

**UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>-96 JAM) LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT  
X TERHADAP IKAN ZEBRA (*Danio rerio*)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Pada Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh :**

**Shinta Naurah Kinanti**

**(H75219030)**

**Dosen Pembimbing :**

**Dedy Suprayogi, M.KL**

**Sarita Oktorina, M.Kes**

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

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Shinta Naurah Kinanti  
Nim : H75219030  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>-96 JAM) LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT X TERHADAP IKAN ZEBRA (*Danio rerio*)”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan Tindakan plagiat maka saya bersedia menerima saksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 April 2023

Yang Menyatakan



**(SHINTA NAURAH KINANTI)**

Nim. H75219030



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 AKHIR**

Nama : Shinta Naurah Kinanti  
NIM : H75219030  
Judul Tugas Akhir : Uji Toksisitas Akut (LC50-96 Jam) Limbah Cair Rumah Sakit  
X Terhadap Ikan Zebra (*Danio rerio*)

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Akhir

Surabaya, 10 April 2023

Dosen Pembimbing I

(Dedy Suprayogi, M.KL.)  
NIP. 198512112014031002

Dosen Pembimbing II

(Sarita Oktorina, M.Kes)  
NIP. 198710052014032003

## PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Nama : Shinta Naurah Kinanti  
NIM : H75219030  
Judul : Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub>-96 Jam) Limbah Cair Rumah Sakit X Terhadap Ikan Zebra (*Danio rerio*)

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi  
Di Surabaya, 14 April 2023

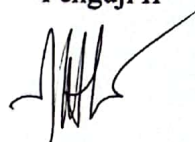
Mengesahkan,  
Dewan Penguji,

Penguji I



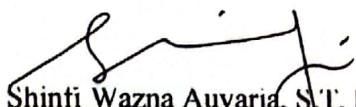
Dedy Suprayogi, M.KL  
NIP. 198512112014031002

Penguji II



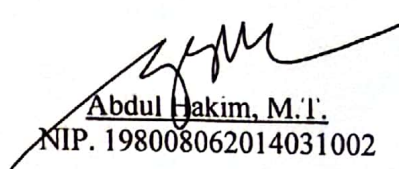
Sarita Oktorina, M.Kes  
NIP. 198710052014032003

Penguji III



Shinti Wazna Auvaria, S.T, M.T  
NIP. 198603282015032001

Penguji IV



Abdul Hakim, M.T.  
NIP. 198008062014031002

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Yaepul Hamdani, M.Pd.  
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 : SHINTA NAURAH KINANTI  
NIM : H75219030  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : [shintanaurah04@gmail.com](mailto:shintanaurah04@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 (LC<sub>50</sub>-96 JAM) LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT X  
TERHADAP IKAN ZEBRA (*Danio rerio*)**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya 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, 27 April 2023

Penulis

(SHINTA NAURAH KINANTI)

## ABSTRAK

### Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub>-96 Jam) Limbah Cair Rumah Sakit X Terhadap Ikan Zebra (*Danio rerio*)

Pertumbuhan penduduk meningkatkan aktivitas dan kebutuhan masyarakat. Salah satu kegiatan manusia yang menghasilkan limbah berupa limbah B3 adalah penyelenggaraan pelayanan kesehatan yaitu rumah sakit. Semakin tinggi tipe rumah sakit, semakin besar dan kompleks jenis limbahnya. Limbah rumah sakit yang tidak dilakukan pengolahan dengan baik dapat mencemari lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai akut dan klasifikasi air limbah rumah sakit untuk kelangsungan hidup akuatik menggunakan uji toksisitas akut (LC<sub>50</sub>). Ikan zebra (*Danio rerio*) digunakan sebagai organisme uji dalam penelitian ini. Perlakuan organisme uji dimulai dengan proses aklimatisasi, *range finding test* dan uji toksisitas akut dengan konsentrasi 0% (kontrol), 35%, 40%, 45%, 50% dan 55%, yang dipaparkan selama 96 jam. Nilai LC<sub>50</sub> kemudian dihitung dengan menggunakan metode analisis probit menggunakan software IBM SPSS. Hasil yang diperoleh pada tahap uji toksisitas akut toksisitas air limbah rumah sakit berdasarkan penelitian pada ikan zebra (*Danio rerio*) menghasilkan nilai LC<sub>50</sub>-96 jam sebesar 44,687 mg/L. Berdasarkan nilai LC<sub>50</sub>-96 jam yang diperoleh, air limbah rumah sakit termasuk kelas IV yang dianggap tidak berbahaya bagi organisme hidup karena memiliki nilai LC<sub>50</sub> > 2 mg/L.

Kata Kunci: Uji Toksisitas Akut, LC<sub>50</sub>, Limbah Cair, Rumah Sakit, Ikan Zebra

## ABSTRACT

### **Acute Toxicity Test (LC<sub>50</sub>-96 Hours) Wastewater of X Hospital With Zebrafish (*Danio rerio*)**

The increasing in population resulted in increased community activities and needs. One of the human activities that produce waste substances as hazardous and toxic waste is the operation of public health facilities, namely hospitals. The higher the type of hospital, the bigger and more complex the type of waste. Hospital waste that is not treated properly can pollute the environment. The purpose of the study was to determine the acute value and classification of hospital liquid waste on the survival of aquatic organisms using acute toxicity test (LC<sub>50</sub>). In this study, the model organism used was zebrafish (*Danio rerio*). Treatment of model organism begins with acclimatization process, range finding test and acute toxicity test with concentrations of 0% (control), 35%, 40%, 45%, 50%, and 55% which are exposed for 96 hours. Then the calculation of the LC<sub>50</sub> value is carried out using the probit analysis method with IBM SPSS software. The results obtained based on research on zebrafish (*Danio rerio*) as a model organism with hospital liquid waste toxicants at the acute toxicity test stage obtained LC<sub>50</sub>-96 hour values of 44,687 mg / L. Based on the LC<sub>50</sub>-96 hours values obtained, hospital liquid waste is included in category IV which is considered not harmful to living things because it has LC<sub>50</sub> > 2 mg / L values.

Keywords: Acute Toxicity Test, LC<sub>50</sub>, Wastewater, Hospital, Zebrafish

## DAFTAR ISI

<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI AKHIR.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Rumusan Masalah .....	4
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Manfaat.....	5
<b>BAB II .....</b>	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Rumah Sakit .....	6
2.2. Klasifikasi Rumah Sakit.....	6
2.3. Limbah Cair Rumah Sakit.....	7
2.4. Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.....	8
2.5. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit .....	10
2.6. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit.....	10
2.7. Dampak Pencemaran Limbah Rumah Sakit.....	17
2.8. Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit .....	18
2.9. Toksikologi.....	19
2.10. Biota Uji.....	22





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Lampiran I PERMEN LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	9
Tabel 2. 2 LAMPIRAN III Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.....	9
Tabel 2. 3 Klasifikasi Toksisitas LD <sub>50</sub> .....	20
Tabel 2. 4 Klasifikasi Toksisitas LC <sub>50</sub> .....	21
Tabel 2. 5 Tabel kelayakan ikan pada tahap aklimatisasi .....	24
Tabel 2. 6 Penelitian terdahulu.....	26
Tabel 3. 1 Kelayakan ikan pada tahap aklimatisasi .....	39
Tabel 4. 1 Kualitas Influent IPAL Rumah Sakit X .....	42
Tabel 4. 2 Total kematian ikan pada tahap aklimatisasi .....	48
Tabel 4. 3 Kualitas Influent IPAL Rumah Sakit X .....	49
Tabel 4. 4 Variasi konsentrasi limbah cair pada tahap range finding test.....	50
Tabel 4. 5 Kandungan limbah cair dalam variasi range finding test.....	51
Tabel 4. 6 Total kematian ikan pada tahap range finding test .....	52
Tabel 4. 7 Kualitas influent ipal rumah sakit X pada tahap uji toksisitas akut.....	62
Tabel 4. 8 Variasi konsentrasi limbah cair pada tahap uji toksisitas akut.....	63
Tabel 4. 9 Kandungan limbah cair dalam variasi uji toksisitas akut.....	64
Tabel 4. 10 Total kematian ikan pada tahap uji toksisitas akut .....	65
Tabel 4. 11 Tabel % mortalitas biota uji .....	73
Tabel 4. 12 Nilai LC <sub>50</sub> pada SPSS .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ikan Zebra ( <i>Danio rerio</i> ).....	22
Gambar 3. 1 Tahapan penelitian .....	35
Gambar 3. 2 Kerangka pikir penelitian .....	37
Gambar 3. 3 Sketsa reaktor .....	39
Gambar 4. 1 Suhu pada tahap aklimatisasi .....	45
Gambar 4. 2 pH pada tahap aklimatisasi.....	46
Gambar 4. 3 DO pada tahap aklimatisasi.....	47
Gambar 4. 4 pH pada tahap range finding test.....	53
Gambar 4. 5 Suhu pada tahap range finding test .....	54
Gambar 4. 6 DO pada tahap range finding test.....	55
Gambar 4. 7 Grafik kadar BOD pada tahap range finding test.....	56
Gambar 4. 8 Grafik kadar COD pada tahap range finding test.....	58
Gambar 4. 9 Grafik kadar NH <sub>3</sub> pada tahap range finding test.....	59
Gambar 4. 10 Grafik kadar PO <sub>4</sub> pada tahap range finding test.....	60
Gambar 4. 11 pH pada tahap uji toksisitas akut.....	66
Gambar 4. 12 Suhu pada tahap uji toksisitas akut .....	67
Gambar 4. 13 DO pada tahap uji toksisitas akut.....	68
Gambar 4. 14 Grafik kadar BOD pada tahap uji toksisitas akut.....	69
Gambar 4. 15 Grafik kadar COD pada tahap uji toksisitas akut.....	70
Gambar 4. 16 Grafik kadar NH <sub>3</sub> pada tahap uji toksisitas akut.....	71
Gambar 4. 17 Grafik kadar PO <sub>4</sub> pada tahap uji toksisitas akut.....	72
Gambar 4. 18 Data Konsentrasi, Mati, dan Total Pada SPSS.....	74
Gambar 4. 19 Menjalankan SPSS Analisis, Regression, Probit .....	74
Gambar 4. 20 Menjalankan SPSS pada dialog box Probit Analysis.....	75
Gambar 4.21 Menjalankan SPSS Pada Probit Analysis Options.....	75
Gambar III- 1 Proses aklimatisasi .....	113
Gambar III- 2 Pengukuran DO pada tahap aklimatisasi .....	113
Gambar III- 3 Pengukuran pH pada tahap aklimatisasi .....	113
Gambar III- 4 Pengukuran suhu pada tahap aklimatisasi.....	114
Gambar III- 5 Bak inlet IPAL rumah sakit X .....	114



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk semakin bertambah dari waktu ke waktu. Bertambahnya jumlah penduduk mengakibatkan aktivitas dan kebutuhan masyarakat meningkat. Kegiatan manusia yang banyak menimbulkan masalah lingkungan karena menghasilkan limbah dan bahan pencemar berupa limbah padat dan cair. Salah satu kegiatan manusia yang menghasilkan zat buangan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun adalah pengoperasian sarana kesehatan masyarakat yaitu rumah sakit (Silfiyah, 2016).

Limbah cair rumah sakit disebut sebagai air buangan yang dihasilkan oleh seluruh proses operasional rumah sakit antara lain limbah cair domestik, limbah cair klinis, limbah cair laboratorium, limbah cair radioaktif, dan lain-lain. Berbagai bahan pencemar organik terkandung dalam limbah cair rumah sakit dengan jumlah yang tinggi. Beberapa bahan pencemar seperti logam berat dan senyawa radioaktif yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit membutuhkan penanganan khusus (Silfiyah, 2016). Limbah rumah sakit yang tidak dilakukan pengolahan dengan baik dapat berdampak kerusakan pada lingkungan. Selain mengandung bahan kimiawi, limbah rumah sakit juga dapat mencemari lingkungan melalui kandungan bakteriologis. Oleh karena itu, limbah rumah sakit berpotensi berdampak besar terhadap kesehatan masyarakat (Ningrum & Khalista, 2014).

Menurut hasil kajian, rata-rata produksi limbah cair di 100 rumah sakit Jawa dan Bali sebanyak 416,8 L/TT/hari (Silfiyah, 2016). Sedangkan secara nasional diperkirakan produksi limbah cair rumah sakit bisa mencapai 48.985,70 ton/hari (Amelia et al., 2018). Ketika rumah sakit menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang besar, dapat dibayangkan bahaya limbah rumah sakit mencemari lingkungan dan menyebabkan kecelakaan kerja serta penyebaran penyakit jika tidak ditangani dengan baik. Untuk menghasilkan pelayanan kesehatan yang berkualitas, pelayanan kesehatan harus sejalan

dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat dengan melakukan pengendalian sistem pengelolaan limbah di rumah sakit.

Berkaitan dengan air limbah Allah SWT telah menjelaskan dalam Al-Qur'an.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) (QS. Ar-rum/30 : 41).

Dalam ayat di atas, disebutkan bahwa daratan dan lautan adalah tempat mudharat atau kerusakan, yang dapat diartikan bahwa daratan dan lautan mengalami ketidakseimbangan dan kurang manfaat. Air permukaan akan sangat tercemar sehingga biota laut akan mati dan hasil laut menjadi berkurang (Mahera, 2019).

Semakin tinggi tipe rumah sakit, semakin besar dan kompleks jenis limbahnya. Rumah sakit tipe B akan menghasilkan limbah yang lebih banyak dan lebih kompleks dari rumah sakit tipe C, D, dan E dikarenakan rumah sakit tipe B memiliki pelayanan yang lebih lengkap dan pengunjung yang lebih banyak. Limbah rumah sakit juga mengandung berbagai zat organik, zat berbahaya, radioaktif bahkan bakteri atau mikroba patogen. Salah satu penyakit yang disebabkan oleh limbah rumah sakit adalah infeksi nosokomial (B & Mallongi, 2018). Limbah rumah sakit, seperti limbah lainnya, mengandung zat organik dan anorganik yang kandungannya dapat ditentukan dengan pemeriksaan air limbah secara umum, seperti BOD, COD, TSS, PO<sub>4</sub>, pH, suhu dan NH<sub>3</sub> bebas atau amoniak (Kerubun, 2014).

Kadar BOD dan COD yang tinggi dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut di dalam air, yang dapat menyebabkan kematian organisme akuatik. Kadar fosfat yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroalga di perairan terbuka. Beberapa spesies mikroalga memiliki kelompok yang menghasilkan racun bagi ikan dan kehidupan air yang

menutupi permukaan air, mengurangi sinar matahari dan emisi oksigen terlarut di dalam air (Kerubun, 2014).

Untuk mengetahui kadar pencemar dari limbah rumah sakit yang menyebabkan pencemaran dan dampak yang ditimbulkan terhadap organisme perairan dapat dilakukan dengan uji hayati sehingga dapat diketahui hubungan dosis respon antara kematian biota uji dengan limbah. Uji toksisitas akut dengan menggunakan biota uji merupakan salah satu bentuk penelitian toksikologi perairan yang berfungsi untuk mengetahui apakah air buangan atau badan perairan penerima mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi yang menyebabkan toksisitas akut. Uji toksisitas akut dapat digunakan untuk mengukur dan mengevaluasi karakteristik toksisitas dari suatu toksikan atau bahan pencemar. Hasil dari uji ini adalah  $LC_{50}$  yaitu nilai konsentrasi pemaparan zat toksik yang menyebabkan 50% biota uji mati. Organisme perairan yang sering digunakan untuk uji toksisitas limbah atau limbah yang masuk ke lingkungan perairan adalah ikan (Silfiyah, 2016).

Ikan zebra (*Danio rerio*) merupakan salah satu ikan yang banyak digunakan sebagai organisme uji untuk penelitian biologi (Khan & Alhewairini, 2018). Penggunaan ikan zebra (*Danio rerio*) sebagai organisme percobaan memiliki beberapa keuntungan seperti pertumbuhan cepat, pemeliharaan mudah, biaya murah, fertilisasi eksternal, kesuburan tinggi dan embrio transparan. Selain itu, memungkinkan uji toksikologi yang lebih akurat pada ikan zebra (*Danio rerio*) dan urutan gennya kira-kira 70% mirip dengan manusia termasuk otak, saluran pencernaan, otot, pembuluh darah, dan sistem kekebalan tubuh bawaan (Alves et al., 2022). Efek toksik pada pertumbuhan dan perkembangan dapat dikenali secara visual melalui panjang dan bentuk tubuh ikan zebra serta morfologi organ dalam seperti otak, hati, sistem kardiovaskular, pankreas, usus, ginjal, notochord, dll. Model ikan zebra juga telah digunakan untuk menentukan tes fungsi organ dan menilai efek toksik (Khan & Alhewairini, 2018).

Permasalahan diatas berasal dari aktifitas manusia di rumah sakit, dijadikan alasan oleh peneliti untuk menganalisis nilai akut dan klasifikasi

toksisitas dari limbah cair rumah sakit terhadap kelangsungan hidup ikan zebra (*Danio rerio*) pada konsentrasi tertentu di perairan dengan menggunakan uji toksisitas akut (LC<sub>50</sub>-96 jam).

## 1.2. Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup atau batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Pelaksanaan penelitian menggunakan skala laboratorium pada Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UINSA
2. Uji toksisitas akut (LC<sub>50</sub>) terhadap ikan zebra (*Danio rerio*) dengan waktu pengamatan selama 96 jam
3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sampel limbah cair yang diambil dari influent IPAL Rumah Sakit X.
4. Sampel limbah cair diambil IPAL Rumah Sakit X pada bulan Desember
5. Parameter yang diuji adalah pH, suhu, BOD, COD, DO, NH<sub>3</sub> bebas, dan PO<sub>4</sub>
6. Pengujian dilakukan dengan regresi probit yakni suatu metode untuk menentukan nilai LC<sub>50</sub>-96 jam dengan mengamati 50% kematian biota uji yang disebabkan oleh toksikan

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah yang diambil sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas influent IPAL Rumah Sakit X ?
2. Berapa nilai Lethal Concentration (LC<sub>50</sub>) limbah cair Rumah Sakit X terhadap ikan zebra (*Danio rerio*)?
3. Bagaimana klasifikasi toksisitas pada limbah cair Rumah Sakit X terhadap ikan zebra (*Danio rerio*)?

## 1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas influent IPAL Rumah Sakit X
2. Menghitung dan menganalisis nilai Lethal Concentration (LC<sub>50</sub>) limbah cair Rumah Sakit X terhadap ikan zebra (*Danio rerio*)



3. Menganalisa klasifikasi toksisitas pada limbah cair Rumah Sakit X terhadap ikan zebra (*Danio rerio*)

### 1.5. Manfaat

Manfaat penelitian yang didapatkan dari penelitian sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Mengetahui nilai toksisitas dan tingkat bahaya dari limbah cair rumah sakit terhadap ikan zebra (*Danio rerio*).

2. Bagi Industri atau Perorangan

Memberikan informasi apabila pihak industri membuang limbah cair secara sembarangan atau tidak diolah dengan maksimal akan mengakibatkan pencemaran pada lingkungan perairan dan berbahaya bagi ekosistem perairan.

3. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi bahwa pembuangan limbah cair tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Rumah Sakit**

WHO (World Health Organization) menjelaskan bahwa definisi rumah sakit adalah salah satu bagian dari suatu organisasi sosial dan kesehatan yang mempunyai misi menyediakan pelayanan Kesehatan yang paripurna (komprehensif), penyembuhan penyakit (kuratif) dan pencegahan penyakit (preventif) kepada masyarakat. Rumah sakit menyediakan pusat pelatihan bagi tenaga kesehatan dan pusat penelitian medik. Selain pusat pelatihan dan penelitian, rumah sakit juga dilengkapi dengan fasilitas lainnya seperti laboratorium, ruang operasi, farmasi, dapur, administrasi, laundry, dan pengolahan limbah (Ningrum & Khalista, 2014).

Berdasarkan undang-undang No. 44 tahun 2009 tentang rumah sakit, menjelaskan bahwa yang dimaksud rumah sakit adalah sarana kesehatan yang menyediakan pelayanan kesehatan berupa pelayanan rawat jalan, gawat darurat, dan rawat inap (UU RI, 2009). Selain kegiatan pelayanan kesehatan untuk penyembuhan pasien, lingkungan di sekitar rumah sakit juga dapat menimbulkan agent (komponen penyebab penyakit) yang menyebabkan penularan penyakit bagi para petugas, pasien, pengunjung, dan masyarakat yang tinggal disekitar rumah sakit (Ningrum & Khalista, 2014).

#### **2.2. Klasifikasi Rumah Sakit**

Dalam KEPMENKES No 340/Menkes/PER/III/2010 menjelaskan bahwa pelayanan rumah sakit umum pemerintah departemen kesehatan dan pemerintah diklasifikasikan menjadi 5 kelas/tipe yaitu: (PERMEN RI, 2010)

##### **1. Rumah Sakit Kelas A**

Rumah sakit kelas A merupakan rumah sakit yang dapat menyediakan fasilitas dan pelayanan kedokteran spesialis dan subspecialis luas oleh pemerintah, rumah sakit kelas A disebut sebagai

rumah sakit pusat rujukan utama (top referral hospital) atau disebut juga dengan rumah sakit pusat.

## 2. Rumah Sakit Kelas B

Rumah sakit kelas B merupakan rumah sakit yang dapat menyediakan pelayanan kedokteran medik spesialis luas dan subspecialis terbatas. Rumah sakit kelas B direncanakan akan didirikan disetiap provinsi (provincial hospital) yang akan menerima pelayanan rujukan dari rumah sakit kabupaten. Rumah sakit pendidikan yang tidak diklasifikasikan sebagai rumah sakit kelas A juga diklasifikasikan sebagai rumah sakit kelas B.

## 3. Rumah Sakit Kelas C

Rumah sakit kelas C merupakan rumah sakit dengan pelayanan subspecialis terbatas. Empat jenis pelayanan khusus yang disediakan antara lain poli bedah, poli anak, poli penyakit dalam, poli kebidanan dan kandungan. Rumah sakit kelas C ini direncanakan akan didirikan disetiap kabupaten/kota (regency hospital) yang dapat menerima pelayanan rujukan dari puskesmas.

## 4. Rumah Sakit Kelas D

Rumah sakit kelas D merupakan rumah sakit yang bersifat transisi karena suatu saat rumah sakit kelas D akan ditingkatkan menjadi rumah sakit kelas C. Saat ini, rumah sakit kelas D hanya dapat menyediakan layanan medis umum dan perawatan gigi. Rumah sakit tipe D juga dapat menerima pelayanan rujukan yang berasal dari puskesmas.

## 5. Rumah Sakit Kelas E

Rumah sakit kelas E merupakan rumah sakit khusus (special hospital) yang hanya menawarkan satu jenis layanan medis saja. Saat ini sudah banyak rumah sakit kelas E yang didirikan pemerintah seperti rumah sakit jantung dan rumah sakit ibu dan anak.

### 2.3. Limbah Cair Rumah Sakit

Rumah Sakit sebagai salah satu fasilitas atau sarana pelayanan untuk menangani, merawat dan pengobatan akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar yang perlu diperhatikan kualitasnya karena di dalamnya

mengandung zat-zat yang berbahaya bagi lingkungan sekitar dan kesehatan masyarakat. Berbagai jenis limbah dihasilkan dalam operasional rumah sakit yang berupa limbah cair, padat dan gas. Selain limbah cair, padat, dan gas rumah sakit menghasilkan limbah infeksius dan limbah medis lainnya yang dapat membahayakan kesehatan dan dapat menjadi sarana penyebaran penyakit (B & Mallongi, 2018) .

Limbah cair rumah sakit disebut sebagai air buangan yang dihasilkan oleh seluruh proses operasional rumah sakit antara lain limbah cair domestik, limbah cair klinis, limbah cair laboratorium, limbah cair radioaktif, dan lain-lain. Berbagai bahan pencemar organik terkandung dalam limbah cair rumah sakit dengan jumlah yang tinggi. Beberapa bahan pencemar seperti logam berat dan senyawa radioaktif yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit membutuhkan penanganan khusus (Silfiyah, 2016).

Permenkes RI No.7 Tahun 2019 menjelaskan bahwa penyelenggaraan pengamanan limbah cair merupakan upaya penanganan limbah yang terdiri dari pendistribusian dan pengolahan dan pemeriksaan limbah cair yang bertujuan untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan limbah cair seperti gangguan kesehatan dan lingkungan. Kegiatan rumah sakit menghasilkan limbah cair yang mengandung beban cemaran yang beresiko menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan menyebabkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, kualitas air limbah harus ditingkatkan sampai memenuhi baku mutu yang ditentukan dengan cara dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Selain dibuang ke lingkungan limbah cair yang sudah diolah dan memenuhi baku mutu dapat didaur ulang dan digunakan sebagai air bersih di rumah sakit dengan tujuan untuk penghematan (Sihombing, 2021).

#### **2.4. Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit**

Baku mutu air limbah rumah sakit dapat disebut sebagai batas maksimum limbah cair yang aman dan tidak menyebabkan pencemaran jika dibuang ke lingkungan dari suatu kegiatan rumah sakit. Limbah cair harus diolah sampai memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan ditinjau secara



## 2.5. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit

Kegiatan rumah sakit seperti ruang obstetri, ruang UGD, ruang operasi, laboratorium, ruang radiologi, ruang mayat, patologi, otopsi, unit isolasi, unit perawatan, unit pelayanan, farmasi, gizi, dapur, laundry, kantor, air limpasan tangki septik, air hujan dan lainnya dapat menghasilkan limbah cair (Silfiyah, 2016). Sebagian besar limbah cair rumah sakit dihasilkan oleh kegiatan domestik, sedangkan sisanya berupa limbah infeksius, darah, buangan pasien, dan lain-lain (Situmorang, 2019).

Limbah cair rumah sakit dihasilkan dari dua sumber yaitu sumber klinis dan non klinis. Limbah cair klinis berasal dari benda-benda tajam seperti jarum suntik, infuse, jaringan tubuh manusia, limbah infeksius, limbah sitotoksis, limbah laboratorium, dan limbah farmasi. Kegiatan radiologi pada rumah sakit juga menghasilkan beberapa bahan yang bersifat radioaktif yang terdapat pada limbah B3. Sedangkan limbah non klinis dihasilkan dari kegiatan kantor, administrasi, unit pelayanan kebersihan, sampah dapur, sisa makanan buangan, dan lainnya (Silfiyah, 2016).

## 2.6. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair merupakan hasil buangan yang dapat berupa bahan organik dan anorganik yang terlarut. Limbah cair mempunyai karakteristik fisika, kimia dan biologi (Fitriyanti, 2020).

### 1. Karakteristik fisika

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperature. Sifat fisik ini beberapa diantaranya dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis laboratorium (Kencanawati, 2016).

#### a. Padatan

Dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat

bersifat organis maupun sifat inorganik tergantung dari mana sumber limbah. Disamping kedua jenis padatan ini ada lagi padatan yang dapat terendap karena mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya.

b. Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloidal yang terdiri dari kwartz, tanah liat, sisa bahan- bahan, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah.kekeruhan merupakan sifat optis larutan. Sifat keruh membuat hilang nilai estetikanya.

c. Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfide atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indicator bahwa terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau ini akan lebih mudah menghindarkan tingkat bahaya yang ditimbulkannya dibandingkan dengan limbah yang tidak menghasilkan bau.

d. Suhu

Limbah yang mempunyai temperatur panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperature alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah.

e. Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman, air dan buangan

industri. Warna berkaitan dengan kekeruhan, dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan warna nyata. Demikian juga warna dapat disebabkan zat-zat terlarut dan zat tersuspensi. Warna menimbulkan pemandangan yang jelek dalam air limbah meskipun warna tidak menimbulkan sifat racun.

## 2. Karakteristik kimia

Sifat kimia dari limbah cair terdiri atas Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Protein, Karbohidrat, minyak dan lemak, derajat keasaman (pH) serta logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah (Kencanawati, 2016).

### a. BOD

Kadar BOD yang tinggi dapat menjadi indikator bahwa mikroorganisme membutuhkan jumlah oksigen yang tinggi untuk mengoksidasi bahan organik dalam air sehingga terjadi defisit oksigen dalam air. Pada umumnya BOD selalu dikaitkan dengan kandungan bahan organik dalam air yang menyebabkan peningkatan pertumbuhan mikroorganisme karena kelebihan makanan yang tersedia (Tatangindatu et al., 2013). Kebutuhan oksigen dalam air tergantung dengan banyaknya zat organik yang diuraikan oleh bakteri dikarenakan bakteri menguraikan zat organik memerlukan oksigen yang tinggi sehingga semakin banyak zat organik dalam air akan menurunkan kadar oksigen terlarut. Ketika kadar oksigen terlarut dalam air tidak tercukupi, maka organisme yang membutuhkan oksigen untuk kelangsungan hidupnya seperti ikan dan bakteri aerob akan mati. Bakteri aerob yang mati akan menguraikan bahan organik dalam air dan menghasilkan zat seperti  $H_2S$  dan methane yang dapat menimbulkan bau busuk pada air (B & Mallongi, 2018).

### b. COD

COD atau Chemical Oxygen Demand adalah kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik dalam air dengan cara kimiawi. Pada umumnya kadar COD lebih tinggi dari BOD, hal ini



dikarenakan penguraian bahan organik lebih banyak secara kimiawi dibandingkan dengan secara biologi. Konsentrasi COD dalam air harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan dikarenakan semakin tinggi nilai COD dapat mengakibatkan menurunnya kadar DO dalam air (B & Mallongi, 2018).

c. DO

Semua organisme perairan membutuhkan oksigen terlarut atau DO (Dissolved Oxygen) untuk respirasi, proses metabolisme atau transfer massa, yang kemudian akan menghasilkan energi untuk reproduksi dan pertumbuhan. Selain itu, oksigen juga diperlukan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Proses difusi dari udara dan hasil fotosintesis organisme yang hidup di badan air tersebut merupakan sumber dan faktor utama yang mempengaruhi banyaknya oksigen dalam suatu perairan (Sa'idi, 2020). Kadar DO yang ideal untuk kebutuhan ikan harus lebih dari 5 mg/L. Ketikan terjadi ketidakseimbangan oksigen terlarut dalam air akan menyebabkan biota air menjadi stress karena tidak terpenuhi oksigen yang dibutuhkan oleh otak sehingga menyebabkan kematian akibat anoksia yang disebabkan oleh ketidakmampuan jaringan tubuh ikan untuk mengikat oksigen terlarut. Proses fotosintesis yang terjadi pada siang hari akan menghasilkan oksigen. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis pada siang hari akan digunakan oleh tumbuhan air untuk proses metabolisme pada malam hari. Konsentrasi oksigen terlarut paling tinggi terjadi pada sore hari sedangkan pada pagi hari oksigen terlarut dalam kondisi paling rendah (Tatangindatu et al., 2013).

d. pH

pH (pouvoir hydrogen) merupakan indikasi yang menunjukkan kandungan konsentrasi ion hidrogen pada air. pH digunakan sebagai indikator untuk mengetahui tingkat alkalinitas dan keasaman larutan. Salah satu faktor yang mempengaruhi

toksitas suatu senyawa kimia adalah pH. Badan air yang memiliki pH rendah salah satunya disebabkan oleh senyawa amonium yang dapat terionisasi (Sa'idi, 2020). pH optimal untuk organisme air tawar berada dikisaran 6,8 - 8,5. Semakin rendah pH pada perairan akan menyebabkan besarnya kelarutan logam-logam dalam air sehingga dapat bersifat toksik bagi organisme air. Sedangkan pH yang tinggi dalam air akan membuat konsentrasi amoniak dalam air meningkat yang juga dapat bersifat toksik bagi organisme air (Tatangindatu et al., 2013). Beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan pH adalah adanya proses aerasi yang dilakukan secara terus menerus akan menghasilkan CO<sub>2</sub> amonia, kandungan bahan organik menjadi bersifat asam dan terjadi pengurangan ion H<sup>+</sup> dalam air sehingga terjadi peningkatan pH.

e. Ammonia (NH<sub>3</sub>)

Ammonia (NH<sub>3</sub>) adalah gas dengan karakteristik tidak berwarna dan berbau yang merangsang. Ammonia (NH<sub>3</sub>) dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan korosi, serta mendorong pertumbuhan mikroorganisme dan menghambat proses desinfeksi klorin. Dalam larutan atau perairan ammonia (NH<sub>3</sub>) dapat berupa senyawa ion ammonium atau ammonia (B & Mallongi, 2018). Kandungan ammonia pada air akan menjadi sangat toksik bagi organisme akuatik terutama ikan karena kandungan NH<sub>3</sub> bebas yang tinggi di perairan dapat menyebabkan kerusakan insang pada ikan. Selain itu, konsentrasi NH<sub>3</sub> bebas yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi ammonia dalam darah dan jaringan tubuh ikan sehingga melemahkan kemampuan darah untuk mengikat oksigen dan menghambat stabilitas membrane sel. Kandungan amoniak yang optimal bagi kehidupan ikan air tawar berada dibawah 1 ppm. Ketika kandungan ammonia dalam air diatas 1,5 ppm akan menyebabkan pencemaran di perairan. Laju pertumbuhan dan reproduksi pada ikan akan terhambat dan menyebabkan kematian pada ikan jika kadar ammonia dalam air dalam kondisi tinggi (Tatangindatu et al., 2013).

f. PO<sub>4</sub>

Senyawa fosfat (PO<sub>4</sub>) merupakan zat kimia yang dapat menurunkan kualitas air. Dalam perairan fosfat berbentuk ortofosfat. Fosfat yang terkandung di badan air berasal dari aktivitas manusia seperti kotoran manusia dan hewan, air sisa sabun dan deterjen yang dibuang ke badan air. Unsur tersebut ada dalam bentuk fosfat (PO<sub>4</sub>). Dengan jumlah tertentu fosfat mengandung banyak nutrisi yang berguna bagi makhluk hidup yang tinggal di perairan. Pada badan air fosfat berguna sebagai bahan untuk kegiatan fotosintesis oleh fitoplankton. Disamping itu, kandungan fosfat yang berlebihan akan menimbulkan pencemaran pada badan air dan berujung kematian bagi makhluk hidup tersebut. Kandungan fosfat yang lebih dari 0,3 µm akan menyebabkan percepatan pertumbuhan fitoplankton dan alga sehingga sinar matahari akan terhalang masuk ke perairan. Air limbah yang mengandung lebih banyak bakteri berpengaruh pada perubahan polifosfat menjadi ortofosfat akan menjadi lebih cepat jika dibandingkan pada air bersih. Batas optimum fosfat untuk pertumbuhan plankton adalah 0,27 – 5,51 mg/liter (Ngibad, 2019).

g. Logam-logam berat dan beracun

Logam berat pada umumnya adalah metal-metal seperti copper, selter pada cadmium, air raksa, lead, chromium, iron dan nikel. Metal lain yang juga termasuk metal berat adalah arsen, selenium, cobalt, mangan, dan aluminium. Logam-logam ini dalam konsentrasi tertentu membahayakan bagi manusia.

3. Karakteristik biologi

Sifat biologi dari limbah cair terdiri atas bakteri dan mikroorganisme. Di dalam air terdapat berbagai jenis mikroorganisme seperti candawan, alga, bakteri, protozoa, dan virus, yang memanfaatkan bahan organik yang ada dalam limbah sebagai media untuk pertumbuhannya (Kencanawati, 2016).

Limbah cair rumah sakit dihasilkan dari seluruh proses kegiatan rumah sakit seperti limbah domestik yang berasal dari air buangan kamar

mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian; limbah cair klinis berasal dari operasional klinis suatu rumah sakit seperti air bekas cucian luka, cucian darah dll (Said, 2006). Berbagai bahan organik, limbah B3, radioaktif, bahkan mikroba dan bakteri terkandung dalam limbah cair rumah sakit dalam jumlah yang banyak (B & Mallongi, 2018). Limbah domestik dan limbah klinis yang berasal dari kegiatan operasional rumah sakit pada umumnya mengandung bahan pencemar organik dan anorganik dalam jumlah yang banyak seperti BOD, COD, TSS, PO<sub>4</sub>, pH, temperatur, dan NH<sub>3</sub> bebas atau amoniak (Kerubun, 2014). Limbah cair yang berasal dari laboratorium mengandung logam berat dan bahan kimia berbahaya yang bersifat racun sehingga harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Silfiyah, 2016).

Unsur organik seperti karbohidrat, lemak, urin, dan protein juga terkandung dalam limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan operasional rumah sakit. Selain itu, deterjen yang digunakan pada bagian laundry dan cairan pembersih di setiap ruangan rumah sakit banyak mengandung senyawa fosfat berupa orthophospat, poliphospat, dan fosfor dalam senyawa organik. Bahan anorganik yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit berupa logam berat dari cairan obat dan cairan medis. Limbah cair rumah sakit pada umumnya memiliki karakteristik berdasarkan kandungannya yang berupa deterjen, zat anorganik, kimia organik, klor, mikroorganisme patogen, dan sebagainya (Silfiyah, 2016).

Karakteristik limbah cair rumah sakit menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 58 Tahun 1995 dibagi menjadi 3 yaitu karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Bau, warna, suhu, padatan terlarut dan tersuspensi merupakan karakteristik fisika dalam limbah cair rumah sakit. Sedangkan karakteristik kimia pada limbah cair rumah sakit mengandung logam berat seperti Zn, Pb, Cr, Cu, Cd, Fe, Mn, Ba, Cr<sup>6+</sup>, Hg, Sn, Ni, Co, As, Se, dan logam lainnya, zat beracun, pH, COD, TSS, BOD, amoniak bebas, fosfat, dan fenol. Mikroorganisme patogen dan bakteri E.coli dan coliform termasuk dalam karakteristik biologi limbah cair rumah sakit (KEPMEN LH, 1995)

## 2.7. Dampak Pencemaran Limbah Rumah Sakit

Salah satu penyebab pencemaran lingkungan adalah limbah cair rumah sakit yang tidak dikelola dengan baik sehingga dapat mengganggu kelangsungan hidup makhluk yang disekitarnya dan mengganggu estetika. Selain itu limbah cair juga mengandung bakteri dan kuman yang dapat menimbulkan penyakit bagi manusia. Bahan pencemar berbahaya dan beracun juga terkandung dalam limbah cair rumah sakit yang berbahaya jika terpapar dengan makhluk hidup disekitarnya. Limbah cair yang tidak dikelola terkadang juga dapat menjadi sarang vector penyakit (misalnya nyamuk, lalat, kecoa dan lain-lain). Selain bahaya yang disebabkan oleh mikroba dalam air limbah, bahan berbahaya yang terkandung dalam air limbah yang tidak diolah dengan baik juga dapat menyebabkan kematian akibat keracunan logam berat jika dikonsumsi manusia (B & Mallongi, 2018).

Gangguan akibat limbah cair rumah sakit seperti pencemaran air, tanah dan udara dapat menjadi media penyebaran penyakit bagi masyarakat, pasien, maupun petugas. Agent-agent yang ditimbulkan dari limbah cair dapat memberikan dampak yang besar terhadap manusia (Situmorang, 2019). Air limbah pada adakalanya mengandung pigmen warna yang dapat menimbulkan perunahan warna pada badan air penerima sehingga dapat mengganggu estetika atau keindahan. Selain mengganggu estetika terkadang air limbah juga mengandung bahan-bahan yang apabila terurai menghasilkan bau tidak sedap sehingga menyebabkan ketidaknyamanan bagi masyarakat sekitar (B & Mallongi, 2018).

Kadar BOD dan COD yang tinggi dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut di dalam air, yang dapat menyebabkan kematian organisme akuatik. Kadar fosfat yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroalga di perairan terbuka. Beberapa spesies mikroalga memiliki kelompok yang menghasilkan racun bagi ikan dan kehidupan air yang menutupi permukaan air, mengurangi sinar matahari dan emisi oksigen terlarut di dalam air (Kerubun, 2014).

## **2.8. Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan sistem pengolahan air limbah yang direncanakan menurut karakteristik dan kandungan yang ada dalam limbah cair yang dihasilkan dari beberapa sumber kegiatan (Mahera, 2019). Proses-proses pada IPAL seringkali berupa tangka ekualisasi, clarifier, aerasi, anaerobic, pengumpul minyak, dan pengendapan (Sihombing, 2021).

IPAL bertujuan untuk meningkatkan kualitas air limbah dengan cara mengolah air limbah sampai memenuhi baku mutu yang ditentukan sehingga pada saat air limbah dibuang ke badan air penerima tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan bagi pengunjung terutama petugas limbah dan masyarakat sekitar rumah sakit yang beresiko terkontaminasi limbah cair medis yang dihasilkan rumah sakit. Pembangunan instalasi pengolahan air limbah membutuhkan lahan yang luasnya ditentukan berdasarkan beberapa faktor seperti pemilihan alternatif pengolahan, karakteristik limbah, dan volume limbah yang dihasilkan (Mahera, 2019).

Biaya pembangunan instalasi pengolahan air limbah membutuhkan biaya yang tidak murah dikarenakan bangunan pengolahan ada yang terbuat dari semen, terbuat dari besi, atau terbuat dari plastic fiber. Selain biaya pembangunana yang cukup mahal, instalasi pengolahan air limbah memerlukan perawatan rutin agar dapat beroperasi secara optimal. Instalasi pengolahan air limbah yang tidak melakukan perawatan secara rutin akan mengakibatkan kerusakan pada unit pengolahan sehingga hasil dari pengolahan tidak optimal. Pengecekan fungsi setiap komponen dan perbaikan alat dan bangunan perlu dilakukan secara berkala (Mahera, 2019).

Pengolahan limbah cair pada proses produksi bertujuan untuk mengurangi residu yang terdapat dalam air limbah serta untuk mengurangi konsentrasi dan toksisitas dari bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah. Setelah proses produksi akan dilakukan pengurangan bahan pengotor yang terkandung dalam air limbah sehingga limbah cair memenuhi syarat pembuangan (Mahera, 2019).

## 2.9. Toksikologi

Toksikologi merupakan ilmu yang memperdalam tentang dampak limbah tercemar yang dibuang ke perairan terhadap organisme yang hidup didalamnya sehingga dapat mengetahui tingkat racun yang masuk akibat dari zat kimia kedalam tubuh serta bagian organ yang mudah terpengaruh adanya perubahan lingkungan terdiri dari faktor pendukung lainnya seperti jenis toksikan, lama waktu pemaparan dan frekuensinya, konsentrasi, kondisi lingkungan serta biota uji yang akan digunakan (USEPA, 2002). Ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang kinerja senyawa kimia yang merugikan makhluk hidup disebut dengan Toksikologi. Toksikologi merupakan salah satu bagian dari farmakologi yang diartikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang interaksi antara senyawa kimia dengan organisme hidup (Yulianto & Amalloyah, 2017).

Toksisitas adalah suatu zat kimia yang bersifat sifat relatif terhadap makhluk hidup secara langsung maupun tidak langsung dan mungkin diperlukan maupun tidak diperlukan. Toksisitas modern adalah ilmu multidisipliner karena mempelajari ilmu tersebut memerlukan ilmu lain untuk mempelajari aksi dari suatu zat kimia yang dapat menyebabkan racun karena interaksi antara zat kimia dan mekanisme Biologi (Yulianto & Amalloyah, 2017). Untuk mengetahui sifat akut pada limbah terhadap biota disebut dengan uji toksisitas. Uji toksisitas bertujuan untuk mengetahui tingkat bahaya yang disebabkan oleh zat beracun yang terkandung pada limbah terhadap biota uji dengan cara melakukan analisis obyektif resiko yang disebabkan kandungan racun zat kimia pada lingkungan.

Toksisitas tergantung pada jenis biota uji yang digunakan, pada suatu kawasan tertentu perkembangan satu pencemar tidak sama pada Kawasan lain meskipun kadar pencemar itu sama. Adapun faktor yang mempengaruhi toksisitas suatu zat, diantaranya Jenis racun, Dosis, Cara masuk kedalam tubuh, Stabilitas racun dalam tubuh, Resapan racun dalam tubuh, dan Kondisi tubuh (Dewata & Danhas, 2021). Adapun tingkatan uji toksisitas sebagai berikut :

## 1. Toksisitas Akut

Uji toksisitas akut adalah uji yang dirancang dan dilakukan kepada biota uji untuk mengevaluasi tingkat toksisitas relatif dari suatu bahan kimia terhadap biota akuatik tertentu dalam suatu pemaparan jangka pendek terhadap berbagai konsentrasi bahan kimia uji. Uji toksisitas akut bertujuan untuk menentukan tingkat ketoksikan akut dari bahan kimia uji dan untuk mengetahui gejala yang akan timbul pada biota uji. Kriteria gejala pada biota uji yang paling umum digunakan sebagai acuan adalah pertumbuhan pada alga, ketiadaan gerakan atau immobility dan kehilangan keseimbangan pada avertebrata, dan kematian pada ikan (Zai, 2019). Jangka waktu pemaparan untuk uji toksisitas akut telah ditentukan untuk memperkirakan LD<sub>50</sub> 24 jam atau LC<sub>50</sub> 96 jam (Pratiwi, 2014).

### a. LD<sub>50</sub>

Lethal Dose 50 atau bisa disebut dengan LD<sub>50</sub> adalah dosis tertentu dari bahan kimia uji yang dinyatakan dalam miligram berat bahan uji per kilogram berat badan biota uji yang menunjukkan 50 % respon kematian terhadap jumlah populasi biota uji dalam rentang waktu 24 jam. Untuk mengetahui tingkat toksisitas bahan dikenal dengan LD<sub>50</sub>. Rendahnya nilai LD<sub>50</sub> pada suatu toksikan akan semakin berbahaya bagi tubuh. Adapun klasifikasi toksisitas untuk LD<sub>50</sub>.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Toksisitas LD<sub>50</sub>

Klasifikasi	LD <sub>50</sub>	Tingkat
Sangat toksik	≤ 1 mg/kg	1
Toksik	1-50 mg	2
Toksik sedang	50-500 mg	3
Toksik ringan	500-5000 mg	4
Praktis tidak toksik	5-15 g	5
Relative tidak membahayakan	≥ 15 g	6

Sumber :(Yulianto & Amalloyah, 2017)



## b. LC<sub>50</sub>

Lethal Concentration 50% atau bisa disebut dengan LC<sub>50</sub> yaitu suatu nilai yang menunjukkan konsentrasi zat toksik yang dapat mengakibatkan kematian organisme uji sampai 50%. Nilai kematian 50% per hari ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi antara log konsentrasi dan mortalitas (%) (Silfiyah, 2016). Pada penelitian ini digunakan biota uji yang hidup di lingkungan perairan seperti ikan, kutu air, atau tumbuhan air karena uji ini bertujuan untuk mengetahui reaksi pada biota uji akibat perubahan fisik yang terjadi di perairan serta terhadap bahan kimia uji yang mencemari dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Untuk mengetahui tingkat toksisitas bahan kimia uji dikenal dengan LC<sub>50</sub>. Semakin rendah nilai LC<sub>50</sub> dari bahan kimia uji, maka semakin berbahaya bagi tubuh apabila terpapar (Yulianto & Amalloyah, 2017). Adapun klasifikasi toksisitas terhadap organisme perairan .

Tabel 2. 4 Klasifikasi Toksisitas LC<sub>50</sub>

Tingkat	Nilai (mg/L)	Klasifikasi
I	≤ 0,05 mg/L	Bahaya
II	> 0,05 mg/L ≤ 0,5 mg/L	Peringatan
III	> 0,5 mg/L ≤ 2,0 mg/L	Awas
IV	> 2 mg/L	Dapat dikatakan tidak membahayakan

Sumber : (USEPA, 2004)

## 2. Toksisitas Subkronik

Toksisitas subkronik adalah uji pemaparan bahan kimia uji dengan jangka waktu sedang biasanya sekitar satu hingga beberapa bulan dan dilakukan pada periode kurang dari satu siklus. Manfaat uji toksisitas subkronik dalam toksikologi perairan dapat dilakukan sebagai uji telur larva, uji stadia awal, uji embryo atau uji stadia usiakritis. Uji toksisitas subkronik bertujuan untuk mengevaluasi dan menggolongkan berbagai respon pada hewan uji apabila terpapar suatu konsentrasi bahan kimia uji secara berulang-ulang (Pratiwi, 2014).

### 3. Toksisitas Kronik

Toksisitas kronik adalah uji toksikologi suatu zat buangan dengan cara pemaparan terhadap biota uji dan diberikan konsentrasi rendah dari suatu zat buangan berupa paparan yang diberikan secara kontinu atau secara berkala dalam suatu periode waktu yang panjang. Uji toksisitas kronik bertujuan untuk mengevaluasi efek buruk yang timbul pada biota uji dan bahaya dari bahan kimia uji tersebut (Pratiwi, 2014).

#### 2.10. Biota Uji

Biota uji adalah hewan atau tumbuhan yang sengaja dipelihara untuk tujuan penelitian dimana data yang dibutuhkan akan dikumpulkan dan dianalisis (Karimah, 2021). Organisme yang akan digunakan sebagai biota uji harus dalam keadaan sehat, berperilaku normal, makan dengan normal, dan memiliki sensitifitas rendah. Kesehatan biota uji dievaluasi berdasarkan kinerja kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan reproduksi (USEPA, 2002). Selain itu, biota uji yang digunakan harus tersedia, mudah dirawat, dapat dibiakkan dan dibudidayakan dengan baik di peternakan atau di laboratorium (OECD, 2019).



Gambar 2. 1 Ikan Zebra (*Danio rerio*)

Sumber : (Pritchard, 2001)

Dalam penelitian ini, biota uji yang digunakan adalah ikan zebra (*Danio rerio*). Ikan zebra (*Danio rerio*) adalah ikan air tawar tropis, penghuni sungai (terutama Gangga) di wilayah Himalaya Asia Selatan terutama India, Nepal, Bhutan, Pakistan, Bangladesh, dan Myanmar (Khan & Alhewairini, 2018). Ikan Zebra (*Danio rerio*) adalah ikan bertulang (*teleost*) yang termasuk dalam keluarga *cyprinid* yang mempunyai ukuran

tubuh kecil yang panjangnya kurang dari 120mm. Ikan zebra (*Danio rerio*) mempunyai panjang hingga 40 mm (dari ujung mulut hingga pangkal ekor) dengan warna yang mencolok dan mempunyai hingga lima garis membujur di sisi tubuh bergantian dengan garis putih yang memanjang sampai pangkal ekor (Pritchard, 2001). Bentuk tubuh ikan zebra pipih dengan perut sedikit membulat. Ikan zebra (*Danio rerio*) memiliki mulut mengarah ke atas dengan rahang bawah lebih menonjol dari rahang atas. Bentuk tubuh ikan zebra jantan lebih kurus dari betinanya. Ikan zebra memiliki semua indra yakni perasa, sentuhan, penciuman, keseimbangan, penglihatan, dan pendengaran. Ikan zebra memiliki gurat sisi yang berfungsi sebagai organ penyensor gerakan. Indra penciuman ikan zebra berfungsi sebagai sensor tanda akan adanya bahaya dan sebagai isyarat kekerabatan (Spence et al., 2008).

Menurut (Simanjuntak, 2018), tingkat kedudukan taksonomi Ikan zebra (*Danio rerio*) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*  
Phyllum : *Chordata*  
Sub-Phyllum : *Vertebrata*  
Superclass : *Pisces*  
Class : *Acrinopterygii*  
Ordo : *Cypriniformes*  
Family : *Crypnidae*  
Genus : *Danio*  
Spesies : *Danio rerio*

Ikan zebra (*Danio rerio*) merupakan salah satu ikan yang direkomendasikan oleh OECD Guidelines for the Testing of Chemicals dan telah banyak digunakan di beberapa daerah penelitian di seluruh dunia (OECD, 2019). Penggunaan Ikan zebra (*Danio rerio*) memiliki kelebihan seperti perkembangan yang cepat, mudah dipelihara, mudah diperoleh, biaya perawatan yang rendah, fertilisasi eksternal, kesuburan tinggi dan embrio transparan. Selain memungkinkan, pengujian toksikologi menjadi lebih tepat dan memiliki gen dengan kesamaan 70% dengan manusia (Alves



### 2.12. *Range Finding Test*

*Range finding test* memiliki tujuan untuk mencari konsentrasi pencemar yang toleran terhadap mikroorganisme uji menentukan batas bawah dan batas atas dari konsentrasi yang akan digunakan untuk uji toksisitas akut (Berlianto et al., 2018). Menurut (OECD, 2019), kriteria konsentrasi batas bawah ditentukan berdasarkan konsentrasi maksimum yang menghasilkan kematian 0% pada tahap *Range finding test*. Sedangkan kriteria ambang atas ditentukan berdasarkan konsentrasi minimum yang menghasilkan kematian 100% pada tahap *Range finding test*. *Range finding test* dilakukan dengan memaparkan toksikan selama 96 jam kemudian dianalisis pH, suhu, dan DO setiap hari untuk mengamati apakah biota uji mati disebabkan oleh zat kimia atau ke tiga parameter tersebut. Jumlah konsentrasi yang digunakan minimal harus berjumlah 5 konsentrasi dengan rentang variasi mengikuti deret geometri (OECD, 2019). Apabila pada semua konsentrasi menghasilkan mortalitas 0% atau 100% maka *range finding test* gagal dan harus dilakukan pengulangan dengan menggunakan konsentrasi yang berbeda.

### 2.13. **Integrasi Keislaman**

Persoalan lingkungan hidup saat ini telah menjadi persoalan global yang bersifat universal. Faktor yang mempengaruhi terjadinya persoalan lingkungan dibagi menjadi dua, yaitu terjadi karena peristiwa alam dan karena ulah dan perbuatan manusia. Kerusakan lingkungan Sebagian besar disebabkan oleh ulah manusia karena manusia berperan penting bagi lingkungan. Oleh sebab itu, pemahaman tentang lingkungan dan dampak yang ditimbulkan kerusakan lingkungan harus ditingkatkan dengan tujuan untuk meningkatkan kesadaran manusia dalam menjaga lingkungan. Sehingga manusia juga perlu mengetahui pengkajian tentang ayat-ayat al-Qur'an

Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 11-12 berfirman:

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ (11) أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلَكِنْ لَا يَشْعُرُونَ (12)



No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
			dengan kondisi yang tidak diolah akan mengakibatkan kerusakan pada ekosisten perairan.
2	(Sari, 2022)	Uji Toksisitas Akut Pestisida Dan Krom (Cr) Terhadap Ikan Nila ( <i>Oreo sp</i> )	Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan nilai uji toksisitas dari perhitungan regresi probit sebesar 2334,785 ppm untuk nilai LC <sub>50</sub> pestisida dan 1977,088 ppm untuk nilai LC <sub>50</sub> pada Krom.
3	(Rachmah, 2020)	Uji Toksisitas Akut Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Dan Timbal (Pb) Terhadap Ikan Mas ( <i>Cyprinus Carpio L.</i> )	Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan nilai toksisitas akut sebesar 0,313 mg/L. Nilai tersebut tersebut berada pada tingkat II dan termasuk ke dalam tanda peringatan bahaya menurut klasifikasi toksisitas LC <sub>50</sub> .
4	(Putra et al., 2016)	Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Rumah Makan Terhadap Ikan Mas ( <i>Cyprinus Carpio L.</i> )	Hasil pengujian kualitas air terhadap limbah cair yang dihasilkan suatu rumah makan di Kota Pontianak didapatkan nilai BOD sebesar 692,48 mg/l, TSS sebesar 1700 mg/l, Minyak lemak sebesar 46 mg/l, dengan suhu 25,8 oC dan pH 7,03. Berdasarkan perhitungan dengan metode probit didapatkan nilai konsentrasi LC <sub>50</sub> limbah cair rumah makan terhadap ikan mas ( <i>Cyprinus carpio L.</i> ) sebesar 0,614%.

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
5	(Ihsan et al., 2018)	Uji Toksisitas Akut Dalam Penentuan LC <sub>50</sub> -96H Insektisida Klorpirifos Terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat	Nilai LC <sub>50</sub> dengan waktu pemaparan selama 96 jam insektisida klorpirifos terhadap ikan mas dan ikan nila dengan menggunakan metode probit berturut-turut sebesar 0,03 mg/l dan 0,08 mg/ l. Nilai LC <sub>50</sub> insektisida klorpirifos terhadap kedua ikan tersebut termasuk dalam kategori sangat toksik.
6	(Tyas et al., 2016)	Uji Toksisitas Letal Cr <sup>6+</sup> Terhadap Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Nilai toksisitas LC <sub>50</sub> Cr <sup>6+</sup> pada ikan nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> ), sebesar 61,2 ppm. Nilai tersebut termasuk dalam kategori toksisitas sedang.
7	(Silfiah, 2016)	Uji Toksisitas Akut (LC <sub>50</sub> -96jam) Limbah Cair Rumah Sakit Terhadap Kepadatan <i>Chorella vulgaris</i> pada Bak-Bak Percobaan	Dari hasil Analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penurunan kepadatan <i>Chorella vulgaris</i> disebabkan oleh tingginya konsentrasi dan lama waktu pemaparan. Nilai LC <sub>50</sub> dengan waktu pemaparan 96 jam dari limbah cair rumah sakit terhadap <i>Chorella vulgaris</i> sebesar 13,35 ml/L.
8	(Zai, 2019)	Uji Toksisitas Akut (LC <sub>50</sub> -96jam) Insektisida Klorpirifos Terhadap Ikan Lele ( <i>Clarias sp.</i> )	Didapatkan nilai LC <sub>50</sub> dengan waktu pemaparan 96 jam insektisida klorpirifos terhadap Ikan Lele ( <i>Clarias sp.</i> ) sebesar 1,119 ppm. Ikan lele menunjukkan perilaku seperti



No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
			sekresi lendir yang berlebihan, perubahan wana pada ikan, perubahan gerakan abnormal pada ikan dan mempercepat gerakan opercula.
9	(Leuwol et al., 2019)	Uji Toksisitas Akut Insektisida Karbamat Terhadap Ikan Mas, <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Nilai toksisitas akut LC <sub>50</sub> - dengan waktu pemaparan 96 jam insektisida karbamat dengan bahan aktif karbosulfan pada ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> ) sebesar 1,68 mg/L. Nilai toksisitas Insektisida dapat dikategorikan sebagai toksikan dengan daya racun yang tinggi.
10	(Ihsan et al., 2017)	Analisis Lc 50 Logam Pb, Co Dan Cr Terhadap Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio. L</i> ) Pada Limbah Cair Industri Percetakan Kota Padang	Nilai LC <sub>50</sub> logam Pb, Cr dan Co pada limbah cair percetakan PT. X Kota Padang berturut-turut sebesar 0,38 mg/l, 1,02 mg/l dan 1,15 mg/l dengan nilai r korelasi sebesar 0,97 yang berarti korelasi dinyatakan sangat kuat.
11	(Genchi et al., 2020)	The effects of cadmium toxicity	Paparan Cd terhadap manusia mampu menginduksi perubahan epigenetic pada sel mamalia. Cd dapat menyebabkan resiko patogenik melalui mekanisme epigenetic. Paparan kronis Cd pada manusia dapat dikaitkan dengan karsinogenik terutama paru-paru, payudara, ginjal, dan sistem hematopik. Cd dapat

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
			meningkatkan produksi ROS yang mengakibatkan kerusakan oksidatif pada berbagai molekul seperti asam nukleat, enzim, dan fosfolipid membrane.
12	(Khan & Alhewairini, 2018)	Zebrafish ( <i>Danio rerio</i> ) as a Model Organism	Ikan zebra ( <i>Danio rerio</i> ) adalah hewan model yang sangat direkomendasikan karena dapat digunakan untuk memodelkan fungsi gen, pengembangan berbagai sistem organ, studi kanker, toksikologi, penemuan obat karena biaya rendah dan pemeliharaan yang mudah, embrio transparan, mudah dimanipulasi, dan kesuburan tinggi.
13	(Alves et al., 2022)	How much are metals for next-generation clean technologies harmful to aquatic animal health? A study with cobalt and nickel effects in zebrafish ( <i>Danio rerio</i> )	Penelitian ini menunjukkan bahwa Co dan Ni menginduksi efek toksik pada embrio dan larva ikan zebra. Kedua logam tersebut menghambat proses penetasan dalam pola yang bergantung pada konsentrasi. Ni dan Co menyebabkan perubahan detak jantung dan malformasi pada pericardium, kantung kuning telur, dan kantung renang ikan zebra yang terpapar. Perubahan morfologi yang paling sering adalah deformitas kantung renang

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
			ikan, dan mempengaruhi sistem endokrin ikan.
14	(Damasceno et al., 2022)	Effects of trabectedin in the zebrafish ( <i>Danio rerio</i> ) from cells to larvae	Penelitian ini mengungkapkan agen anti kanker trabectedin adalah obat yang sangat beracun dan dapat mempengaruhi ikan zebra sama seperti sel tumor. Trabectedin menginduksi kelainan morfologis pada embriolarva ikan zebra seperti malformasi ekor, edema pericardial dan kurangnya keseimbangan pada konsentrasi yang lebih rendah dari 50,3 pg.L. Trabectedin meningkatkan kecepatan dan jarak total yang ditempuh oleh ikan zebra pada 42,7 pg.L dalam kondisi gelap.
15	(Mohan Prakash et al., 2020)	Dataset of Swimming behavioral alterations in <i>Danio rerio</i> by <i>Nemopilema nomurai</i> jellyfish venom	Racun ubur-ubur <i>Nemopilema nomurai</i> (NnV) dapat menyebabkan neurotoksisitas pada ikan zebra ( <i>Danio rerio</i> ). Pada dosis lebih dari 20 g/g mengakibatkan kematian pada beberapa ikan. Pada dosis 100-500 g/g ikan menunjukkan perilaku lokomotor yang buruk bahkan sudah tidak dapat bergerak. Sedangkan pada dosis 900 g/g menyebabkan 100% kematian ikan.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian uji toksisitas ini adalah penelitian eksperimental. Pada penelitian ini biota uji yang digunakan adalah ikan zebra (*Danio rerio*). Perlakuan pada biota uji diawali dengan proses aklimatisasi dengan rentang waktu 7 hari. Jumlah konsentrasi yang digunakan dalam *range finding test* dan uji toksisitas akut minimal harus berjumlah 5 konsentrasi dengan rentang variasi yang sama atau mengikuti deret geometri (OECD, 2019). Setelah dilakukan aklimatisasi kemudian dilakukan tahap *range finding test* selama 96 jam dengan paparan konsentrasi 0%, 15, 30%, 45%, 60%, 75%, dan 90%.

Berdasarkan hasil yang didapat pada *range finding test* dapat dilakukan tahap *acute toxicity test*. Pemilihan konsentrasi pada uji toksisitas akut diambil berdasarkan hasil *range finding test* yang menunjukkan ambang atas dan ambang bawah. Ambang bawah adalah konsentrasi maksimal yang menghasilkan 0% mortalitas sedangkan ambang atas adalah konsentrasi minimal yang menghasilkan 100% mortalitas. Pada tahap *acute toxicity test* perlakuan pada ikan sama dengan pada saat tahap *range finding test* hanya saja konsentrasi yang digunakan adalah 0% (kontrol), 35%, 40%, 45%, 50%, dan 55%. Akan dilakukan pengecekan suhu, pH, DO, dan mortalitas ikan setiap harinya. Perhitungan nilai  $LC_{50}$  dilakukan dengan menggunakan metode analisa probit dengan *software* IBM SPSS.

#### **3.2 Waktu Penelitian**

Pelaksanaan seluruh penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, dimulai dari bulan Januari 2023 hingga April 2023. Selama rentang waktu tersebut, dilakukan pengambilan sampel air limbah Rumah Sakit X, Aklimatisasi ikan, Uji pendahuluan, Uji toksisitas, Analisa dan pengolahan data.

#### **3.3 Lokasi Penelitian**

Pengambilan biota uji atau ikan zebra (*Danio rerio*) yang berada di Jl. Raya Mastrip, Kedurus, Karangpilang, Surabaya. Penelitian akan

dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan Kampus 2 UIN Sunan Ampel Surabaya yang terletak di Kelurahan Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya. Sedangkan lokasi pengambilan sampel air limbah di Rumah Sakit X.

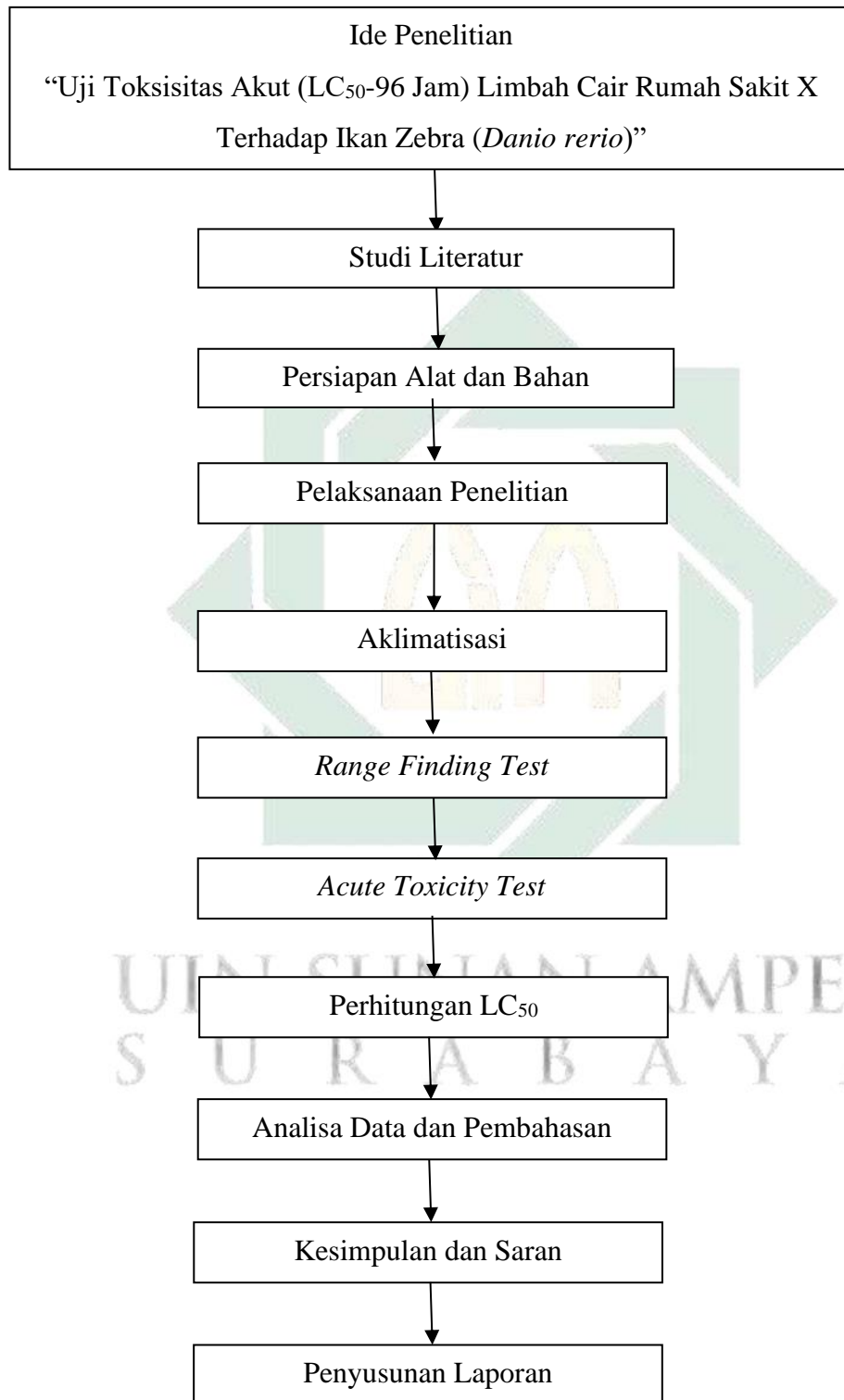
### 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Uji Toksisitas
  - a. Aquarium dengan ukuran 25 cm x 25 cm x 20 cm
  - b. Aerator
  - c. Gelas beaker
  - d. Penggaris
  - e. Neraca analitik
  - f. Limbah cair
  - g. Ikan zebra (*Danio rerio*) yang telah divalidasi berdasarkan (Pritchard, 2001).
    - Sampel panjang ikan 1-2 cm (OECD, 2019)
    - Setiap reactor berisi 10 ekor ikan
2. Pengukuran Suhu
  - a. Sampel air
  - b. Termometer
3. Pengukuran pH
  - a. Sampel air
  - b. pH meter
4. Pengukuran Oksigen Terlarut
  - a. Sampel air
  - b. DO meter

### 3.5 Tahapan Penelitian

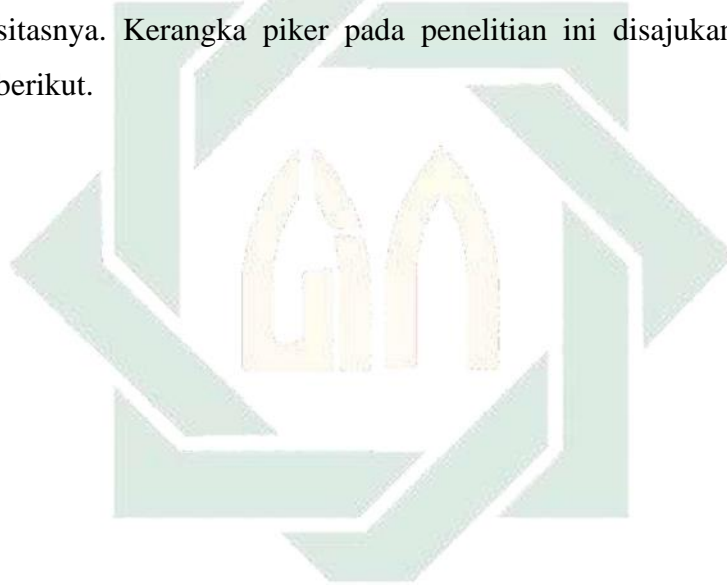
Berikut merupakan tahapan penelitian dijelaskan pada Gambar 3.1 di bawah.



Gambar 3. 1 Tahapan penelitian  
Sumber : (Hasil Analisis, 2022)

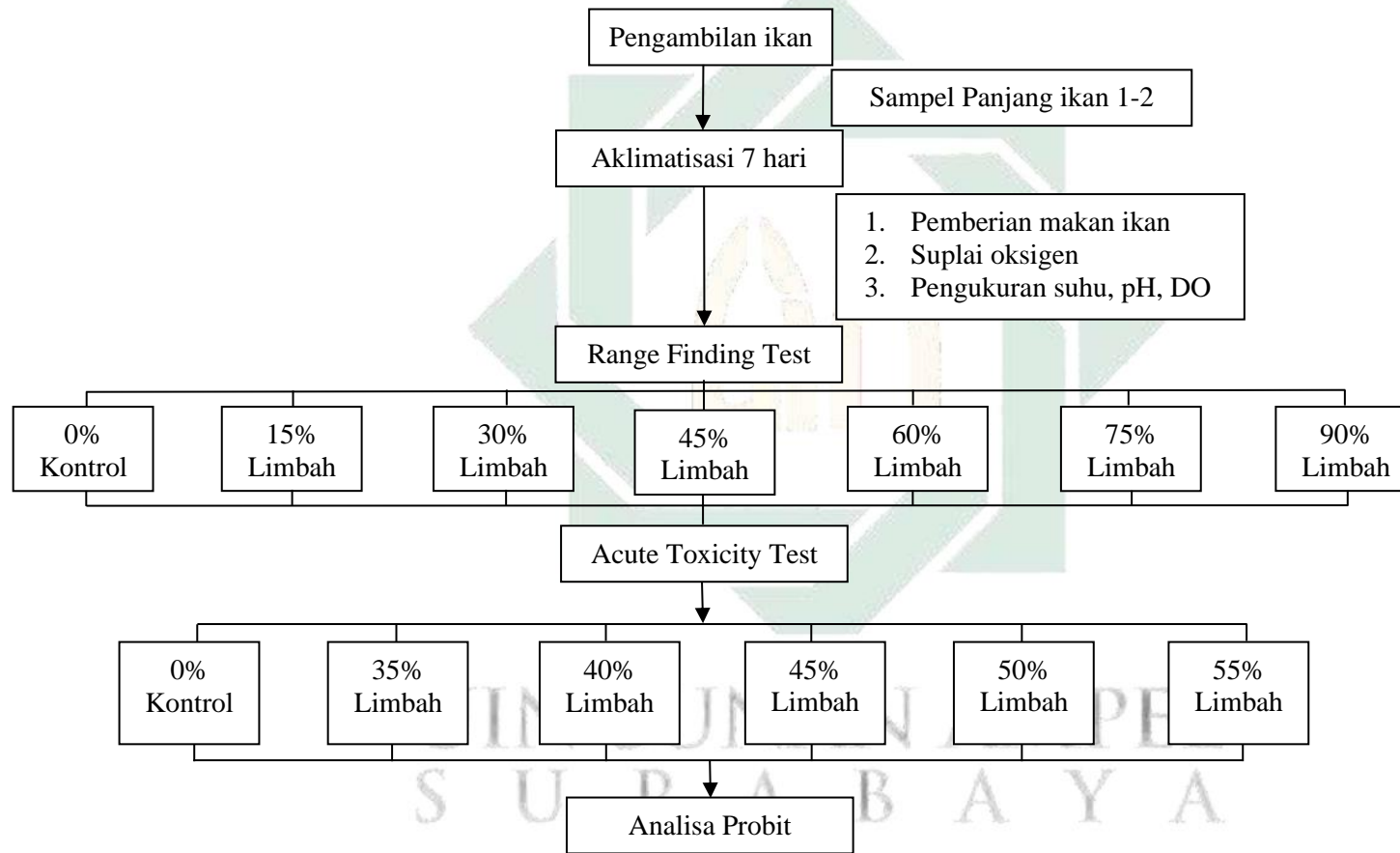
### 3.6 Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan konsep yang digunakan pada suatu penelitian yang saling berhubungan, penggambaran variabel satu dengan lainnya bisa terhubung secara sistematis dan detail. Bahasan dari penelitian tentang tingkat bahaya limbah cair Rumah Sakit X yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan baik. Kemudian didapat kan judul “Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub>-96 Jam) Limbah Cair Rumah Sakit X Terhadap Ikan Zebra (*Danio rerio*)” untuk menghitung nilai LC<sub>50</sub> sehingga dapat diketahui tingkat toksisitasnya. Kerangka pikir pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 3.2. berikut.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A





Gambar 3. 2 Kerangka pikir penelitian

Sumber: (Hasil Analisis, 2022)

### 3.7 Langkah Kerja Penelitian

#### 1. Penentuan Lokasi dan Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair berada di Rumah Sakit X. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan dengan menggunakan metode yang mengacu mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah, Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel limbah cair dari limbah cair Rumah Sakit X menggunakan metode grab sample yang berarti sampel limbah cair diambil sesaat pada lokasi tertentu.

Lokasi pengambilan biota uji atau ikan zebra (*Danio rerio*) berada di Jl. Raya Mastrip, Kedurus, Karangpilang, Surabaya. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode purposive sampling yang berarti proses pengambilan sampel dengan kriteria tertentu. Kriteria tersebut ialah sampel ikan zebra dengan panjang 1-2 cm (OECD, 2019).

#### 2. Aklimatisasi

Aklimatisasi biota uji bertujuan untuk menyesuaikan kondisi biotan uji dengan kondisi lingkungan laboratorium secara bertahap dari 100% air pemeliharaan ke 100% air uji (Ihsan et al., 2018). Sebelum dilakukan aklimatisasi, biota uji harus didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam untuk menghindari biota uji stress. Kemudian ikan harus segera diaklimatisasi selama 7 hari dalam air yang mirip dengan air yang akan digunakan sebagai pengujian. Pada tahap aklimatisasi kondisi air harus sesuai dengan biota uji yang digunakan. Menurut (OECD, 2019), kondisi air yang optimum untuk pemeliharaan ikan zebra yaitu suhu berkisar antara 21-25°C dengan pH 6-8,5 dan pencahayaan 12-16 jam. Pemberian makan pada tahap aklimatisasi sebanyak tiga kali seminggu atau setiap hari sampai 24-28 jam sebelum paparan dimulai. Pakan dapat diberikan secukupnya karena kelebihan pakan dan feses akan menimbulkan limbah (OECD, 2019).

Menurut (OECD, 2019) pengamatan kelayakan ikan pada tahap aklimatisasi sebagai berikut :



c. Volume total air yang digunakan pada setiap reaktor sebanyak 3.375 ml berdasarkan berat ikan dengan perbandingan 0.8 gram ikan/1 liter air (OECD, 2019). Berikut perhitungan yang digunakan :

- Berat sampel ikan = 0,27 gr

- Kebutuhan air per ekor ikan =  $\frac{0,8 \text{ gr}}{1 \text{ liter}} = \frac{0,27 \text{ gr}}{x}$

$$x = \frac{0,27 \text{ gr}}{0,8 \text{ gr}}$$

$$x = 0,3375 \text{ liter}$$

$$x = 337,5 \text{ ml}$$

- Volume total air tiap reactor = 0,3375 liter x 10 ekor  
= 3,375 liter  
= 3.375 ml

- d. Tiap reaktor diisi dengan biota uji sebanyak 10 ekor (OECD, 2019).
- e. Ketika RFT ikan tidak diberi makan agar ikan tidak membuang kotorannya sehingga tidak menimbulkan adanya parasit.
- f. Pemaparan dengan variasi konsentrasi yang ditentukan, yaitu 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75%, dan 90% dengan air pengencer PDAM.
- g. Dilakukan pengamatan awal parameter limbah cair (BOD, COD, NH<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub>)
- h. Dilakukan pengamatan ikan, pH, suhu, dan DO setiap hari pada jam 9 a.m.
- i. Dilakukan dua kali pengulangan (duplo) agar terdapat cadangan reactor apabila terjadi kebocoran atau kerusakan.

#### 4. *Acute Toxicity Test*

*Acute Toxicity Test* bertujuan untuk mengetahui nilai LC<sub>50-96</sub> jam (Ihsan et al., 2018). Tahap ini dilakukan selama 96 jam (4 hari) dengan mortalitas biota uji sebanyak 50%, melakukan analisis suhu, pH, dan DO setiap hari pada tiap reaktor. Tahap ini hampir sama dengan tahap *range finding test*, namun perbedaan terdapat pada konsentrasi zat saja. Konsentrasi yang digunakan pada tahap ini berasal dari kisaran tahap *range finding test*. Penelitian yang dilakukan oleh (Li et al., 2022) juga melakukan proses ini selama 96 jam dan menghitung kematian biota uji setiap 24, 48, 72, dan 96 jam. Ikan yang mati harus segera disingkirkan agar tidak mempengaruhi

pengujian. Analisis dampak dari toksisitas yaitu diambil dari persen kematian biota uji. Berikut rumus penentuan persentase kematian biota uji (Rachmah, 2020).

$$R = \frac{(\Sigma mortalitas)}{\Sigma biota uji} \times 100\%$$

## 5. Analisa Probit

Penentuan nilai LC<sub>50-96</sub> dilakukan dengan analisis probit. Penerapan analisis probit pada toksikologi digunakan untuk menentukan tingkat bahaya suatu pencemar terhadap organisme hidup yang bersifat relatif. Analisa probit dilakukan dengan menguji respons suatu organisme yang dipaparkan dalam beberapa konsentrasi pencemar dan kemudian membandingkan konsentrasi hingga diperoleh hasilnya (Leuwol et al., 2019). Analisis data pada nilai uji toksik dihitung dengan metode regresi probit dan dibutuhkan data terkait:

- a. Konsentrasi zat tiap reaktor
- b. Kematian pada tiap reaktor
- c. Total biota uji pada tiap reaktor

Dimana analisis data tersebut menggunakan software SPSS, dengan langkah-langkah di bawah ini:

- a. Klik “analyze”
- b. Klik “regression”
- c. Klik “Probit”
- d. Klik Option > sig 0,5 > calculate from data
- e. Ubah respon freq menjadi “mati”
- f. Ubah total obs diubah menjadi “total”
- g. Ubah Covariable menjadi “kons”
- h. Transfrom > log base 10
- i. Klik Ok.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kualitas Infuent IPAL Rumah Sakit X

Pengambilan sampel limbah pada penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit X. Kemudian sampel limbah cair akan dikirimkan ke Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sebagai tempat pegujian sampel limbah cair untuk memperoleh gambaran terhadap kualitas limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Sakit X.

Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel pada bak inlet IPAL rumah sakit X yang dilakukan pada tanggal 18 Januari 2023 dengan waktu pengambilan sampel pada pukul 10.00 WIB. Pemeriksaan parameter pH, suhu, dan DO dilakukan langsung di tempat pengambilan sampel. Selain itu, penelitian ini juga mengukur parameter BOD, COD, NH<sub>3</sub> dan PO<sub>4</sub> yang terkandung pada limbah cair dengan dilakukan pengujian oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Adapun hasil pemeriksaan dari parameter limbah cair sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Kualitas Influent IPAL Rumah Sakit X

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Standart Maksimum</b>	<b>Hasil</b>
BOD	mg/L	30*)	137,0
COD	mg/L	100*)	155
NH <sub>3</sub>	mg/L	10*)	63
PO <sub>4</sub>	mg/L	2**)	11

Sumber: (Hasil Analisa Laboratorium Perusahaan Daerah Air Minum Surya Sembada Kota Surabaya, 2023)

Keterangan:

\*) PERMEN LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

\*\*\*) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas terlihat bahwa seluruh parameter air limbah melebihi baku mutu air limbah yang ditetapkan. Dari hasil pemeriksaan sampel limbah cair yang diambil, kadar BOD pada influent IPAL rumah sakit X sebesar 137 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kadar BOD yang terkandung dalam influent IPAL rumah sakit X masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Kandungan BOD yang tinggi pada limbah cair rumah sakit dikarenakan tingginya bahan organik yang terkandung pada limbah cair tersebut. Bahan organik yang terkandung pada limbah cair rumah sakit berasal dari buangan dapur, kamar mandi, laundry, darah, dan cairan tubuh manusia lainnya. Kandungan bahan organik pada limbah cair dapat diuraikan oleh organisme pengurai. Bakteri aerob membutuhkan oksigen untuk menguraikan senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Semakin banyak senyawa organik yang terkandung dalam air semakin tinggi konsumsi oksigen oleh bakteri aerob sehingga akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Apabila kandungan oksigen terlarut rendah, bakteri aerob akan mati dan bakteri anaerob akan menguraikan bahan organik menjadi methane dan H<sub>2</sub>S yang dapat menimbulkan bau busuk pada air (B & Mallongi, 2018)

Nilai COD yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit X sebesar 155 mg/L. Nilai COD yang terkandung dalam air limbah rumah sakit X masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Aktivitas domestik yang merupakan bagian dari kegiatan operasional rumah sakit menjadi salah satu penyebab tingginya kandungan COD dalam air limbah karena adanya proses degradasi bahan organik maupun anorganik yang bersumber dari aktivitas tersebut. Nilai oksigen terlarut dan pH pada suatu perairan dapat dipengaruhi oleh kandungan COD yang berlebihan di suatu perairan sehingga dapat menimbulkan penurunan kualitas air (Sa, 2022).

Hasil pengukuran NH<sub>3</sub> pada percobaan yang dilakukan berada pada kisaran 63 mg/l. Hasil ini jika dibandingkan dengan baku berada diatas standar baku mutu. NH<sub>3</sub> atau ammonia dapat menimbulkan bau menyengat pada konsentrasi amoniak sebesar 0,037 mg/l. Jumlah mikroba pengurai yang tidak sebanding dengan kandungan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair dapat menyebabkan tingginya kadar ammonia dan meningkatkan jumlah

konsumsi oksigen untuk melakukan penguraian sehingga akan menurunkan kadar oksigen dan menimbulkan bau tidak sedap. Proses penguraian bahan organik yang kurang maksimal dapat disebabkan oleh debit air limbah yang terlalu deras yang menyebabkan kontak mikroba dengan air limbah lebih sebentar sehingga proses penguraian kurang optimum (Sulistia & Cahaya Septisya, 2019).

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa parameter  $PO_4$  (phospat) sebesar 11 mg/L. Nilai  $PO_4$  tersebut melebihi batas baku mutu yang diijinkan yaitu 2 mg/L. Kegiatan rumah sakit yang menggunakan detergen sintetik seperti kegiatan laundry dan pencucian alat makan dapat menjadi penyebab keberadaan fosfat pada limbah cair. Kandungan fosfat dalam detergent dapat menyebabkan stimulasi pertumbuhan tanaman dan surfaktan pada detergen dapat bersifat toksik. Eutrofikasi menjadi dampak yang ditimbulkan oleh kandungan fosfat yang berlebihan pada limbah cair. Eutrofikasi adalah pencemaran air yang disebabkan oleh banyaknya nutrient di dalam ekosistem air yang ditandai dengan bau tidak sedap dan warna kehijauan pada air. Kandungan nutrient yang berlebihan di badan air dapat menyebabkan terjadinya percepatan populasi ganggang / tanaman sehingga dapat menimbulkan penurunan kadar oksigen dalam air dan kematian pada biota air (Utami & Mahmudah, 2018).

#### **4.2. Aklimatisasi**

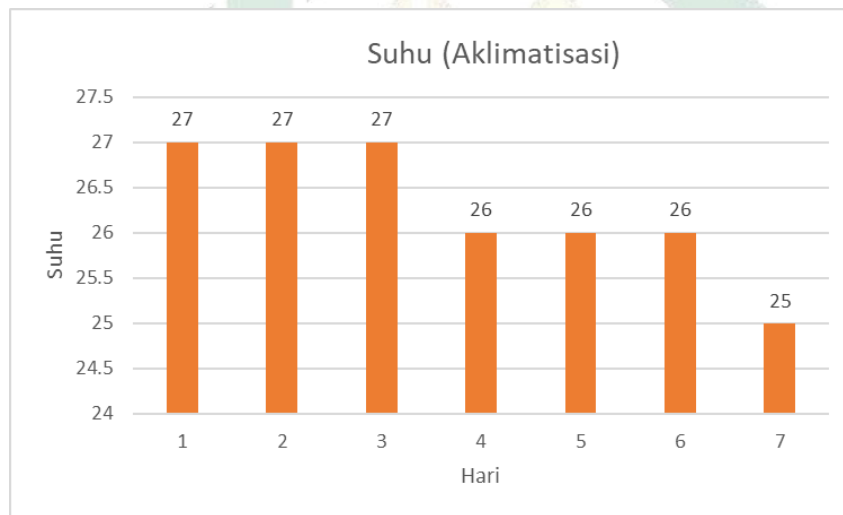
Aklimatisasi bertujuan untuk menyesuaikan kondisi biota uji dengan kondisi lingkungan laboratorium secara bertahap dari 100% air pemeliharaan ke 100% air pengencer (Ihsan et al., 2018). Aklimatisasi dapat menjadi petunjuk untuk menentukan apakah biota uji dapat hidup di lingkungan air pengencer yang akan digunakan sebagai uji toksisitas. Pada penelitian ini, biota uji yang digunakan adalah ikan zebra (*Danio rerio*). Pemilihan biota uji berdasarkan kriteria yang disarankan (OECD, 2019) yaitu mengambil sampel ikan dengan kriteria panjang 1-2 cm. pemilihan kriteria pada biota uji tersebut untuk mengamsumsikan bahwa biota uji yang digunakan memiliki umur yang sama. Total ikan zebra (*Danio rerio*) yang digunakan sebanyak 300 ekor.

Air pengencer yang digunakan pada penelitian ini adalah air yang diambil dari Laboratorium Teknik Lingkungan Kampus 2 UIN Sunan Ampel



Surabaya yang terletak di Kelurahan Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya. Sebelum digunakan untuk aklimatisasi air pengencer di aerasi sebelum digunakan untuk memenuhi kebutuhan oksigen terlarut (OECD, 2019). Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari dimulai dari tanggal 8 Januari 2023 hingga 14 Januari 2023. Pada saat proses aklimatisasi faktor lingkungan yang harus diperhatikan adalah parameter suhu, pH, dan DO. Parameter suhu, pH, dan DO diukur setiap setiap hari pada jam 9 pagi untuk menganalisis kondisi lingkungan terhadap kelangsungan hidup ikan zebra (*Danio rerio*). Selain parameter tersebut, mortalitas biota uji juga perlu diperhatikan dalam proses aklimatisasi ini.

### 1. Suhu



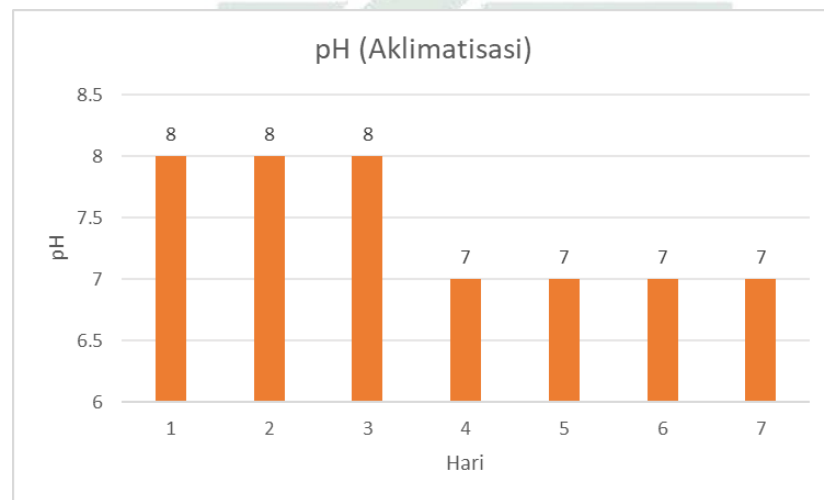
Gambar 4. 1 Suhu pada tahap aklimatisasi

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Parameter suhu pada tahap aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada hari pertama hingga hari ke-3 suhu berkisar antara 27°C. pada hari ke-4 hingga ke-6 suhu menurun menjadi 26°C. dan pada hari ke-7 suhu juga menurun hingga 25°C. Perubahan suhu pada tahap aklimatisasi cenderung menurun. Hal tersebut dikarenakan AC tidak pernah dimatikan dan tidak terkena paparan cahaya selama ±20 jam karena lampu dimatikan setiap hari setelah pengamatan sehingga dapat menurunkan suhu. Selain itu, kandungan oksigen terlarut dapat mempengaruhi suhu. Penurunan suhu juga dikarenakan proses aerasi yang dilakukan secara kontinyu sehingga kelarutan oksigen akan menyebabkan penurunan suhu. Kenaikan suhu sebesar 10% akan

mempercepat metabolisme 2 kali lipat karena proses dekomposisi bahan organik dalam limbah cair sangat dipengaruhi oleh suhu yang menjadikan aktivitas mikroorganisme semakin tinggi pada suhu yang semakin meningkat (Ramadani et al., 2021). Penurunan suhu masih dapat ditolerir oleh tubuh ikan dikarenakan suhu yang baik bagi kehidupan ikan adalah 25°C - 52°C (Zai, 2019).

## 2. pH

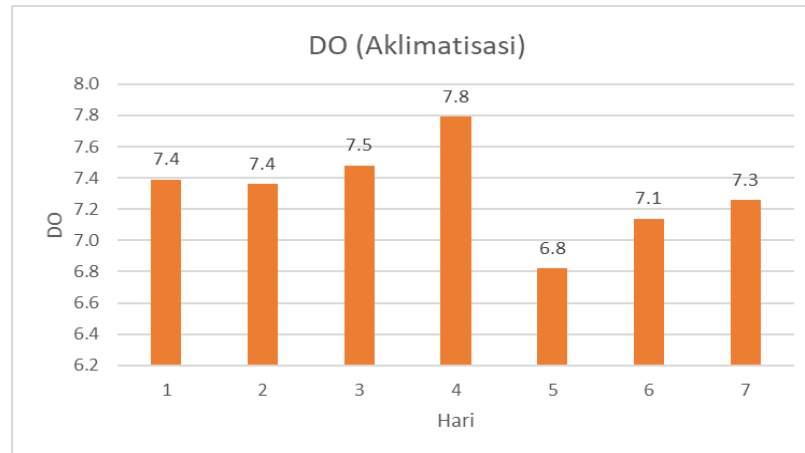


Gambar 4. 2 pH pada tahap aklimatisasi

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Parameter pH pada tahap aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 4.2. pada hari pertama hingga hari ke-3 pH stabil di angka 8. Namun, pada hari ke 4 hingga hari ke 7 pH menurun di angka 7. Menurunnya pH dikarenakan meningkatnya aktivitas mikroba untuk menguraikan sisa makanan dan kotoran yang dihasilkan oleh ikan menyebabkan peningkatan CO<sub>2</sub> sehingga terjadi penurunan pH. Semakin banyak CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari hasil respirasi, menyebabkan pH air turun. Penurunan pH masih dapat ditolerir oleh tubuh ikan dikarenakan pH yang baik bagi kehidupan ikan adalah 6-8,5 (OECD, 2019).

### 3. DO



Gambar 4. 3 DO pada tahap aklimatisasi

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.3 di atas, dapat diketahui bahwa nilai DO selama tahap aklimatisasi mengalami penurunan dan kenaikan.

- Hari ke-1 nilai DO sebesar 7,4 mg/L.
- Hari ke-2 nilai DO sebesar 7,4 mg/L.
- Hari ke-3 nilai DO mengalami peningkatan menjadi 7,5.
- Hari ke-4 nilai DO mengalami peningkatan hingga 7,8.
- Hari ke-5 nilai DO mengalami penurunan hingga 6,8
- Hari ke-6 nilai DO mengalami kenaikan menjadi 7,1.
- Hari ke-7 nilai DO berkisar di angka 7,3.

Peningkatan kadar oksigen terjadi karena proses aerasi yang menghasilkan gelembung udara yang berlangsung secara kontinyu sehingga terjadi proses difusi oksigen yang menyebabkan peningkatan kadar oksigen dalam air. Sedangkan penurunan nilai DO pada tahap aklimatisasi ini dikarenakan aerator yang digunakan mati sehingga supply oksigen terhambat sedangkan biota uji terus melakukan proses respirasi yang menyebabkan penurunan kadar oksigen. Selain itu, penurunan kadar oksigen dalam air juga disebabkan oleh dekomposisi bahan organik dari sisa makanan dan kotoran ikan. Nilai DO yang optimum untuk ikan adalah tidak kurang dari 5 mg/L (Rachmah, 2020).

#### 4. Mortalitas

Selain tiga parameter tersebut, kematian ikan juga diperhatikan dalam tahap aklimatisasi.

Tabel 4. 2 Total kematian ikan pada tahap aklimatisasi

Hari	Mortalitas
Ke-1	0
Ke-2	0
Ke-3	0
Ke-4	0
Ke-5	0
Ke-6	0
Ke-7	0

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Pada tahap aklimatisasi tidak terjadi kematian pada ikan sehingga air pengencer dan ikan zebra (*Danio rerio*) dapat digunakan pada *range finding test* dan *acute toxicity test* dikarenakan kematian ikan kurang dari 5%. Pada penelitian (Kartikasari, 2022) kematian ikan pada tahap aklimatisasi juga kurang dari 5% yaitu 9 ekor dari 210 ekor ikan yang digunakan. Hal tersebut menyatakan bahwa air pengencer dan juga biota uji dapat digunakan pada *range finding test* dan uji toksisitas, sesuai dengan pernyataan (OECD, 2019).

#### 4.3. Range Finding Test

##### 4.3.1. Karakteristik Limbah Cair

*Range finding test* adalah tahap awal dalam penelitian ini. *Range finding test* dilakukan setelah tahap aklimatisasi dengan tujuan untuk menentukan kisaran konsentrasi untuk tahap uji toksisitas akut dengan mengamati kematian biota uji selama 96 jam. Pada tahap *range finding test* dilakukan analisis pada sampel air limbah rumah sakit X dengan parameter yang diuji adalah pH, suhu, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), amonia (NH<sub>3</sub>), dan fosfat (PO<sub>4</sub>). Berikut hasil analisis limbah cair untuk tahap *range finding test* tertera pada Tabel 4.2.











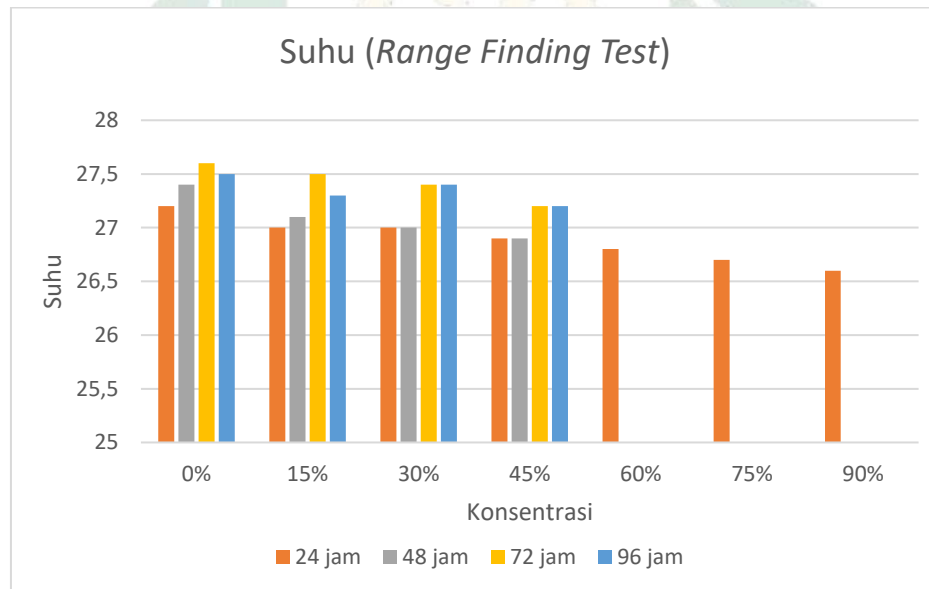


mengalami penurunan lagi menjadi 8,4 di jam ke-96. Untuk konsentrasi 60% hingga 90% pH hanya diukur pada jam ke-24 karena pada jam tersebut ikan sudah mengalami kematian 100%.

Pada saat *range finding test*, nilai pH berkisar antara 8,2 - 8,6. Menurut (Andria & Rahmaningsih, 2018), titik kematian ikan pada pH asam adalah 4 dan pada pH basa adalah 11. Sedangkan kisaran pH yang optimal untuk ikan berkisar antara 6,5 – 8,5. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai pH pada tahap *range finding test* tidak mempengaruhi kematian ikan.

## 2. Suhu

Untuk hasil pengamatan lapangan terhadap parameter suhu pada tahap *range finding test* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Suhu pada tahap *range finding test*

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.5 diatas, diketahui suhu cenderung mengalami peningkatan. Pada jam ke-24, suhu rata-rata adalah 26,9°C kemudian rata-rata suhu mengalami peningkatan pada jam ke-48 menjadi 27,1°C. Pada jam ke-72 rata-rata suhu mengalami peningkatan menjadi 27,4°C dan kemudian mengalami penurunan pada jam ke-96 menjadi 27,3°C. Nilai suhu pada penelitian ini dipengaruhi oleh suhu ruangan yang digunakan pada saat itu. Perubahan suhu tersebut masih dapat

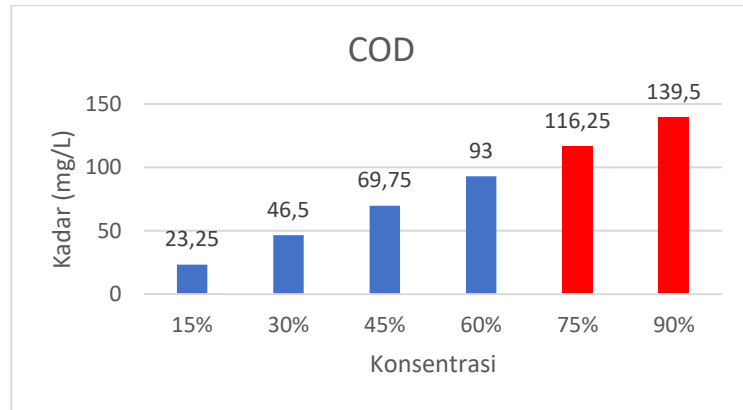




Berdasarkan Gambar 4.7 diatas, nilai BOD awal pada tahap *range finding test* sebesar 137 mg/L. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 30 mg/L. Nilai BOD dapat berubah pada variasi konsentrasi yang digunakan pada tahap *range finding test*. Pada konsentrasi 15% kadar BOD sebesar 20,55 mg/L, pada konsentrasi 30% sebesar 41,1 mg/L, pada konsentrasi 45% sebesar 61,65 mg/L, pada konsentrasi 60% sebesar 82,2 mg/L, pada konsentrasi 75% sebesar 102,75 mg/L, dan pada konsentrasi 90% sebesar 123,3 mg/L. Kadar BOD setelah dilakukan masih diatas baku mutu, kecuali pada konsentrasi 15% sudah memenuhi baku mutu. Oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 45%, 60%, 75%, dan 90% dapat disebabkan oleh nilai BOD yang tinggi. Tingginya kadar BOD menandakan kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik juga tinggi yang menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen dalam air sehingga dapat menyebabkan kematian pada ikan (Kareliasari, 2021).

Kandungan BOD yang tinggi pada limbah cair rumah sakit dikarenakan tingginya bahan organik yang terkandung pada limbah cair tersebut. Bahan organik yang terkandung pada limbah cair rumah sakit berasal dari buangan dapur, kamar mandi, laundry, darah, dan cairan tubuh manusia lainnya. Kandungan bahan organik pada limbah cair dapat diuraikan oleh organisme pengurai. Bakteri aerob membutuhkan oksigen untuk menguraikan senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Semakin banyak senyawa organik yang terkandung dalam air semakin tinggi konsumsi oksigen oleh bakteri aerob sehingga akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Apabila kandungan oksigen terlarut rendah, bakteri aerob akan mati dan bakteri anaerob akan menguraikan bahan organik menjadi methane dan H<sub>2</sub>S yang dapat menimbulkan bau busuk pada air (B & Mallongi, 2018).

## 5. COD



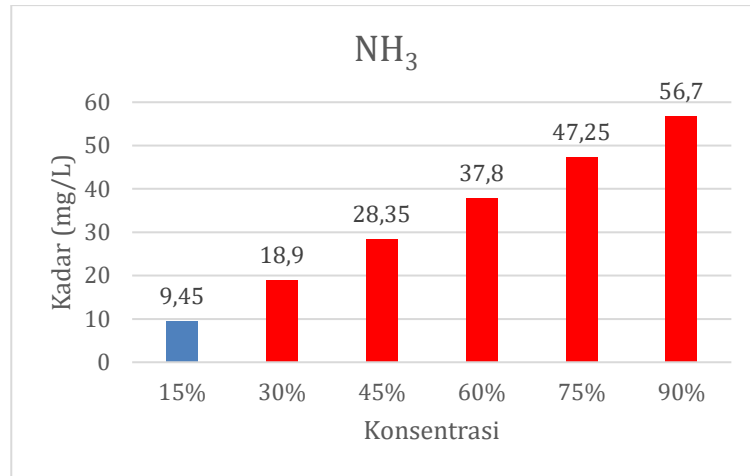
Gambar 4. 8 Grafik kadar COD pada tahap *range finding test*

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.8 diatas, kadar COD awal pada tahap *range finding test* sebesar 155 mg/L, nilai tersebut masih melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 100 mg/L. Kadar COD pada konsentrasi 15% sebesar 23,25 mg/L, pada konsentrasi 30% sebesar 46,5 mg/L, pada konsentrasi 45% sebesar 69,75 mg/L, pada konsentrasi 60% sebesar 93 mg/L, pada konsentrasi 75% sebesar 116,25 mg/L, dan pada konsentrasi 90% sebesar 139,5 mg/L. Kadar COD pada konsentrasi 15% hingga 60% sudah memenuhi baku mutu. Namun, pada konsentrasi 75% dan 90% kadar COD sudah melebihi baku mutu. Oleh karena itu, konsentrasi 75% dan 90% dapat menyebabkan kematian pada ikan.

Aktivitas domestik yang merupakan bagian dari kegiatan operasional rumah sakit menjadi salah satu penyebab tingginya kandungan COD dalam air limbah karena adanya proses degradasi bahan organik maupun anorganik yang bersumber dari aktivitas tersebut. Nilai oksigen terlarut dan pH pada suatu perairan dapat dipengaruhi oleh kandungan COD yang berlebihan di suatu perairan sehingga dapat menimbulkan penurunan kualitas air (Sa, 2022).

## 6. NH<sub>3</sub>



Gambar 4. 9 Grafik kadar NH<sub>3</sub> pada tahap range finding test

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.9 di atas, kadar NH<sub>3</sub> awal pada tahap *range finding test* sebesar 63 mg/L yang mana nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 10 mg/L. Kadar NH<sub>3</sub> pada konsentrasi 15% sebesar 9,45 mg/L, pada konsentrasi 30% sebesar 18,9 mg/L, pada konsentrasi 45% sebesar 28,35 mg/L, pada konsentrasi 60% sebesar 37,8 mg/L, pada konsentrasi 75% sebesar 47,25 mg/L, dan pada konsentrasi 90% sebesar 56,7 mg/L. Kadar NH<sub>3</sub> setelah dilakukan pengenceran masih melebihi baku mutu, kecuali pada konsentrasi 15% kadar NH<sub>3</sub> sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Jumlah mikroba pengurai yang tidak sebanding dengan kandungan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair dapat menyebabkan tingginya kadar ammonia dan meningkatkan jumlah konsumsi oksigen untuk melakukan penguraian sehingga akan menurunkan kadar oksigen dan menimbulkan bau tidak sedap. Proses penguraian bahan organik yang kurang maksimal dapat disebabkan oleh debit air limbah yang terlalu deras yang menyebabkan kontak mikroba dengan air limbah lebih sebentar sehingga proses penguraian kurang optimum. NH<sub>3</sub> atau ammonia dapat menimbulkan bau menyengat pada konsentrasi amoniak sebesar 0,037 mg/l (Sulistia & Cahaya Septisya, 2019). Kandungan ammonia pada air bersifat toksik





dampak yang ditimbulkan oleh kandungan fosfat yang berlebihan pada limbah cair. Eutrofikasi adalah pencemaran air yang disebabkan oleh banyaknya nutrient di dalam ekosistem air yang ditandai dengan bau tidak sedap dan warna kehijauan pada air. Kandungan nutrient yang berlebihan di badan air dapat menyebabkan terjadinya percepatan populasi ganggang / tanaman sehingga dapat menimbulkan penurunan kadar oksigen dalam air dan kematian pada biota air (Utami et al, 2018). Tingginya  $PO_4$  menyebabkan penurunan kualitas air dikarenakan kadar oksigen terlarut pada air rendah. Selain itu konsentrasi  $PO_4$  yang tinggi dapat menghambat proses metabolisme bahkan dapat menyebabkan kematian pada ikan (Lestari et al., 2015). Oleh karena itu, kematian ikan pada konsentrasi 45%, 60%, 75%, dan 90% dapat disebabkan oleh kadar  $PO_4$  yang tinggi.

#### **4.4.Acute Toxicity Test**

##### **4.4.1. Karakteristik Limbah Cair**

Tahap uji toksisitas akut merupakan tahap lanjutan dari *range finding test*. Tahap uji toksisitas akut dilakukan dengan pemaparan limbah terhadap biota uji selama 96 jam dan melakukan pengamatan terhadap parameter lingkungan seperti pengukuran pH, suhu, dan DO setiap hari. Pengamatan mortalitas biota uji juga dilakukan setiap hari selama 96 jam. Biota uji yang digunakan pada tahap uji toksisitas akut pada setiap reactor yaitu 10 ekor ikan zebra (*Danio rerio*). Pemberian pakan ikan pada tahap uji toksisitas akut dihentikan untuk menghindari kematian biota uji yang disebabkan karena bibit penyakit yang ditimbulkan karena sisa makanan dan kotoran ikan. Pada tahap uji toksisitas menggunakan air pengencer PDAM yang berasal dari laboratorium untuk mengencerkan limbah cair.

Konsentrasi pada tahap uji toksisitas akut diambil berdasarkan persempitan konsentrasi pada tahap *range finding test* yang menghasilkan konsentrasi ambang bawah dan konsentrasi ambang atas. Konsentrasi ambang bawah adalah konsentrasi tertinggi yang menghasilkan mortalitas 0%, pada tahap *range finding test* konsentrasi ambang bawah adalah 30%. Sedangkan konsentrasi ambang atas adalah konsentrasi terendah yang



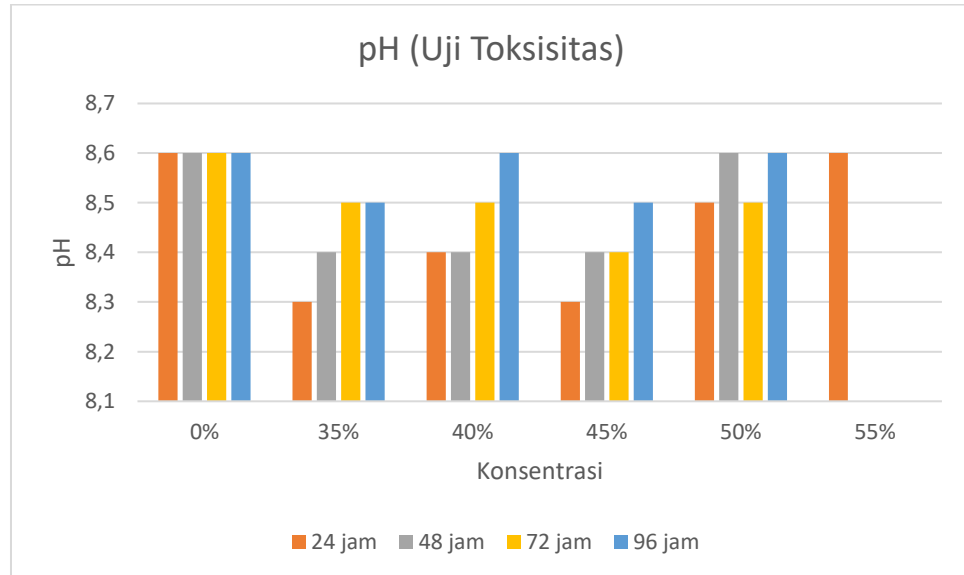






## 1. pH

Pada Gambar 4.12 dapat diketahui mengenai hasil dari nilai pH media air terhadap biota uji, yaitu:



Gambar 4. 11 pH pada tahap uji toksisitas akut

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

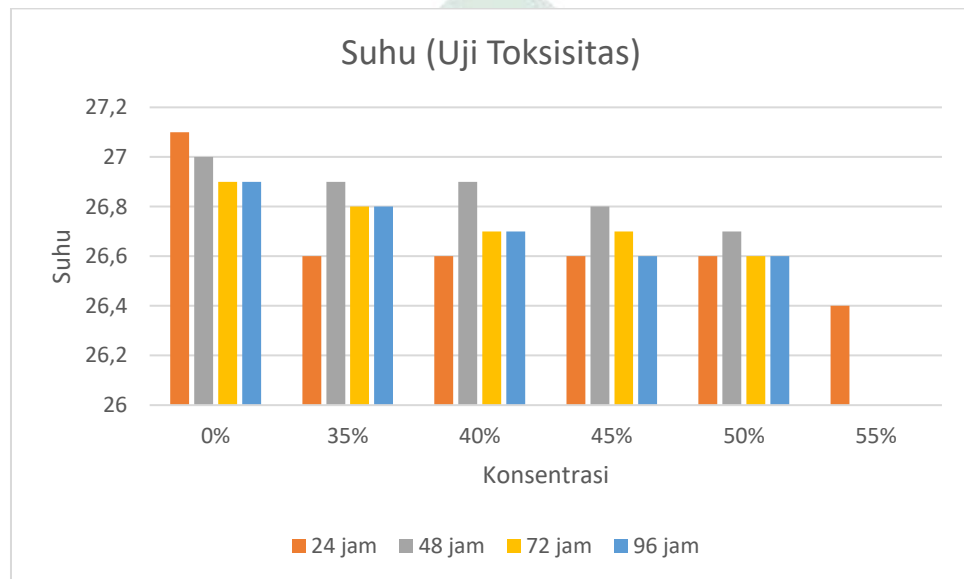
Berdasarkan Gambar 4.11 diatas, pada konsentrasi 0% (kontrol) menunjukkan pH dalam keadaan stabil setiap harinya yaitu 8,6. Pada konsentrasi 35% pH mengalami kenaikan pada jam ke-24 sebesar 8,3 menjadi 8,4 pada jam ke-48 kemudian naik lagi menjadi 8,5 pada jam ke-72 dan jam ke-96. Untuk konsentrasi 40% pH juga dalam keadaan stabil hingga jam ke-48 diangka 8,4, kemudian mengalami peningkatan pada jam ke-72 diangka 8,5 dan meningkat lagi menjadi 8,6 pada jam ke-96. Pada konsentrasi 45% pH diangka 8,3 pada jam ke-24 kemudian mengalami kenaikan menjadi 8,4 pada jam ke-48 hingga jam ke-72 dan mengalami kenaikan lagi pada jam ke-96 menjadi 8,5. Pada konsentrasi 50% pH diangka 8,5 pada jam ke-24 kemudian naik menjadi 8,6 pada jam ke-48 lalu turun menjadi 8,5 pada jam ke-72 dan naik kembali diangka 8,6 pada jam ke-96. Untuk konsentrasi 55% pH hanya diukur pada jam ke-24 yaitu 8,6, karena pada jam tersebut ikan sudah mengalami kematian 100%.

Pada saat uji toksisitas akut, nilai pH berkisar antara 8,3 - 8,6. Menurut Andria dan Rahmaningsih (2018), titik kematian ikan pada pH

asam adalah 4 dan pada pH basa adalah 11. Sedangkan kisaran pH yang optimal untuk ikan berkisar antara 6,5 – 8,5. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai pH pada tahap uji toksisitas akut tidak mempengaruhi kematian ikan.

## 2. Suhu

Untuk hasil pengamatan lapangan terhadap parameter suhu pada tahap uji toksisitas akut dapat dilihat pada Gambar 4.13.



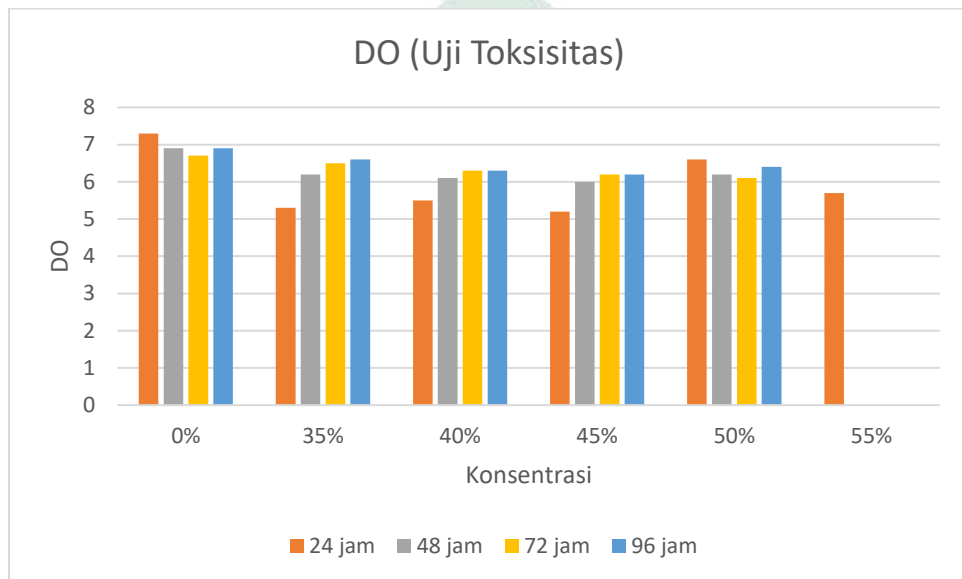
Gambar 4. 12 Suhu pada tahap uji toksisitas akut

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.12 diatas, diketahui bahwa suhu pada jam ke-24 suhu rata-rata adalah 26,65°C kemudian rata-rata suhu mengalami peningkatan pada jam ke-48 menjadi 26,86°C. Pada jam ke-72 rata-rata suhu mengalami penurunan menjadi 26,74°C dan mengalami penurunan lagi pada jam ke-96 menjadi 26,72°C. Nilai suhu pada penelitian ini dipengaruhi oleh suhu ruangan yang digunakan pada saat itu. Perubahan suhu tersebut masih dapat ditolerir oleh tubuh ikan dikarenakan suhu yang baik bagi kehidupan ikan adalah 25°C - 52°C (Zai, 2019). Menurut (Rachmah, 2020), kematian ikan dipengaruhi oleh suhu, apabila nilai suhu berada di bawah 25°C. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai suhu pada tahap uji toksisitas akut tidak mempengaruhi kematian ikan.

### 3. DO

Salah satu aspek lingkungan yang dapat mempengaruhi biota uji selain pH dan suhu adalah DO. Penelitian ini menggunakan aerator sebagai penunjang kebutuhan oksigen pada biota uji agar kematian biota uji tidak disebabkan oleh kekurangan oksigen. Berikut ini data rata-rata *Dissolved oxygen* (DO) pada tahap uji toksisitas akut pada Gambar 4.13 sebagai berikut:



Gambar 4. 13 DO pada tahap uji toksisitas akut

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

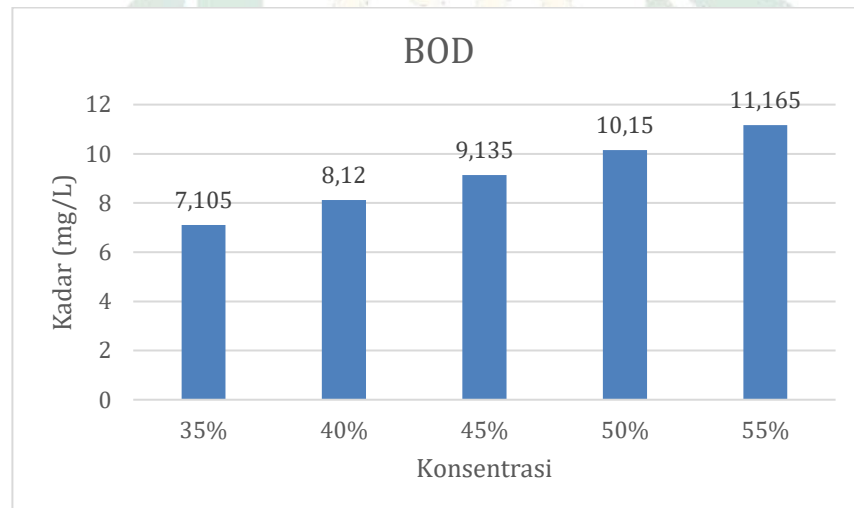
Berdasarkan Gambar 4.13 di atas, nilai DO mengalami kenaikan dan penurunan. Pada konsentrasi 0% rata-rata nilai DO selama 96 jam adalah 6,95. DO mengalami penurunan hingga jam ke-72 dari angka 7,3 menjadi 6,7 kemudian pada jam ke-96 nilai DO naik menjadi 6,9. Pada konsentrasi 35% rata-rata nilai DO selama 96 jam sebesar 6,15. Nilai DO pada konsentrasi 35% mengalami peningkatan dari angka 5,3 pada jam ke-24 menjadi 6,6 pada jam ke-96. Pada konsentrasi 40% nilai rata-rata DO selama 96 jam sebesar 6,05. Pada 24 jam pertama nilai DO sebesar 5,5 kemudian naik menjadi 6,1 pada jam ke-48 dan naik lagi menjadi 6,3 pada jam ke-72 hingga jam ke-96. Untuk konsentrasi 45% rata-rata nilai DO selama 96 jam sebesar 5,9. Nilai DO pada 24 jam pertama sebesar 5,2 kemudian naik menjadi 6,2 pada jam ke-96. Pada konsentrasi 50% nilai DO mengalami penurunan dan hingga jam ke-72



dari angka 6,6 menjadi 6,1 kemudian terjadi peningkatan pada jam ke-96 menjadi 6,4. Pada konsentrasi 55% pengukuran DO hanya dilakukan pada 24 jam pertama yaitu sebesar 5,7 dikarenakan pada waktu tersebut ikan sudah mengalami mortalitas 100%. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai DO pada tahap uji toksisitas akut tidak mempengaruhi kematian ikan. Nilai DO yang optimum untuk ikan adalah tidak kurang dari 5 mg/L (Rachmah, 2020).

#### 4. BOD

Selain melakukan pengamatan parameter pH, suhu, dan DO, pengamatan parameter kimia seperti BOD, COD,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{PO}_4$  juga perlu dilakukan. Berikut merupakan grafik kadar BOD setelah dilakukan pengenceran.



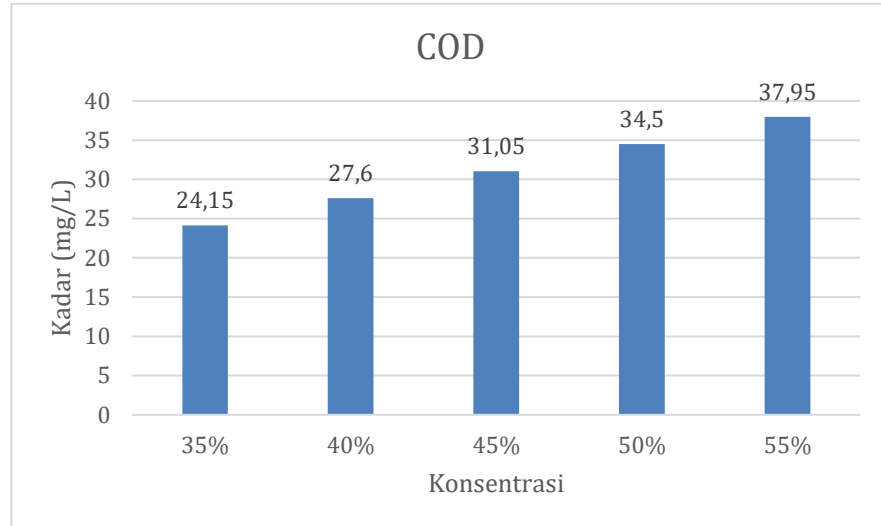
Gambar 4. 14 Grafik kadar BOD pada tahap uji toksisitas akut

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Pada tahap ini nilai BOD yang diperoleh sebesar 20,3 mg/L. Nilai tersebut tidak melebihi standar baku mutu PERMEN LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, yang mana batas maksimal dari BOD adalah 30 mg/L. Namun pada tahap ini nilai BOD disesuaikan dengan pengenceran tiap konsentrasi sebagai berikut. Untuk konsentrasi 35% sebesar 7,1 mg/L, konsentrasi 40% sebesar 8,12 mg/L, konsentrasi 45% sebesar 9,1 mg/L, konsentrasi 50% sebesar 10,15 mg/L, dan konsentrasi 55% sebesar 11,16 mg/L. Nilai setelah pengenceran tersebut masih dibawah baku mutu PERMEN

LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sehingga kemungkinan kematian ikan dalam tahap ini bukan dikarenakan BOD.

#### 5. COD

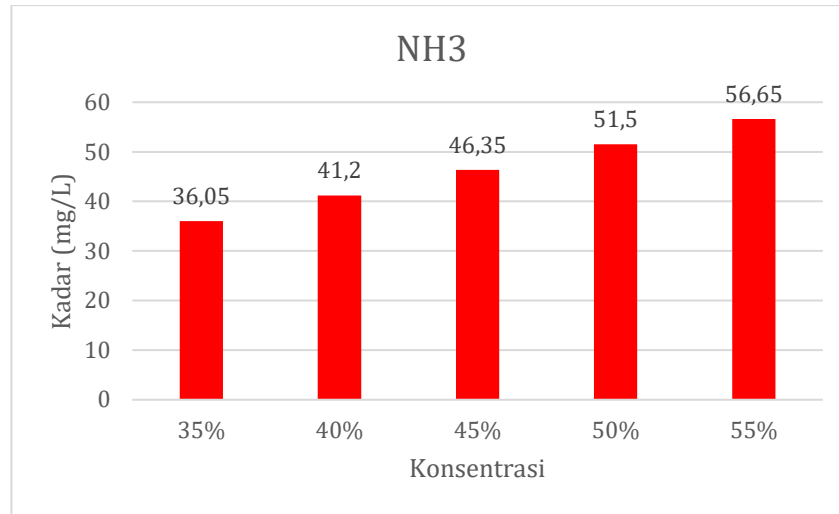


Gambar 4. 15 Grafik kadar COD pada tahap uji toksisitas akut

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

Pada tahap ini nilai COD yang diperoleh sebesar 69 mg/L. Nilai tersebut tidak melebihi standar baku mutu PERMEN LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, yang mana batas maksimal dari COD adalah 100 mg/L. Namun pada tahap ini nilai COD disesuaikan dengan pengenceran tiap konsentrasi sebagai berikut. Untuk konsentrasi 35% sebesar 24,15 mg/L, konsentrasi 40% sebesar 27,6 mg/L, konsentrasi 45% sebesar 31,05 mg/L, konsentrasi 50% sebesar 34,5 mg/L, dan konsentrasi 55% sebesar 37,95 mg/L. Nilai setelah pengenceran tersebut masih dibawah baku mutu PERMEN LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sehingga kemungkinan kematian ikan dalam tahap ini bukan dikarenakan COD.

## 6. NH<sub>3</sub>



Gambar 4. 16 Grafik kadar NH<sub>3</sub> pada tahap uji toksisitas akut

Sumber : (Hasil Analisa, 2023)

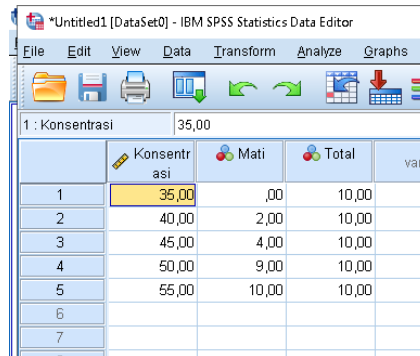
Salah satu kandungan limbah cair rumah sakit adalah amonia. Dimana kadar amonia yang tinggi dalam badan air mengindikasikan adanya pencemaran yang salah satunya disebabkan oleh aktivitas rumah sakit. Baku mutu NH<sub>3</sub> pada PERMEN LH Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 10 mg/L. Pada tahap ini, hasil NH<sub>3</sub> pada limbah cair rumah sakit sebesar 103 mg/L sebelum dilakukan pengenceran. Setelah itu, dilakukan pengenceran sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan sebagai berikut untuk konsentrasi 35% sebesar 36,05 mg/L, konsentrasi 40% sebesar 41,2 mg/L, konsentrasi 45% sebesar 46,35 mg/L, konsentrasi 50% sebesar 51,5 mg/L, dan konsentrasi 55% sebesar 56,65 mg/L. Pada pengenceran tersebut, nilai NH<sub>3</sub> masih diatas baku mutu. Sehingga kematian ikan dapat disebabkan oleh kandungan NH<sub>3</sub> yang tinggi.

Jumlah mikroba pengurai yang tidak sebanding dengan kandungan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair dapat menyebabkan tingginya kadar ammonia dan meningkatkan jumlah konsumsi oksigen untuk melakukan penguraian sehingga akan menurunkan kadar oksigen dan menimbulkan bau tidak sedap. Proses penguraian bahan organik yang kurang maksimal dapat disebabkan oleh debit air limbah yang terlalu deras yang menyebabkan kontak





- Memasukkan data konsentrasi, kematian, dan total biota uji ke dalam SPSS.

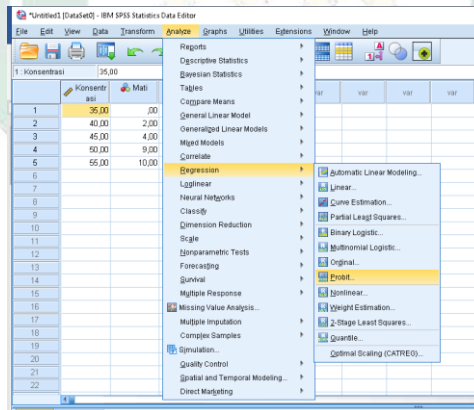


	Konsentrasi	Mati	Total	var
1	35,00	,00	10,00	
2	40,00	2,00	10,00	
3	45,00	4,00	10,00	
4	50,00	9,00	10,00	
5	55,00	10,00	10,00	
6				
7				

Gambar 4. 18 Data Konsentrasi, Mati, dan Total Pada SPSS

Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2023)

- Setelah itu menjalankan SPSS dengan klik “Analyze” lalu klik “Regression” lalu klik “Probit” seperti pada Gambar 4.19 di bawah ini.



Gambar 4. 19 Menjalankan SPSS Analisis, Regression, Probit

Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2023)

- Setelah itu akan muncul dialog box Probit Analysis seperti pada Gambar 4.20 di bawah ini. Selanjutnya pada opsi Response Frequency dimasukkan data “Mati” pada opsi Total Observed dimasukkan data “Total”, dan opsi Covariate dimasukkan data “Konsentrasi”. Untuk Transform diubah menjadi “Logbase10”.



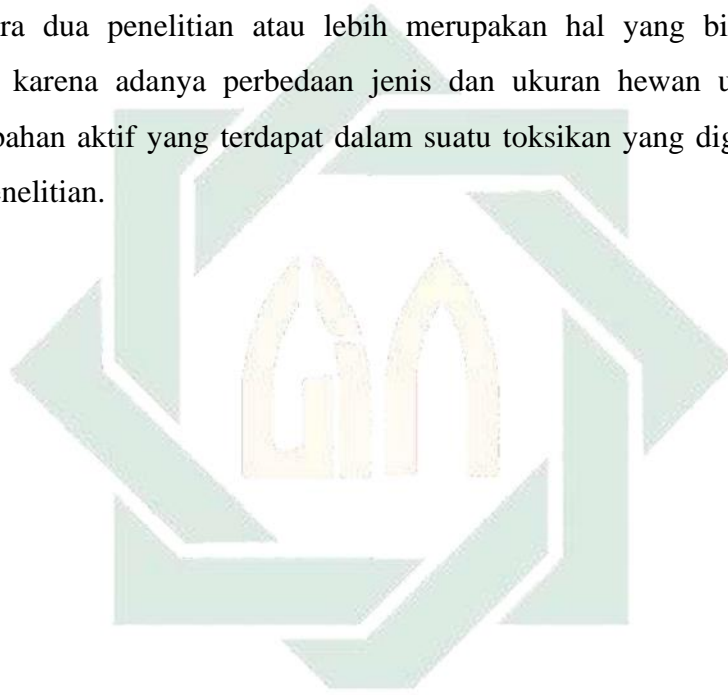
Tabel 4. 12 Nilai LC<sub>50</sub> pada SPSS**Confidence Limits**

	Probab ility	95% Confidence Limits for konsentrasi			95% Confidence Limits for log(konsentrasi) <sup>a</sup>		
		Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBI	,010	35,702	28,830	38,812	1,553	1,460	1,589
T	,020	36,653	30,261	39,561	1,564	1,481	1,597
	,030	37,270	31,201	40,049	1,571	1,494	1,603
	,040	37,741	31,924	40,425	1,577	1,504	1,607
	,050	38,128	32,522	40,736	1,581	1,512	1,610
	,060	38,461	33,038	41,005	1,585	1,519	1,613
	,070	38,755	33,495	41,245	1,588	1,525	1,615
	,080	39,021	33,909	41,463	1,591	1,530	1,618
	,090	39,264	34,287	41,664	1,594	1,535	1,620
	,100	39,489	34,638	41,851	1,596	1,540	1,622
	,150	40,434	36,113	42,657	1,607	1,558	1,630
	,200	41,201	37,302	43,339	1,615	1,572	1,637
	,250	41,871	38,327	43,965	1,622	1,583	1,643
	,300	42,482	39,242	44,567	1,628	1,594	1,649
	,350	43,056	40,078	45,168	1,634	1,603	1,655
	,400	43,607	40,854	45,783	1,640	1,611	1,661
	,450	44,148	41,582	46,428	1,645	1,619	1,667
	,500	44,687	42,271	47,116	1,650	1,626	1,673
	,550	45,232	42,930	47,861	1,655	1,633	1,680
	,600	45,792	43,566	48,679	1,661	1,639	1,687





cair rumah sakit, maka semakin tinggi pula kematian biota uji, dan sebaliknya jika konsentersasi limbah cair rumah sakit rendah maka kematian biota uji juga semakin rendah. Selain konsentersasi, waktu pemaparan juga berpengaruh terhadap kematian biota uji. Semakin lama waktu pemaparan limbah dan semakin tinggi konsentrasi limbah cair rumah sakit, maka kematian biota uji semakin meningkat. Menurut (Leuwol et al., 2019) perbedaan nilai  $LC_{50}$  yang terjadi antara dua penelitian atau lebih merupakan hal yang biasa, ini diakibatkan karena adanya perbedaan jenis dan ukuran hewan uji serta perbedaan bahan aktif yang terdapat dalam suatu toksikan yang digunakan pada tiap penelitian.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dari penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pemeriksaan sampel limbah cair yang diambil, kadar BOD pada influent IPAL rumah sakit X sebesar 137 mg/L, COD sebesar 155 mg/L, NH<sub>3</sub> sebesar 63 mg/L, dan PO<sub>4</sub> sebesar 11 mg/L.
2. Berdasarkan perhitungan yang didapatkan dari analisis statistik mengenai Nilai LC<sub>50</sub> limbah cair rumah sakit X terhadap ikan zebra (*Danio rerio*) mendapatkan hasil yaitu 44,687 mg/L.
3. Nilai LC<sub>50</sub> dari limbah cair rumah sakit X terhadap ikan zebra (*Danio rerio*) dapat dikatakan toksikan yang masuk dalam kategori IV yang dianggap tidak membahayakan bagi makhluk hidup dikarenakan memiliki nilai LC<sub>50</sub> > 2 mg/L.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran-saran untuk penelitian berikutnya sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan uji toksisitas kronik dengan konsentrasi rendah secara kontinu dalam suatu periode waktu yang panjang untuk mengevaluasi efek buruk yang timbul pada biota uji dan bahaya dari limbah cair rumah sakit.
2. Untuk melengkapi penelitian mengenai uji toksisitas akut limbah cair rumah sakit perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter yang lebih spesifik guna melihat efek toksikan terhadap organ ikan zebra (*Danio rerio*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alves, A. C. F., Saiki, P. T. O., Da Silva Brito, R., Scalize, P. S., & Rocha, T. L. (2022). How Much Are Metals For Next-Generation Clean Technologies Harmful To Aquatic Animal Health? A Study With Cobalt And Nickel Effects In Zebrafish (*Danio Rerio*). *Journal Of Hazardous Materials Advances*, 8, 100160. <https://doi.org/10.1016/J.Hazadv.2022.100160>
- Amelia, L., DM, E. A. J., & Surya, R. A. (2018). Management Waste In The Public Service Area Of The Southern Konawe Hospital. *HIGIENE*, 4.
- Andria, A. F., & Rahmaningsih, S. (2018). Kajian Teknis Faktor Abiotik Pada Embung Bekas Galian Tanah Liat PT. Semen Indonesia Tbk. Untuk Pemanfaatan Budidaya Ikan Dengan Teknologi KJA. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 10(2), 95–105. <https://doi.org/10.20473/Jipk.V10i2.9825>
- B, R., & Mallongi, A. (2018). Studi Karakteristik Dan Kualitas Bod Dan Cod Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto Dg. Pasewang Kabupaten Jeneponto.
- Berlianto, M., Bieby, D., & Tangahu, V. (2018). *Range Finding Test* Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Pada Limbah Cair Chromium *Range Finding Test Chlorella Vulgaris* Microalgae In Chromium Wastewater.
- Damasceno, É. P., Charlie-Silva, I., Machado-Santelli, G. M., Garnique, A. M. B., Machado-Neto, J. A., Teixeira, S. A., Jimenez, P. C., Carneiro, D., Soares, A. M. V. M., Costa-Lotufo, L. V., Loureiro, S., & Pavlaki, M. D. (2022). Effects Of Trabectedin In The Zebrafish *Danio Rerio*: From Cells To Larvae. *Environmental Advances*, 8. <https://doi.org/10.1016/J.Envadv.2022.100208>
- Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2021). *Toksikologi Lingkungan Konsep & Aplikatif*.
- Fitriyanti, R. (2020). Karakteristik Limbah Domestik Di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara (Vol. 5, Issue 2).
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., & Catalano, A. (2020). The Effects Of Cadmium Toxicity. In *International Journal Of Environmental Research And Public Health* (Vol. 17, Issue 11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/Ijerph17113782>

- Ihsan, T., Edwin, T., Husni, N., & Rukmana, W. D. (2018). Uji Toksisitas Akut Dalam Penentuan LC<sub>50</sub>-96H Insektisida Klorpirifos Terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 98. <https://doi.org/10.14710/Jil.16.1.98-103>
- Ihsan, T., Edwin, T., & Vitri, Y. R. (2017). Analisis Lc 50 Logam Pb, Co Dan Cr Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*) Pada Limbah Cair Industri Percetakan Kota Padang.
- Kareliasari, N. A. D. (2021). Nalisis Suhu, Ph, Dhl, DO, TDS, TSS, BOD, COD Dan Kadar Timbal Pada Air Dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang.
- Karimah, U. (2021). Pemeliharaan Ikan Zebra (*Danio Rerio*) Di Laboratorium Sebagai Persiapan Hewan Model Penelitian.
- Kartikasari, N. A. (2022). Uji Toksisitas Akut Limbah Laundry Terhadap Ikan Mujair (*Oreochromis Sp.*).
- Kencanawati, C. I. P. K. (2016). Diktat Mata Kuliah Sistem Pengelolaan Air Limbah (MKB 7473).
- KEPMEN LH. (1995). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 58 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit.
- Kerubun, A. A. (2014). Kualitas Limbah Cair Di Rumah Sakit Umum Daerah Tulehu.
- Khan, F. R., & Alhewairini, S. (2018). Zebrafish (*Danio Rerio*) As A Model Organism . In *Current Trends In Cancer Management*. Intechopen. <https://doi.org/10.5772/Intechopen.81517>
- Lestari, N. A. A., Diantari, R., & Efendi, E. (2015). Penurunan Fosfat Pada Sistem Resirkulasi Dengan Penambahan Filter Yang Berbeda. *E-Jurnal Rekaya Dan Teknologi Budidaya Perairan*, III.
- Leuwol, C. F., Lumban Batu, D. T. F., & Affandi, R. (2019). Acute Toxicity Test Of Carbamate Insecticide On Common Carp, *Cyprinus Carpio* Linnaeus, 1758. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(3), 191. <https://doi.org/10.32491/Jii.V18i3.340>
- Li, X., Wang, Q., Wang, C., Yang, Z., Wang, J., Zhu, L., Zhang, D., & Wang, J. (2022). Ecotoxicological Response Of Zebrafish Liver (*Danio Rerio*) Induced

- By Di-(2-Ethylhexyl) Phthalate. *Ecological Indicators*, 143.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109388>
- Mahera, L. (2019). Kajian Uji Hayati Air Limbah Hasil IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Rumah Sakit Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*) Sebagai Referensimata Kuliah Struktur Hewan.
- Mohan Prakash, R. L., Hwang, D. H., Hong, I. H., Chae, J., Kang, C., & Kim, E. (2020). *Danio Rerio* As An Alternative Vertebrate Model For Jellyfish Venom Study: The Toxinological Aspects Of Nemopilema Nomurai Venom. *Toxicology Letters*, 335, 91–97.  
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.10.012>
- Ngibad, K. (2019). Analisis Kadar Fosfat Dalam Air Sungai Ngelom Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(3), 197–201.  
<https://doi.org/10.29303/jpm.v14i3.1158>
- Ningrum, P. T., & Khalista, N. N. (2014). Gambaran Pengelolaan Limbah Cair Di Rumah Sakit X Kabupaten Jember.
- Nuha, A. U., B, F. P. M. H., & Mubarok, I. (2016). Toksisitas Letal Akut Limbah Cair Tenun Troso Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*). *Life Science*.
- OECD, O. (2019). *OECD Guideline For Testing Of Chemicals (Fish Acute Toxicitytest)*. <http://www.oecd.org/termsandconditions/>.
- PERGUB JATIM. (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- PERMEN LH. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- PERMEN RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 340/Menkes/Per/Iii/2010 Tentang Klasifikasi Rumah Sakit.
- Pratiwi, H. C. (2014). Pengaruh Toksisitas Akut Air Lindi Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*).
- Pritchard, V. L. (2001). *Behaviour And Morphology Of The Zebrafish, Danio Rerio*.
- Putra, Y. D., Wulandari, D., & Fitria, L. (2016). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Rumah Makan Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*).

- Rachmah, Y. N. (2020). Uji Toksisitas Akut Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Dan Timbal (Pb) Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*).
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), Dan Biologycal Oxygen Demand (BOD) Dalam Air Limbah Domestik Di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 6(1), 12–22. <https://doi.org/10.20885/ijcr.Vol6.Iss1.Art2>
- Sa, A. F. (2022). Evaluasi Kualitas Air Limbah Pada Inlet Dan Outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Gampong Rukoh Kota Banda Aceh Sebagai Rekomendasi Sistem Pemeliharaan Berbasis Masyarakat.
- Said, N. I. (2006). Paket Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Yang Murah Dan Efisien. In *Paket Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit* ..... JAI (Vol. 2, Issue 1).
- Sa'idi, M. M. (2020). Analisis Parameter Kualitas Air Minum (Ph, ORP, TDS, DO, Dan Kadar Garam) Pada Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK).
- Sari, A. H. K. (2022). Uji Toksisitas Akut Pestisida Dan Krom (Cr) Terhadap Ikan Nila (*Oreo Sp*).
- Sihombing, R. (2021). Karya Tulis Ilmiah Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Umum Daerah Sidikalang Kabupaten Dairi Tahun 2021.
- Silfiyah, L. (2016). Uji Toksisitas Akut (Lc<sub>50</sub>-96 Jam) Limbah Cair Rumah Sakit Terhadap Kepadatan *Chlorella Vulgaris* pada Bak-Bak Percobaan.
- Simanjuntak, S. O. (2018). Pengaruh Genistein Terhadap Panjang Tubuh Pada Embrio Zebrafish (*Danio Rerio*) Yang Diberi Paparan Glukosa Tinggi.
- Situmorang, M. U. (2019). Analisa Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Bunda Thamrin Dengan Parameter COD, BOD, pH TSS DAN MPN Coliform.
- Spence, R., Gerlach, G., Lawrence, C., & Smith, C. (2008). *The Behaviour And Ecology Of The Zebrafish, Danio Rerio*. [www.sanger.ac.uk](http://www.sanger.ac.uk)
- Sulistia, S., & Cahaya Septisya, A. (2019). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Analisis Kualitas Air.... JRL*, 12(1), 41–57.
- Tatangindatu, F., Kalesaran, O., & Rompas, R. (2013). *Studi Parameter Fisika Kimia Air Pada Areal Budidaya Ikan Di Danau Tondano, Desa Paleloan*,

*Kabupaten Minahasa (Study On Water Physical-Chemical Parameters Around Fish Culture Areas In Lake Tondano, Paleloan Village, Minahasa Regency)* (Vol. 1, Issue 2).

Tyas, N. M., Batu, D. T. F. L., & Affandi, R. (2016). The Lethal Toxicity Test Of Cr6+ On (*Oreochromis Niloticus*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), 128–132. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.128>

USEPA. (2002). *Methods For Measuring The Acute Toxicity Of Effluents And Receiving Waters To Freshwater And Marine Organisms Fifth Edition*.

USEPA. (2004). Chemical Hazard Classification And Labeling : Comparison Of Opp Requirements And The Ghs Contents. <http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/officialtext.html>

Utami, A. R., & Mahmudah, L. (2018). Penurunan Kadar Fosfat Dalam Limbah Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Fitobiofilm. In *JULI* (Vol. 3, Issue 1).

UU RI. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2009 Tentang Rumah Sakit.

Yulianto, & Amalloyah, N. (2017). *TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN*.

Zai, K. E. S. (2019). Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub>-96jam ) Insektisida Klorpirifos Terhadap Ikan Lele (*Clarias Sp.*).

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A