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) menyebabkan terjadinya degradasi lemak tubuh ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Pratiwi, 2020). Tingkat keberlangsungan hidup biota uji selama uji toksisitas akut dipengaruhi oleh toksikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi toksikan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ), maka semakin berbahaya pula bagi

kehidupan biota uji. Kromium dengan konsentrasi yang tinggi dalam perairan berdampak negatif terhadap keberlangsungan hidup ikan.

Konsentrasi kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang tinggi dapat merusak insang ikan dan akhirnya ikan mati. Kematian ikan ini disebabkan terganggunya sistem pernafasan ikan untuk bernafas dan mendapat oksigen (Aslam & Yousafzai, 2017). Paparan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dapat menyebabkan ikan menjadi stress. Dalam upaya pemulihan diri dari keadaan stress, ikan memproduksi hormon kortisol. Namun untuk jangka panjang kadar kortisol yang tinggi akan berdampak negatif terhadap kesehatan ikan. Apabila kesehatan ikan menurun, maka ikan akan mengalami stress berkepanjangan sehingga menurunkan kemampuannya untuk mempertahankan diri dari serangan penyakit. Stress ini mengganggu sistem imunitas yang berdampak mematikan ikan. Mekanisme kerja kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada tubuh ikan sama dengan mekanisme toksisitas xenobiotik lainnya yaitu melalui tiga fase terdiri fase eksposisi, fase taksokinetik, dan fase taksodinamik. Tahapan mekanisme kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada tubuh ikan terdiri dari tiga fase. Pertama fase eksposisi, selanjutnya fase taksokinetik, dan yang terakhir adalah fase taksodinamik. Berikut penjelasan masing-masing fase :

Fase eksposisi merupakan fase terjadinya paparan xenobiotik dengan organisme. Dalam penelitian, xenobiotiknya adalah kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Sedangkan organismenya adalah ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Dengan demikian, fase eksposisi yang terjadi dalam penelitian ini adalah fase terjadinya paparan masuknya kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Paparan kromium heksavalen pada penelitian ini yaitu ; melalui oral atau saluran pencernaan, pada proses ini kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) masuk ke dalam mulut ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) ketika meminum air limbah artifisial kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Melalui inhalasi, pada proses ini, kromium heksavalen terhirup melalui insang ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) ketika bernafas.

Fase taksokinetik merupakan fase perjalanan xenobiotik dalam tubuh organisme. Berikut merupakan alur fase taksokinetik kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) : pertama absorpsi, absorpsi merupakan penyerapan xenobiotik dalam tubuh organisme. Kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dapat menembus dinding sel. Sekitar 1-10% kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang masuk secara oral akan diabsorpsi oleh tubuh ikan (Berniyanti, 2018). Kemudian distribusi, pada proses ini kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang telah dibawa ke aliran darah akan disalurkan ke seluruh tubuh ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Ketiga, metabolisme, kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang masuk ke dalam tubuh akan ikut dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Interaksi yang terjadi antara kromium dengan unsur biologis tubuh menyebabkan terganggunya fungsi tertentu yang bekerja dalam proses metabolisme karena ion kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang telah masuk ke dalam sel seterusnya larut dalam darah (Edelyna dkk., 2012). Sehingga hal ini mempengaruhi akan mempengaruhi ekskresi kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada tubuh ikan. Keempat ekskresi, ekskresi merupakan proses dikeluarkannya sisa-sisa metabolisme yang ada di dalam tubuh organisme. Dalam penelitian ini, kromium heksavalen akan dikeluarkan melalui urine.

Fase taksodinamik merupakan fase timbulnya efek atau pengaruh xenobiotik yang masuk dalam tubuh organisme (Irianti dkk., 2017). Pada fase ini, efek yang ditimbulkan atau pengaruh dari kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang masuk dalam tubuh ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) adalah kematian. Menurut Berniyanti (2018), daya kerja racun kromium pada tubuh organisme dapat dipengaruhi beberapa hal yaitu : umur organisme dan lama waktu pemaparan. Menurut Goldenthal (1971), organisme yang memiliki umur sangat muda lebih rentan terhadap kromium daripada organisme yang dewasa. Organisme muda pada sebagian besar toksikan, memiliki kesempatan 1,5 hingga 10 kali lebih rentan dari organisme dewasa. Organisme berumur muda lebih rentan terhadap toksikan karena tingkat penyerapan dan kepekaannya dalam

saluran cerna lebih besar. Efek kerja racun kromium sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu paparan kromium dalam tubuh organisme. Pada umumnya semakin lama waktu paparan dan tingginya kadar kromium dalam tubuh organisme, maka efek toksik yang dihasilkan akan lebih besar.

Kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dengan konsentrasi tinggi dapat berdampak buruk terhadap perairan. Dampak buruk tersebut yaitu : pertama, kromium dapat menyebabkan keracunan pada organisme perairan. Hal ini dapat mengganggu fungsi sistem reproduksi, pertumbuhan, dan perkembangan organisme perairan. Kedua, peningkatan konsentrasi kromium dalam perairan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Jika ekosistem perairan terganggu, maka dapat mempengaruhi kelangsungan hidup organisme dan berdampak negatif pada sumber daya perikanan serta keanekaragaman hayati. Ketiga, kromium dapat terlarut dalam air dan mencemari sumber air jika terjadi pelepasan limbah yang mengandung kromium. Hal ini dapat mengancam kualitas air yang digunakan sebagai sumber air minum atau irigasi. Peningkatan konsentrasi kromium dalam air dapat menyebabkan dampak kesehatan negatif pada manusia jika dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan dan tidak layak digunakan untuk keperluan lain, seperti pertanian.

#### 4.4 Perhitungan $\text{LC}_{50}$ 96 jam

Setelah diketahui jumlah kematian ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) selama uji toksisitas akut, maka dihitung mortalitas kedua biota uji tersebut. Mortalitas biota uji digunakan untuk mengetahui nilai  $\text{LC}_{50}$ .  $\text{LC}_{50}$  merupakan nilai konsentrasi pemaparan zat toksik yang menyebabkan 50% kematian biota uji (Sriwahyuni & Krisanti, 2021). Untuk mendapatkan nilai  $\text{LC}_{50}$ , maka dilakukan analisis probit. Pada penelitian ini, perhitungan analisis probit menggunakan *software* SPSS. Perhitungan  $\text{LC}_{50-96 \text{ jam}}$  kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 4.4.1 LC<sub>50</sub> Ikan Komet (*Carassius auratus*)

Perhitungan LC<sub>50</sub> toksikan kromium heksavalen (Cr<sup>6+</sup>) terhadap ikan komet (*Carassius auratus*) adalah sebagai berikut :

1. Data yang telah didapatkan pada tahap uji toksisitas akut digunakan untuk menghitung presentase mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*). Berikut merupakan rumus perhitungan presentase mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*):

$$\% \text{ mortalitas} = \frac{\sum \text{mortalitas biota uji}}{\sum \text{biota uji}} \times 100\%$$

Contoh :

Konsentrasi 8,98 mg/L kromium heksavalen mematikan ikan komet (*Carassius auratus*) sebanyak 10 ekor

$$\begin{aligned} \% \text{ mortalitas} &= \frac{\sum \text{mortalitas biota uji}}{\sum \text{biota uji}} \times 100\% \\ &= \frac{10}{10} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Perhitungan detail persentase mortalitas biota uji lainnya dapat dilihat pada **Lampiran II.9**.

2. Membuat persen mortalitas seperti **Tabel 4.13** di bawah ini.

**Tabel 4.13** Persen Mortalitas Ikan Komet

Konsentrasi	Mortalitas (%)	Mati	Total Biota Uji
0,044	20%	2	10
0,13	40%	4	10
0,57	50%	5	10
2,21	80%	8	10
8,98	100%	10	10

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

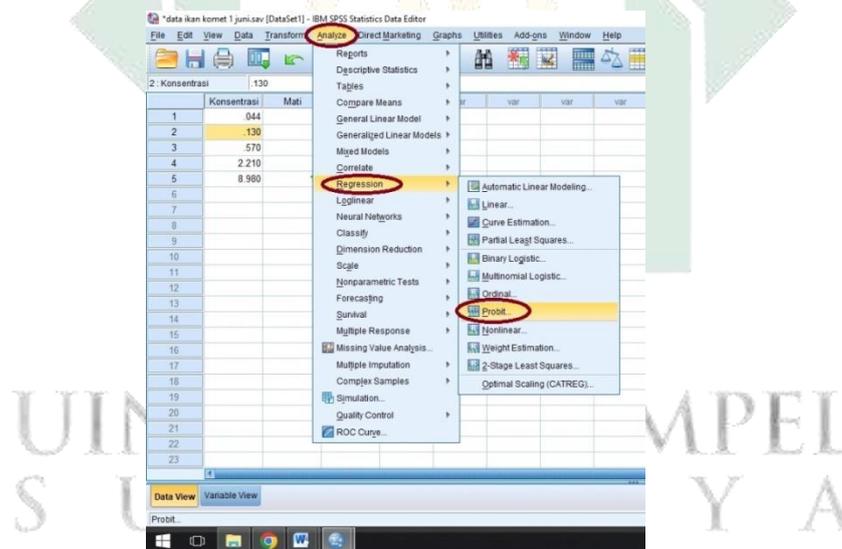
3. Input data hasil tahap uji toksisitas akut, seperti : konsentrasi, jumlah kematian biota uji, dan total biota uji yang digunakan ke dalam software SPSS seperti **Gambar 4.10** di bawah ini.

	Konsentrasi	Mati	Total	var	var	var	var	var
1	.044	2	10					
2	.130	4	10					
3	.570	5	10					
4	2.210	8	10					
5	8.980	10	10					

**Gambar 4.11** Memasukkan data konsentrasi, jumlah kematian biota uji, dan total biota uji yang digunakan

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- Setelah data hasil uji toksisitas akut dimasukkan ke software SPSS, maka selanjutnya pilih menu “Analyze”. Selanjutnya pilih “Regression” lalu pilih “Probit”.



**Gambar 4.12** Memilih Opsi “Analyze” → “Regression” → “Probit”

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- Setelah itu, muncul dialog box *Probit Analysis*. Pilih opsi “Options” yang ada di bagian pojok kanan atas. Kemudian ubah angka pada opsi “Significance level for use of heterogeneity factor” menjadi 0,5. Lalu pada opsi “Natural response rate” pilih “calculate from data”, dan pilih “continue”.







#### 4.4.2 LC<sub>50</sub> Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Perhitungan LC<sub>50</sub> toksikan kromium heksavalen (Cr<sup>6+</sup>) terhadap ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) adalah sebagai berikut :

1. Data yang telah didapatkan pada tahap uji toksisitas akut digunakan untuk menghitung presentase mortalitas mujair (*Oreochromis mossambicus*). Berikut merupakan rumus perhitungan presentase mortalitas ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*):

$$\% \text{ mortalitas} = \frac{\sum \text{mortalitas biota uji}}{\sum \text{biota uji}} \times 100\%$$

Contoh :

Konsentrasi 0,044 mg/L limbah artifisial kromium heksavalen mematikan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) sebanyak 5 ekor

$$\begin{aligned} \% \text{ mortalitas} &= \frac{\sum \text{mortalitas biota uji}}{\sum \text{biota uji}} \times 100\% \\ &= \frac{5}{10} \times 100\% \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

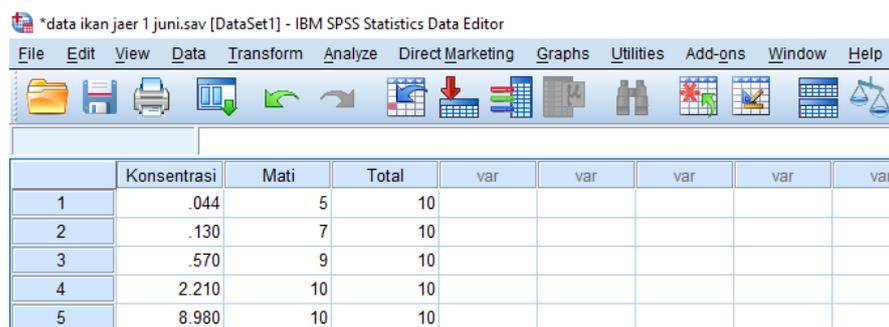
2. Membuat tabel persen mortalitas seperti **Tabel 4.15** di bawah ini.

**Tabel 4.15** Persen Mortalitas Ikan Mujair

Konsentrasi	Mortalitas (%)	Mati	Total Biota Uji
0,044	50%	5	10
0,13	80%	7	10
0,57	90%	9	10
2,21	100%	10	10
8,98	100%	10	10

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

3. Input data hasil tahap uji toksisitas akut, seperti : konsentrasi, jumlah kematian biota uji, dan total biota uji yang digunakan ke dalam software SPSS seperti **Gambar 4.14** di bawah ini.

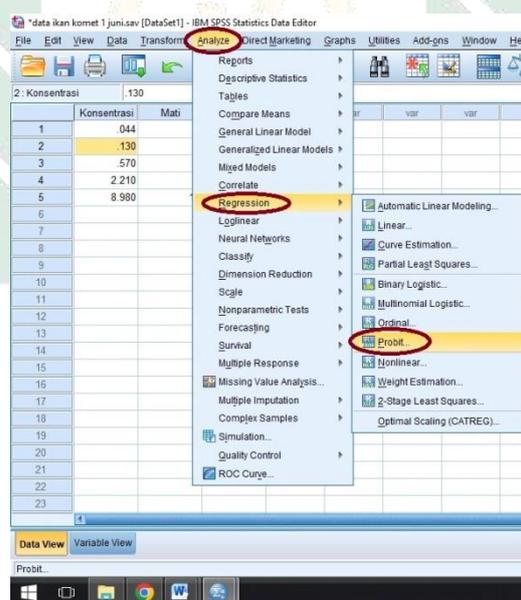


	Konsentrasi	Mati	Total	var	var	var	var	var
1	.044	5	10					
2	.130	7	10					
3	.570	9	10					
4	2.210	10	10					
5	8.980	10	10					

**Gambar 4.15** Memasukkan data konsentrasi, jumlah kematian biota uji, dan total biota uji yang digunakan

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- Setelah data hasil uji toksisitas akut dimasukkan ke software SPSS, maka selanjutnya pilih menu “Analyze”. Selanjutnya pilih “Regression” lalu pilih “Probit”.



**Gambar 4.16** Memilih Opsi “Analyze” → “Regression” → “Probit”

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- Setelah itu, muncul dialog box *Probit Analysis*. Pilih opsi “Options” yang ada di bagian pojok kanan atas. Kemudian ubah angka pada opsi “Significance level for use of heterogeneity factor” menjadi 0,5. Lalu pada opsi “Natural response rate” pilih “calculate from data”, dan pilih “continue”.







**Tabel 4.17** Perbandingan Hasil LC50 Uji Toksisitas Akut dengan Penelitian Lain

<b>Toksikan</b>	<b>Biota uji</b>	<b>Nilai LC50</b>	<b>Referensi</b>
Limbah laundry	Ikan mujair ( <i>Oreochromis mossambicus</i> )	6,637 mg/L	(Kartikasari, 2022)
Kromium (Cr)	<i>Daphania magna</i>	0,008 mg/L	(Silmi, 2018)
Kromium (Cr)	Ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.)	1,02 mg/L	(Ihsan dkk., 2017)
<i>Nonilphenol</i>	Ikan nila ( <i>Carassius auratus</i> )	0,10 mg/L	(Yamin dkk., 2017)
<i>Caulerpa lentillifera</i> pelarut metanol	Ikan komet ( <i>Carassius auratus</i> )	0,724 ppm	(Hertika, 2022)
<b>Penelitian ini (Cr<sup>6+</sup>)</b>	<b>Ikan komet (<i>Carassius auratus</i>)</b>	<b>0,962 mg/L</b>	<b>Data penelitian ini</b>
<b>Penelitian ini (Cr<sup>6+</sup>)</b>	<b>Ikan mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)</b>	<b>0,164 mg/L</b>	<b>Data penelitian ini</b>

Sumber : (Kartikasari, 2022); (Silmi, 2018); (Ihsan dkk., 2017); (Yamin dkk., 2017); (Hertika, 2022); (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan **Tabel 4.17** dapat ditarik kesimpulan bahwa beda jenis toksikan, durasi pemaparan, variasi konsentrasi toksikan, dan spesies biota uji yang digunakan, maka hasil nilai LC<sub>50</sub> yang dihasilkan berbeda. Ukuran biota uji dapat mempengaruhi kerentanan biota uji terhadap zat toksikan yang diberikan (Syafriadiman, 2010). Selain itu, jenis biota uji juga mempengaruhi terhadap efek toksik yang diterima selama percobaan (Suprayogi dkk., 2021). Setiap spesies memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap bahan kimia. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kemampuan dalam merespon bahan kimia tersebut. Beberapa spesies mampu melindungi dirinya sendiri dari paparan bahan pencemar untuk waktu yang singkat. organisme yang masih muda pada umumnya lebih rentan dan sensitif terhadap bahan pencemar dibandingkan organisme dewasa, hal ini disebabkan oleh perbedaan tingkat perkembangan mekanisme detoksifikasi antara organisme muda dan dewasa. Perbedaan dalam laju ekskresi juga berpengaruh terhadap kemampuan merespon dan mengeluarkan bahan pencemar (Purbonegoro, 2019).

#### 4.5 Analisa Perbedaan Mortalitas Ikan Komet dan Ikan Mujair

Setelah dilakukan uji toksisitas akut, didapatkan hasil mortalitas biota uji sebagai berikut :

**Tabel 4.18** Kematian Ikan Komet dan Ikan Mujair Uji Toksisitas Akut

Konsentrasi (mg/L)	Jumlah Kematian Biota Uji	
	Ikan Komet	Ikan Mujair
0,044	2	5
0,13	4	7
0,57	5	9
2,21	8	10
8,98	10	10

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

**Tabel 4.18** menunjukkan bahwa setelah dilakukan uji toksisitas akut, konsentrasi toksikan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang digunakan terhadap kedua biota uji yaitu sama, akan tetapi hasil jumlah kematian dan efek toksik tiap biota uji berbeda. Total mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) lebih sedikit daripada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Perbedaan jumlah mortalitas dan lama waktu bertahan hidup antara ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), diakibatkan adanya perbedaan jenis kedua biota uji tersebut. Setiap spesies memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap bahan kimia. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kemampuan dalam merespon bahan kimia tersebut (Maknuun dkk., 2021). Dengan demikian, jenis biota uji yang digunakan untuk uji toksisitas akut berpengaruh terhadap efek toksik yang terjadi. Tidak dipungkiri bahwa dalam penelitian ini, kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) termasuk logam berat yang memiliki toksisitas tinggi karena dapat menyebabkan kematian biota uji selama percobaan berlangsung.

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), maka akan dilakukan uji beda secara statistik menggunakan *software* SPSS. Jenis uji beda yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji *independent sample t test*. Sebelum dilakukan analisis menggunakan *independent sample t test*, maka perlu dilakukan uji normalitas terlebih





Hasil uji statistik pada penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Maulana, dkk. (2021) menyebutkan hasil uji t untuk parameter jumlah kematian ikan pada penelitiannya dengan judul “Uji Toksisitas Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Terhadap *Linear Alkybenze Sulfonate* (LAS) Hasil Fitoremediasi Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)” adalah terdapat perbedaan yang signifikan antara kematian ikan pada kontrol awal dan akhir, serta perlakuan antara parameter kualitas air. Pada penelitian ini terdiri dari kelompok perlakuan dengan fitoremediasi tanaman melati air dan kelompok kontrol tanpa fitoremediasi tanaman melati air. Adanya perbedaan yang signifikan mortalitas biota uji pada kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan dikarenakan pada kelompok perlakuan terdapat tanaman melati air. Tumbuhan melati air ini mempengaruhi penyerapan LAS, sehingga mempengaruhi sedikitnya jumlah kematian biota uji. Kasman (2018) menyatakan bahwa tumbuhan melati air merupakan tumbuhan yang perawatannya mudah. Tumbuhan ini memiliki kemampuan menyerap dan mengurai polutan serta menurunkan kandungan polutan (Kasman dkk., 2018). Tanaman melati air merupakan tanaman air yang memiliki kapasitas biomassa untuk mereduksi konsentrasi logam yang tinggi. Jaringan akar tanaman ini memiliki laju penyerapan yang tinggi dalam mengakumulasi logam (Rahmaisanti dkk., 2022).

Dari uraian penelitian Maulana pada tahun 2021 di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapatnya perbedaan jumlah mortalitas biota uji dipengaruhi oleh adanya tumbuhan melati air yang dapat menyerap toksikan. Sedangkan pada penelitian ini, didapatkan hasil tidak adanya perbedaan yang signifikan mortalitas biota uji ikan komet dan ikan mujair. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini tidak ada penambahan tumbuhan yang dapat menyerap logam berat.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

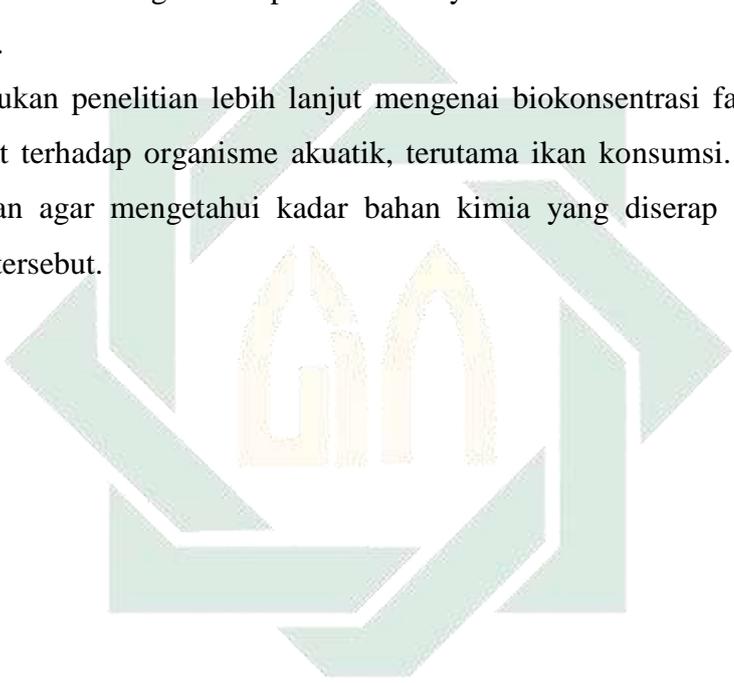
Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian “Uji Toksisitas Akut Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Terhadap Ikan Komet (*Carassius auratus*) dan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)” ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai  $\text{LC}_{50}$  96 jam kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap biota uji yaitu :
  - a. Nilai  $\text{LC}_{50}$  kromium heksavalen terhadap ikan komet (*Carassius auratus*) adalah 0,962 mg/L.
  - b. Nilai  $\text{LC}_{50}$  kromium heksavalen terhadap ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) adalah 0,164 mg/L.
2. Klasifikasi tingkat toksisitas kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap biota uji mengacu US EPA tahun 2004 tentang *Chemical Hazard Classification and Labeling: Comparison of OPP Requirements and The GHS*. yaitu :
  - a. Nilai  $\text{LC}_{50}$  kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap ikan komet (*Carassius auratus*) termasuk toksisitas kelas III yang berarti awas.
  - b. Nilai  $\text{LC}_{50}$  kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terhadap ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) termasuk toksisitas kelas II yang berarti peringatan.
3. Berdasarkan analisa data secara uji *Independet sample t test* menggunakan software SPSS, didapatkan nilai probabilitas sig 0,202 yang berarti sig > 0,05 dan  $\text{H}_0$  diterima.  $\text{H}_0$  berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara mortalitas ikan komet (*Carassius auratus*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Dengan demikian pada uji toksisitas akut ini, jumlah mortalitas antara ikan komet (*Carassius auratus*) tidak berbeda secara signifikan dari jumlah mortalitas ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*).

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan peneliti, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan toksikan dan biota uji yang sama, namun dengan *range* konsentrasi yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mengetahui potensi bahaya toksikan tersebut di lingkungan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai biokonsentrasi faktor logam berat terhadap organisme akuatik, terutama ikan konsumsi. Hal ini bertujuan agar mengetahui kadar bahan kimia yang diserap oleh organisme tersebut.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5). (2014). *Baku Mutu Air Limbah*.
- Adawiyah, R. (2022). *Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Histologi Insang Ikan Mujair (Oreochromis Mossambicus) di Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Adlina, S. R. (2014). *Uji Toksisitas Limbah Oli Bekas Di Sungai Kalimas Surabaya Terhadap Ikan Mujair (Tilapia missambicus) and Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ali, Y. T., & J. A. R., N. R. (2018). Ikan Patin (PENGASius Sp) Untuk Uji Toksisitas Akut Air Lindi. *Jurnal Envirotek*, 9(1), 56–62.
- Andhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia* (Issue 1). Lambung Mangkurat University Press.
- Andriani, R. (2017). Toksisitan Industri Batik Terhadap Morfologi (Oreochomis nilotocus). *Jurnal SainHealth*, 1(2).
- AR, N. R. J., Andini, N., & AS, Y. (2020). Analisis Toksisitas Limbah Cair Batik Tulis Dan Bioconcentration Factor Ikan Sepat (Trichogaster Tricopterus). *Jurnal Envirotek*, 12(1), 19–26.
- Aslam, S., & Yousafzai, A. M. (2017). Chromium Toxicity in Fish : A Review Article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(24), 1483–1488.
- Asmadi, S, E., & Oktiawan, W. (2009). Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH DAN NaHCO<sub>3</sub> (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *Jurnal Air Indonesia*, 5(1), 41–54.
- Azis, M. N., Herawati, T., Anna, Z., & Nurruhwati, I. (2018). Pengaruh Logam Kromium (Cr) Terhadap Histopatologi Organ Insang, Hati dan Daging Ikan Di Sungai Cimanuk Bagian Hulu Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 9(1), 119–128.

- Bakshi, A., & Panigrahi, A. K. (2018). A Comprehensive Review on Chromium Induced Alterations in Fresh Water Fishes. *Toxicology Reports*, 5(May 2017), 440–447.
- Berlianto, M., & Tangahu, B. V. (2018). Range Finding Test Mikroalga *Chlorella vulgaris* pada Limbah Cair Chromium. *Jurnal Purifikasi*, 18(1), 1–10.
- Berniyanti, T. (2018). *Biomarker Toksisitas Paparan Logam Tingkat Molekuler*. Airlangga University Press.
- BPOM. (2022). *BPOM NO.10 Tahun 2022 Uji Toksisitas Praktlinik secara in vivo* (Issue 490).
- Budiati. (2022). *Teknik Mudah Budidaya Ikan Komet*. Elementa Agro Lestari.
- Costa, M. Da. (2019). *Studi Penurunan Kadar Logam Kromium (Cr) Dalam Limbah Buatan Elektroplating Menggunakan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Damayanty, M. M., & Abdulgani, N. (2013). Pengaruh Paparan Sub Lethal Insektisida Diazinon 600 EC Laju Konsumsi Oksigen dan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(2), 207–211.
- Davies, P. E. (1984). *Chlorcthalonil. Its Environmental Fate, Toxicology And Metabolism In Fish*. University of Tasmania.
- Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2021). *Toksikologi Lingkungan Konsep dan Aplikatif*. Rajawali Pers.
- Dewi, H. (2017). *Pasti Berhasil Budidaya Ikan Mujair*. Zahara Pustaka.
- Dina, A. O., Kartika, I. W. D., & Perwira, I. Y. (2020). Tingkat Reduksi Kromium Heksavalen (Cr+6) Pada Air dengan Menggunakan Kombinasi Kultur *Chlorella sp.* dan *Spirulina sp.* *Current Trends in Aquatic Science*, 3(1), 23–29.
- Dirham, & Trianto, M. (2020). Analisis Isi Lambung Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Perairan Danau Talaga Kabupaten Donggala. *BIO-EDU*:

*Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(3), 118–128. <https://doi.org/10.32938/jbe>.

- Edelynna, A. M. ., Wireshpathi, Raharjo, & Budijastuti, W. (2012). Pengaruh Kromium Heksavalen (VI) Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Lentera Bio*, 1(2), 75–79.
- Efrizal, I., Berat, L., & Dan, P. (2020). Logam berat, Penyebab dan Penanggulangannya. In *Logam berat, Penyebab dan Penanggulangannya*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Ferro, J. P., Ferrari, L., & Eissa, B. L. (2021). Acute toxicity of Cadmium to Freshwater Fishes and its Relationship with Body Size and Respiratory Strategy. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*, 248(February), 109–109.
- Handayani, R. I. (2015). *Akumulasi Logam Berat Kromium (Cr) Pada Daging Ikan Nila Merah (Oreochromis sp)*. Universitas Negeri Semarang.
- Hariyadi. (2022). Uji Toksisitas Asam Sulfat Alam Terhadap Ketahanan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Dan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Dalam Media Tertutup. *Majalah INFO Sains*, 3(1), 1–6.
- Hariyanti, P., & Razif, M. (2019). Pemanfaatan Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* L) Sebagai Adsorben Untuk Penurunan Logam Berat Kromium Heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) Pada Limbah Buatan Dengan Menggunakan Metode Batch. *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 1(1), 420–425.
- Hertika, A. M. S. (2022). Uji Toksisitas Akut (LC50-96 Jam) Ekstrak *Caulerpa lentillifera* Dengan Pelarut Metanol dan Water Extract Terhadap Gula Darah Ikan Komet (*C. auratus*). *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(3), 27–36.
- Ihsan, T., Edwin, T., Husni, N., & Rukmana, W. D. (2018). Uji Toksisitas Akut Dalam Penentuan LC50-96H Insektisida Klorpirifos Terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 98–103.





Efektivitas Ampas Teh Hitam dan Ampas Teh Hijau sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI). *Fullerene Journal of Chemistry*, 6(2), 101–109.

- Muliasari, Zulfahmi, I., & Akmal, Y. (2019). *Ekotoksikologi Akuatik*. IPB Press.
- Mutmainnah, M., Abdullah, A., & Syawie, M. (2022). Formulasi dan Evaluasi Fisik Masker Gel Peel Off Dari Serbuk Sisik Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 4(3), 321–331. <https://doi.org/10.33759/jrki.v4i3.290>
- Ni, X., Wan, L., Liang, P., Zheng, R., Lin, Z., Chen, R., Pei, M., & Shen, Y. (2020). The Acute Toxic Effects of Hexavalent Chromium on The Liver of Marine Medaka (*Oryzias melastigma*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*, 231(108734), 1–11.
- Noviana, L., & Prinajati, Ps, D. (2022). Analisis Toksisitas Limbah Laundry Menggunakan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Arus Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 1(3), 131–139.
- Nurrahma. (2018). Peningkatan Kualitas Warna Pada Ikan Komet Komet (*Carassius Auratus*) Dengan Pemberian Dosis Tepung Wortel yang Berbeda. *Jurnal Universitas Riau*, 4(2), 1–10.
- OECD. (2019). *Test No. 203: Fish, Acute Toxicity Test*.
- Pawestri, D. S., Budiono, Z., & Abdullah, S. (2020). Efisiensi Multi Soil Layering (MSL) Dalam Menurunkan Kadar Chromium Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Cair Sablon Di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas. *Buletin Keslingmas*, 39(3), 131–137.
- PBNU, L. B. M. (LBM), & Lembaga Penanggulangan Bencana dan Perubahan Iklim (LPBI) PBNU. (1959). Fiqih Penanggulangan Sampah Plastik. In *Gerakan Revolusi Nasioanal Mental* (Vol. 13, Issue 1).
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.

- Purbonegoro, T. (2019). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Toksisitas Bahan Pencemar Terhadap Organisme Perairan. *Oseana*, 42(2), 12–22.
- Purnomo, E., & Chika, S. (2022). Potensi Keragaman Ikan Di Waduk Kedung Ombo Sebagai Penyedia Kebutuhan Pangan Berkelanjutan. *Jurnal Biogenerasi*, 7(1), 99–107. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v7i1.1679>
- Putra, R., Siswansyah, P., Wahyuni, D. P., Enggarwati, I. D., Utami, I. I., Fitrihidajati, H., Rachmadiarti, F., & Eka, I. L. (2021). Uji Toksisitas Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Hasil Fitoremediasi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap Mortalitas. *Prosiding SEMNAS BIO*, 1112–1122.
- Rachmah, Y. N. (2020). *Uji Toksisitas Akut Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan Timbal (Pb) Terhadap Ikan Mas (Cyprinus Carpio L.)*. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Rahmaisanti, A., Hidayati, Y. A., & Pratama, A. (2022). Pengaruh Kuantitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) sebagai Fitoremediator Limbah Cair Penyamakan Kulit Proses Tanning. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(2), 73.
- Rimantho, D., & Athiyah. (2019). Analisis Kapabilitas Proses Untuk Pengendalian Kualitas Air Limbah di Industri Farmasi. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 1–8.
- Saputro, W. (2022). *Efektivitas Pemberian Tepung Cacing Sutra (Turbifex Sp) Dalam Pakan Terhadap Performa dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Komet (Carassius auratus)*. Universitas Batanghari Jambi.
- Sari, A. H. K. (2022). *Uji Toksisitas Akut Pestisida dan Krom (Cr) Terhadap Ikan Nila (Oreosoma nila)*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Sembel, D. T. (2015). *Toksikologi Lingkungan* (A. Pramesta (ed.)). Penerbit ANDI.
- Setianto, D. (2019). *Prospek Besar Budidaya Ikan Mujair*. Pustaka Baru.

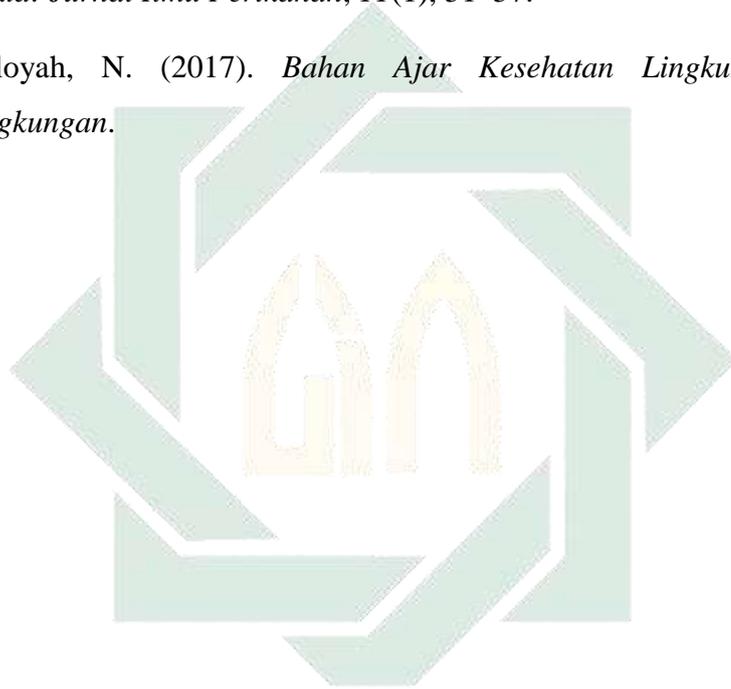
- Setiawan, A., Andrian, D., & Asta, S. W. (2019). *Aplikasi Metodologi dan Statistik Penelitian*. Nuha Medika.
- Sharma, N., Sodhi, K. K., Kumar, M., & Singh, D. K. (2020). Heavy Metals Eco-Toxicity with Major Concern to Chromium and Recent Advancement in Remediation Technologies. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*.
- Silmi, A. (2018a). *Pengujian Toksisitas Akut Logam ( Pb ), Krom ( Cr ) dan Kobalt ( Co ) Terhadap Daphnia magna*. 2(2), 13–20.
- Silmi, A. (2018b). Uji Toksisitas Akut Logam Timbal ( Pb ), Krom ( Cr ) dan Kobalt ( Co ) Terhadap Daphnia magna. *Jurnal TechLINK*, 2(2), 13–20.
- Siwiendrayanti, A., Pawenang, E. T., & Widowati, E. (2016). *Toksikologi*. Cipta Prima Nusantara.
- Skomal, G. (2008). *Goldfish 2nd Edition*. Wiley Publishing Inc.
- Sriwahyuni, E., & Krisanti, M. (2021). Uji Toksisitas Akut Limbah Pengeboran Minyak (Serbuk Bor) Terhadap Artemia salina. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 5(1), 631–639.
- 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.
- Supriadi. (2016). *Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Merkuri (Hg) Pada Air Laut di Wisata Pantai Akkarena dan Tanjung Bayang Makassar*. UIN Alauddin Makassar.
- Suryani, A., Nirmala, K., & Djokosetyanto, D. (2018). Akumulasi Logam Berat (Timbal dan Tembaga) Pada Air Sedimen dan Ikan Bandeng (Chanos chanos Forskal, 1775) di Pertambakan Ikan Bandeng Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(3), 271–278.



(2017). Toksisitas Akut Nonilphenol Pada Stadia Awal Ikan Nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) dan Ikan Komet, *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758). *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(1), 77.

Yuliana, Utama Putu, G. N., & Adam, M. A. (2020). Uji Toksisitas Letal Akut Cd 2 + Terhadap *Gambusia affinis* dan Pengaruh pada Aktivitas Protease. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(1), 51–57.

Yulianto, & Amaloyah, N. (2017). *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Toksikologi Lingkungan*.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A