

**UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>-96 JAM) LIMBAH CAIR INDUSTRI KAYU  
LAPIS PADA PT. XYZ TERHADAP IKAN WADER PARI  
(*Rasbora lateristriata*)**

**TUGAS AKHIR**

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



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

Disusun oleh  
**SILVIA MARCHELITA**  
(H75219032)

Dosen Pembimbing  
Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL  
Sulistiya Nengse, S.T, M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA  
2023**





UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

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

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

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING  
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : SILVIA MARCHELITA  
NIM : H75219032  
Judul Tugas Akhir : UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>-96 JAM) LIMBAH CAIR  
INDUSTRI KAYU LAPIS PADA PT. XYZ TERHADAP IKAN  
WADER PARI (*Rasbora lateristriata*)

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 27 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

**Dedy Suprayogi, S.KM., M.KL**  
NIP. 198512112014031002

Dosen Pembimbing 2

**Sulistiya Nengseh, S.T., M.T**  
NIP. 1990100920212019

**PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR**

Nama : Silvia Marchelita  
NIM : H75219032  
Judul : Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub> – 96 Jam) Limbah Cair Industri Kayu Lapis  
Pada PT.XYZ Terhadap Ikan Wader Pari (*Rasbora lateristriata*)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Di Surabaya, Kamis 6 Juli 2023

Mengesahkan,

Dewan Penguji,

Penguji I



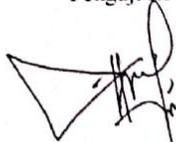
Dedy Suprayogi, M.KI.  
NIP. 198512112014031002

Penguji II



Ir. Sulistiya Nengse, S.T., M.T.  
NIP. 19901009202122019

Penguji III



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

Penguji IV



Amrullah, M.Ag.  
NIP. 197309032006041001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Hamdani, M.Pd  
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

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 : SILVIA MARCHELITA  
NIM : H75219032  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : smarchelita@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)  
yang berjudul:

**UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub> – 96 JAM) LIMBAH CAIR INDUSTRI KAYU LAPIS  
PADA PT.XYZ TERHADAP IKAN WADER PARI (*Rasbora Lateristriata*)**

berserta 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, 14 Juli 2023

Penulis

  
(Silvia Marchelita)

## ABSTRAK

### UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>-96 JAM) LIMBAH CAIR INDUSTRI KAYU LAPIS PADA PT. XYZ TERHADAP IKAN WADER PARI (*Rasbora lateristriata*)

Perkembangan kegiatan industrialisasi memiliki sejumlah efek merugikan bagi lingkungan. Limbah cair dari kegiatan industri merupakan salah satu masalah lingkungan yang ada. Industri kayu lapis adalah salah satu industri yang perlu mendapatkan perhatian karena menghasilkan limbah cair. Berdasarkan hasil observasi peneliti dan keterangan warga setempat serta karyawan pada bulan Agustus 2022, PT. XYZ tidak memiliki Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC). Limbah cair industri kayu lapis yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai sehingga dapat membahayakan ekosistem yang ada. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis karakteristik limbah cair industri kayu lapis PT.XYZ dan mengetahui nilai toksisitas akut serta menganalisis klasifikasi toksisitas limbah cair kayu lapis PT.XYZ terhadap ikan wader pari. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental di laboratorium. Ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) 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), 7%, 9,4%, 12,7%, %, 17,2% dan 23,2%, 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 penelitian ini antara lain sampel limbah cair PT.XYZ memiliki kadar BOD sebesar 896 mg/L, COD sebesar 1524 mg/L, NH<sub>3</sub> sebesar 64 mg/L dan Fenol sebesar 0,7 mg/L serta hasil pada tahap uji toksisitas akut toksisitas limbah cair PT.XYZ berdasarkan penelitian pada ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) menghasilkan nilai LC<sub>50</sub>-96 jam sebesar 7,235 mg/L. Berdasarkan nilai LC<sub>50</sub>-96 jam yang diperoleh, limbah cair PT.XYZ termasuk kelas IV yang dikategorikan *high acute toxicity (HT)*.

Kata Kunci: Uji Toksisitas Akut, LC<sub>50</sub>, Limbah Cair Kayu Lapis, Ikan Wader Pari

## ABSTRACT

### ***ACUTE TOXICITY TEST (LC50-96 HOURS) OF LIQUID WASTE PLYWOOD INDUSTRY AT PT. XYZ ON *Rasbora lateristriata****

*The development of industrialization activities had several detrimental effects on the environment. Liquid waste from industrial activities was one of the environmental problems that existed. The plywood industry was one of the industries that needed attention because it produced liquid waste. Based on the observations of researchers and the information from residents and employees in August 2022, PT. XYZ did not have a Liquid Waste Treatment Plant. Liquid waste from the plywood industry was directly discharged into the river, thus endangering the existing ecosystem. The aim of this research was to analyze the characteristics of liquid waste from PT. XYZ's plywood industry and determine the acute toxicity value, as well as analyze the toxicity classification of PT. XYZ's plywood liquid waste on the *Rasbora lateristriata* fish. This research was an experimental study conducted in a laboratory. *Rasbora lateristriata* fish were used as the test organisms in this study. The treatment of the test organisms began with the acclimatization process, range finding test, and acute toxicity test with concentrations of 0% (control), 7%, 9.4%, 12.7%, %, 17.2%, and 23.2%, exposed for 96 hours. The LC50 value was then calculated using the probit analysis method using IBM SPSS software. The results obtained from this study included PT. XYZ's liquid waste sample having a BOD level of 896 mg/L, COD level of 1524 mg/L, NH<sub>3</sub> level of 64 mg/L, and phenol level of 0.7 mg/L. Additionally, the results of the acute toxicity test indicated that PT. XYZ's liquid waste, based on the research conducted on *Rasbora lateristriata* fish, had an LC50-96 hour value of 7.235 mg/L. Based on the obtained LC50-96 hour value, PT. XYZ's liquid waste belonged to Class IV, which was categorized as high acute toxicity (HT).*

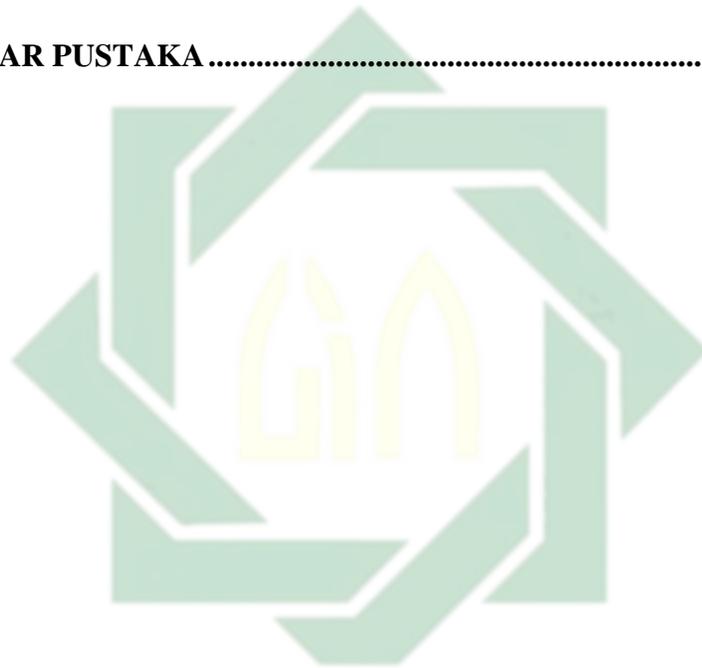
*Keywords: Acute Toxicity Test, LC50, Plywood Effluent, *Rasbora lateristriata**

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</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>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Toksikologi.....	6
2.1.1 Toksikan.....	6
2.1.2 Toksisitas .....	7
2.2 Limbah Cair.....	14

2.3	Limbah Cair Industri Kayu Lapis.....	15
2.4	Pencemaran Air dan Pengendaliannya .....	16
2.5	Biota Uji .....	18
2.6	Kondisi Lingkungan Optimum.....	21
2.7	Aklimatisasi.....	22
3.8	Range Finding Test .....	23
3.9	Analisi Probit.....	23
3.10	Penelitian terdahulu.....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1	Metode Penelitian.....	27
3.2	Waktu Penelitian .....	27
3.3	Lokasi Penelitian .....	27
3.4	Alat dan Bahan .....	27
3.5	Tahap Penelitian.....	28
3.6	Kerangka Pikir Penelitian.....	29
3.7	Langkah Kerja Penelitian .....	32
3.7.1	Penentuan Lokasi dan Pengambilan Sampel.....	32
3.7.2	Aklimatisasi .....	32
3.7.3	Range Finding Test .....	33
3.7.4	Acute Toxicity Test.....	34
3.7.5	Analisa Probit.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>36</b>
4.1.	Karakteristik Limbah Cair Industri Kayu Lapis pada PT.XYZ .....	36
4.2.	Aklimatisasi.....	38

4.3. <i>Range Finding Test</i> .....	42
4.4. <i>Acute Toxicity Test</i> .....	54
4.5. Perhitungan LC <sub>50</sub> 96 Jam .....	65
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>72</b>
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2. Saran.....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>73</b>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

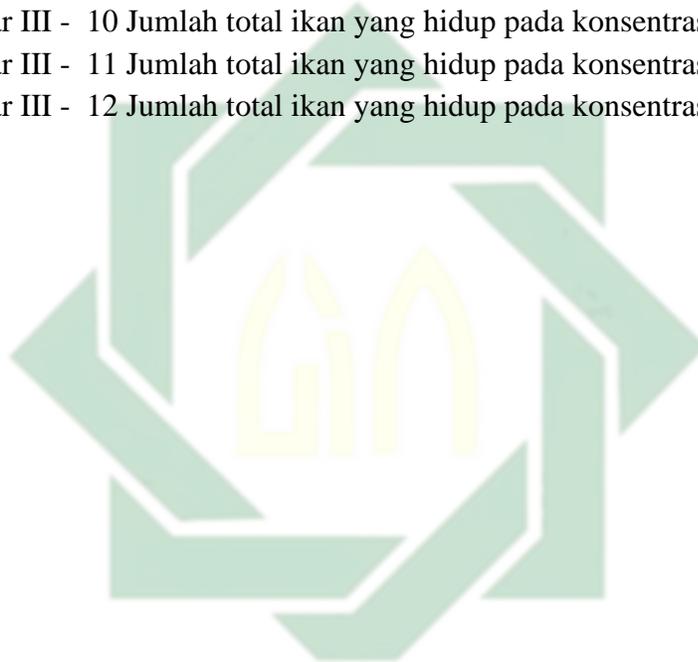
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Toksisitas LD50.....	8
Tabel 2. 2 Klasifikasi Toksisitas LC50.....	9
Tabel 2. 3 Baku Mutu Limbah Cair Industri Kayu Lapis .....	16
Tabel 2. 4 Tabel kelayakan ikan pada tahap aklimatisasi .....	23
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu .....	24
Tabel 3. 2 Kelayakan Ikan Pada Tahap Aklimatisasi .....	33
Tabel 4. 1 Kualitas limbah cair industri kayu lapis pada PT.X .....	37
Tabel 4. 2 Kualitas Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT.X .....	43
Tabel 4. 3 Variasi Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT.X pada tahap Range Finding Test.....	44
Tabel 4. 4 Kandungan limbah cair dalam variasi Range Finding Test .....	45
Tabel 4. 5 Total kematian ikan pada tahap Range Finding Test.....	47
Tabel 4. 6 Perbedaan Konsentrasi RFT dengan Uji Toksisitas.....	54
Tabel 4. 7 Kualitas Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT.X pada tahap Uji Toksisitas .....	55
Tabel 4. 8 Variasi limbah cair industri kayu lapis PT.X pada tahap uji toksisitas.....	57
Tabel 4. 9 Kandungan limbah cair pada variasi uji toksisitas akut.....	58
Tabel 4. 10 Persentase kematian ikan .....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme Toksisitas .....	10
Gambar 2. 2 Ikan Wader Pari.....	19
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian .....	29
Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian .....	31
Gambar 3. 3 Sketsa Reaktor.....	33
Gambar 4. 1 Suhu pada tahap aklimatisasi .....	39
Gambar 4. 2 pH pada tahap aklimatisasi.....	40
Gambar 4. 3 DO pada tahap aklimatisasi.....	41
Gambar 4. 4 Mortalitas Ikan pada tahap aklimatisasi .....	42
Gambar 4. 5 Grafik kadar BOD pada tahap Range Finding Test berdasarkan perhitungan.....	48
Gambar 4. 6 Grafik kadar COD pada tahap Range Finding Test berdasarkan perhitungan.....	49
Gambar 4. 7 Grafik kadar TSS pada tahap Range Finding Test berdasarkan perhitungan .....	50
Gambar 4. 8 Grafik kadar NH <sub>3</sub> pada tahap Range Finding Test berdasarkan perhitungan .....	51
Gambar 4. 9 Grafik kadar Fenol pada tahap Range Finding Test berdasarkan perhitungan.....	53
Gambar 4. 10 Rata – rata kematian ikan pada tahap Uji Toksisitas Akut .....	59
Gambar 4. 11 Grafik kadar BOD pada tahap Uji Toksisitas berdasarkan perhitungan .....	60
Gambar 4. 12 Grafik kadar COD pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan.....	61
Gambar 4. 13 Grafik kadar TSS pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan.....	62
Gambar 4. 14 Grafik kadar NH <sub>3</sub> pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan.....	63
Gambar 4. 15 Grafik kadar Fenol pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan.....	65
Gambar 4. 16 Data konsentrasi, kematian dan total pada SPSS .....	67
Gambar 4. 17 Menjalankan SPSS Analisis, Regression, Probit .....	67
Gambar 4. 18 Menjalankan SPSS pada dialog box Probit Analysis.....	68
Gambar 4. 19 Menjalankan SPSS Pada Probit Analysis Options.....	68
Gambar 4. 20 Nilai LC <sub>50</sub> pada SPSS.....	70

Gambar III - 1 Panjang Ikan Wader Pari ( <i>Rasbora lateristriata</i> ).....	104
Gambar III - 2 Berat Ikan Wader Pari ( <i>Rasbora Lateristriata</i> ).....	104
Gambar III - 3 Pengukuran pH dan suhu pada tahap aklimatisasi .....	105
Gambar III - 4 Pengukuran DO pada tahap aklimatisasi .....	105
Gambar III - 5 Pengukuran pH dan suhu saat pengambilan sampel limbah cair .....	106
Gambar III - 6 Pengukuran DO pada saat pengambilan sampel limbah cair.....	106
Gambar III - 7 Memasukkan limbah cair ke aquarium .....	107
Gambar III - 8 Total jumlah ikan yang hidup pada konsentrasi 7% .....	107
Gambar III - 9 Total jumlah ikan yang hidup pada konsentrasi 9,4% .....	108
Gambar III - 10 Jumlah total ikan yang hidup pada konsentrasi 12,7% .....	109
Gambar III - 11 Jumlah total ikan yang hidup pada konsentrasi 17,2% .....	109
Gambar III - 12 Jumlah total ikan yang hidup pada konsentrasi 23,2% .....	109



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LEMBAR A : HASIL LABORATORIUM.....</b>	<b>78</b>
<b>LEMBAR B : HASIL PERHITUNGAN.....</b>	<b>81</b>
<b>LEMBAR C : VALIDASI BIOTA UJI.....</b>	<b>99</b>
<b>LEMBAR D : DOKUMENTASI.....</b>	<b>103</b>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan kegiatan industrialisasi memiliki sejumlah efek merugikan bagi lingkungan. Limbah cair dari kegiatan industri merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling mendominasi saat ini (Sani dkk., 2020). Limbah cair jika tidak ditangani dengan baik maka dapat memberikan efek negatif pada perairan yakni akan menyebabkan pencemaran air dan penyakit jika air tersebut digunakan oleh penduduk setempat. Industri kayu lapis adalah salah satu industri yang perlu mendapatkan perhatian karena juga menghasilkan limbah cair.

Industri kayu lapis di Indonesia saat ini sedang mengalami pengembangan menurut data dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia telah terdapat 107 pabrik industri kayu lapis yang tersebar di seluruh Indonesia dengan hasil produksi pada tahun 2015 sebesar 103.546 m<sup>3</sup> dan mengalami kenaikan pada tahun 2020 mencapai sebesar 3.862.923 m<sup>3</sup> menurut BPS. Limbah cair, potongan kayu lapis, dan *loge core* finis rusak merupakan beberapa limbah manufaktur yang dihasilkan oleh industri kayu lapis. Kegiatan pengolahan meliputi pencucian mesin pengering, pencucian kayu, pencucian mesin perekat (penyebarkan lem, pengaduk lem), dan lain-lain merupakan kegiatan industri kayu lapis yang menghasilkan limbah cair. Karakteristik limbah cair yang seringkali mendominasi adalah nilai pH (*Potential of Hydrogen*), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), fenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH), amonia total (NH<sub>3</sub>) (Yaqin & Indrayatie, 2019).

Limbah cair jika dibuang tanpa diolah terlebih dahulu dapat mencemari lingkungan karena mengandung bahan kimia yang larut dalam air.

Limbah industri kayu yang merupakan pencemar berasal dari bahan pengawet kayu yakni impralit, CCB, CCF, dan lain-lain. Pengawet ini mengandung zat pengaktif yang jika kadarnya melebihi ambang batas dapat membahayakan biota perairan maupun manusia yang melennya karena memiliki kadar BOD dan COD yang sangat tinggi (Soedarmanto, 2012).

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

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي  
عَمِلُوا 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 telah mengalami kerusakan dikarenakan perbuatan manusia yang semen. Sehingga ekosistem lingkungan menjadi terganggu dan mengalami ketidak seimbangan.

Berdasarkan hasil observasi dan keterangan warga setempat dan karyawan, PT. XYZ tidak memiliki Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC). Limbah cair industri kayu lapis yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai dimana sungai tersebut masih aktif digunakan oleh warga setempat untuk kegiatan sehari-hari. Selain itu, warga setempat sempat melihat beberapa ikan yang ada di sungai mati setelah adanya pembuangan limbah cair tersebut. Untuk mengetahui unsur pencemar penyebab terganggunya kehidupan biota dan pengaruh yang ditimbulkannya terhadap biota yang ada, dapat dilakukan uji toksisitas dengan menggunakan hewan uji. Nilai akut limbah cair industri kayu lapis dapat diketahui dengan uji toksisitas dengan mengamati kematian biota uji sebanyak 50%.

Ikan merupakan organisme perairan yang paling mudah terpengaruh oleh kondisi perairan yang terdampak akibat buangan limbah atau polutan baik yang berasal dari industri maupun rumah tangga. Ikan yang hidup dalam habitat terbatas seperti sungai, danau, dan teluk akan sulit menghindar dari pengaruh pencemaran, sehingga unsur-unsur pencemaran dapat masuk ke dalam tubuhnya (J A R, 2020).

Salah satu spesies non target yang dapat menjadi bioindikator pencemaran air adalah ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*). Ikan wader pari menjadi salah satu spesies endemik yang banyak ditemukan di area persawahan, saluran irigasi, dan sungai (Sentosa & Djumanto, 2010). Ikan wader pari juga masih banyak ditemukan di sungai yang biasa digunakan untuk kegiatan sehari – hari warga tersebut. Biota uji dalam uji toksisitas memiliki kriteria tertentu yang harus diperhatikan yaitu: biota uji sensitif terhadap bahan kimia, berjumlah banyak, tersedia berbagai ukuran setiap tahunnya, dapat dipelihara dalam skala laboratorium, bernilai ekonomis, dan cocok digunakan uji hayati (APHA, dkk., 2005). Selain itu, ikan wader pari saat ini sedang sangat digemari masyarakat untuk dikonsumsi sehingga banyak diperjual belikan. Ikan wader pari mudah didapatkan dalam jumlah yang banyak, sehingga cocok digunakan untuk biota uji. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka akan dilaksanakan penelitian “Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub> 96 jam) Limbah Cair Industri Kayu Lapis pada PT. XYZ terhadap Ikan Wader Pari (*Rasbora lateristriata*)” untuk mengetahui nilai LC<sub>50</sub> pada limbah cair kayu lapis serta mengetahui kriteria toksisitas pada limbah cair kayu lapis tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ?
2. Berapakah nilai *Lethal Concentration* ( $LC_{50}$ ) limbah cair industri kayu lapis terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*)?
3. Bagaimana klasifikasi toksisitas pada limbah cair kayu lapis terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis karakteristik limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ
2. Mengetahui nilai *Lethal Concentration* ( $LC_{50}$ ) limbah cair industri kayu lapis terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*).
3. Menganalisis klasifikasi toksisitas pada limbah cair kayu lapis terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*).

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang didapatkan dari penelitian sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti  
Mengetahui nilai toksisitas dan tingkat bahaya dari limbah cair industri kayu lapis terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*).
2. Bagi Industri atau Perorangan  
Memberikan informasi apabila pihak industri membuang limbah secara langsung tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu akan mengakibatkan pencemaran pada lingkungan.

3. Bagi Masyarakat

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

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Pelaksanaan penelitian menggunakan skala laboratorium pada Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.
2. Sampel limbah cair industri kayu lapis diambil dari PT. XYZ yang berlokasi di Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi.
3. Pengujian dilakukan dengan regresi probit yakni suatu metode untuk menentukan nilai LC50-96 dengan mengamati 50% kematian biota uji yang disebabkan oleh toksikan.
4. Biota uji menggunakan ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*).
5. Parameter yang diuji pada penelitian ini yakni suhu, pH, COD, BOD, TSS, Fenol dan Amonia.
6. Baku mutu yang digunakan sebagai acuan adalah PERMEN LHK No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada Lampiran VII mengenai Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Kayu Lapis.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Toksikologi**

Toksikologi ialah ilmu yang mempelajari tentang pengaruh pencemaran limbah yang dibuang ke lingkungan terhadap organisme yang hidup didalamnya. Jenis toksikan, durasi waktu paparan dan frekuensi, konsentrasi, kondisi lingkungan, dan biota uji merupakan beberapa faktor pendukung yang mempengaruhi tingkat racun yang masuk kedalam tubuh akibat bahan kimia serta organisme yang rentan terkena dampak adanya perubahan lingkungan. Toksikologi dalam pengertian yang paling sederhana adalah studi mengenai dampak dari pencemaran limbah ke lingkungan, khususnya pengaruhnya terhadap organisme lainnya yang mengancam kemampuan spesies untuk bertahan hidup (EPA, 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).

##### **2.1.1 Toksikan**

Suatu zat yang dapat berdiri dengan sendirinya akibat terjadi pencampuran zat, limbah dan lainnya kemudian menimbulkan dampak buruk terhadap biota yang hidup seperti mengakibatkan kerusakan organ dan jaringan, jumlah populasi, individu, sel serta biomolekul dengan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada fungsi struktur biologis sehingga berkerja kurang maksimal. Efek yang ditimbulkan memiliki sifat yang reversibel dengan artian bahwa fungsi organ yang

telah rusak tidak akan bisa menjadi pulih seperti semula (Megawati, 2017).

### **2.1.2 Toksisitas**

Toksisitas adalah suatu zat kimia yang bersifat relatif toksik atau beracun terhadap makhluk hidup secara langsung maupun tidak langsung dan mungkin diperlukan maupun tidak di perlukan. 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 iologi (Yulianto & Amalloyah, 2017).

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**

Toksisitas akut adalah toksikan yang dapat memberikan efek dalam waktu yang relatif singkat pada biota uji. Uji toksisitas akut biasanya mengakibatkan kematian sebagai respon yang terjadi (Alfiani, 2017). Uji toksisitas akut 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 (Zai, 2019). Untuk menentukan nilai toksisitas akut, dibedakan menjadi dua cara sebagai berikut (Yulianto dan Amaloyah, 2017).

#### A. Penentuan LD<sub>50</sub>

Pengertian dari LD<sub>50</sub> merupakan pemberian suatu dosis tunggal dengan besaran yang telah ditentukan sehingga dapat mematikan 50% kematian hewan uji dalam suatu kelompok dengan waktu paparan selama 24 jam. *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. Adapun klasifikasi toksisitas untuk LD<sub>50</sub>.

**Tabel 2.1** Klasifikasi Toksisitas LD<sub>50</sub>

Klasifikasi	LD <sub>50</sub>	Tingkat
Sangat toksik	≤ 1 mg/kg BB	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. Penentuan LC<sub>50</sub>

Penentuan nilai *Lethal Concentration* (LC<sub>50</sub>) dalam uji toksisitas akut dapat dilakukan dengan cara pemberian konsentrasi suatu zat terhadap biota uji. Kematian hewan uji yang disebabkan untuk mencari nilai LC<sub>50</sub> merupakan akibat kematian biota sebanyak 50% dengan jangka waktu cepat selama 96 jam (4 hari). 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). Berdasarkan (US EPA, 2010) *Toxic Unit* (TU) adalah ukuran toksisitas pada suatu effluen sebagai satuan toksisitas akut (TU<sub>a</sub>) atau toksisitas kronis (TU<sub>c</sub>). Semakin besar TU, semakin besar tingkat toksisitasnya. *Toxic Unit - acute* merupakan timbal - balik konsentrasi 100 kali yang menyebabkan 50 % dari organisme mati pada uji toksisitas akut. Nilai dari TU<sub>a</sub> diketahui setelah mendapatkan nilai LC50 melalui perhitungan analisa probit. Rumus menghitung TU<sub>a</sub> dapat dilihat di bawah in:

$$TU_a = 100\% / LC50$$

TU<sub>a</sub> = Toxic Unite acute

LC50 = Konsenterasi kematian 50% populasi

(US EPA, 2010)

Nilai TU<sub>a</sub> yang didapatkan kemudian digunakan untuk mengklasifikasi tingkat toksisitasnya. Adapun klasifikasi toksisitas terhadap organisme perairan.

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

TU	Classification	Toxicity
TU < 0.4	I	No acute toxicity (NT)
0.4 ≤ TU < 1	II	Slight acute toxicity (ST)
1 ≤ TU < 10	III	Acute toxicity (AT)
10 ≤ TU < 100	IV	High acute toxicity (HT)
TU ≥ 100	V	Very high acute toxicity (VT)

Sumber: (Persoone dkk., 2003)

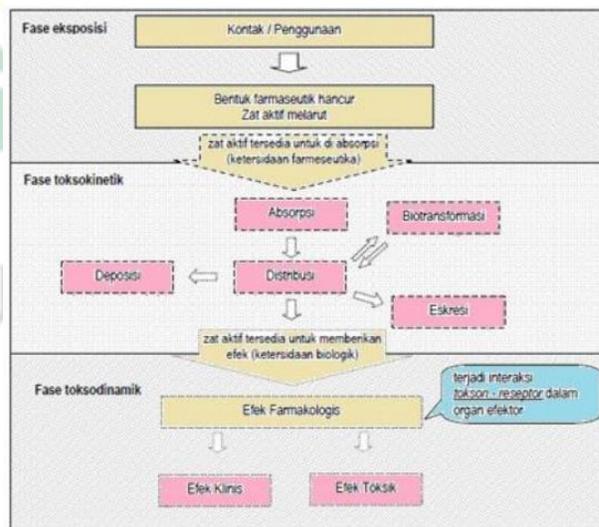
## 2. Toksisitas Kronis

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).

### 3. Mekanisme Toksisitas

Suatu mekanisme toksik pada umumnya merupakan hasil dari sederetan proses fisika, biokimia, dan biologis sangat rumit dan kompleks. Mekanisme toksik pada umumnya dikelompokkan ke dalam tiga fase yaitu: fase eksposisi, fase toksokinetik dan fase toksodinamik. Dalam menelaah interaksi zat asing dengan organisme hidup terdapat perlu memperhatikan 2 aspek, yaitu: mekanisme xenobiotika pada organisme dan pengaruh organisme terhadap xenobiotika. Mekanisme xenobiotika pada organisme adalah sebagai suatu senyawa kimia yang aktif secara biologik pada organisme tersebut (aspek toksodinamik). Sedangkan reaksi organisme terhadap xenobiotika umumnya dikenal dengan fase toksokinetik (Irianti dkk., 2017).



Gambar 2. 1 Mekanisme Toksisitas

Sumber: (Irianti dkk., 2017).

### a. Fase Eksposisi

Fase eksposisi merupakan fase terjadinya kontak atau paparan xenobiotika terhadap organisme. Paparan ini dapat terjadi melalui kulit, inhalasi (saluran pernafasan), dan oral (saluran pencernaan). Pada fase ini, umumnya hanya xenobiotika dalam bentuk terlarut dan terdispersi molekular yang dapat terabsorpsi menuju sistem sistemik. Penyerapan xenobiotika sangat tergantung pada konsentrasi dan lamanya kontak antara xenobiotika dengan permukaan organisme dengan kemampuan untuk mengabsorpsi xenobiotika tersebut. Dalam hal ini laju absorpsi dan jumlah xenobiotika yang terabsorpsi akan menentukan potensi efek biologik/toksik.

#### 1.) Eksposisi melalui kulit

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

#### 2.) Eksposisi melalui saluran pernafasan

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

toksik dari toksin yang dihirup tidak hanya dipengaruhi oleh sifat toksisitasnya tetapi juga sifat fisiknya.

3.) Eksposisi melalui saluran pencernaan

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

**b. Fase Taksokinetik**

Fase taksokinetik merupakan fase xenobiotika siap untuk diabsorpsi menuju aliran darah atau pembuluh limfe, maka xenobiotika tersebut akan bersama aliran darah atau limfe didistribusikan ke seluruh tubuh dan ke tempat kerja toksik (reseptor). Pada saat yang bersamaan sebagian molekul xenobiotik akan termetabolisme, atau tereksresi bersama urin melalui ginjal, melalui empedu menuju saluran cerna, atau sistem eksresi lainnya. (Irianti dkk., 2017).

**c. Fase Taksodinamik**

Fase taksodinamik merupakan fase timbulnya efek atau pengaruh dari xenobiotika dalam tubuh organisme. Dalam fase ini, konsentrasi xenobiotik akan menentukan kekuatan efek biologi yang ditimbulkan. Pada umumnya ditemukan konsentrasi zat kimia toksik cukup tinggi dalam hati dan ginjal, karena pada kedua organ tersebut zat toksik dimetabolisme dan diekskresi (Irianti dkk., 2017).

Untuk makhluk hidup akuatik biasanya toksisitas terjadi karena adanya bioakumulasi. Bioakumulasi didefinisikan sebagai suatu proses dimana terjadi akumulasi (penumpukan) senyawa asing (xenobiotik) di dalam suatu organisme baik secara langsung dari lingkungan abiotik (air, udara, tanah) ataupun dari sumber bahan makanan (transfer trofik). Xenobiotik di lingkungan sebagian besar masuk ke tubuh organisme secara difusi pasif. Tempat utama terjadinya paparan meliputi membran paru-paru, insang, dan

saluran gastrointestinal. Xenobiotik berpotensi masuk melalui sistem pencernaan ikan yang dimulai dari mulut, esofagus, lambung serta usus kemudian xenobiotik akan didistribusikan melalui aliran darah ke organ hati serta ginjal. Pada organ tersebut xenobiotik akan diekskresi karena kedua organ tersebut berfungsi mengelola zat – zat sisa yang tidak digunakan lagi serta zat yang dapat membahayakan metabolisme ikan. Lingkungan perairan merupakan tempat utama dimana xenobiotik lipofilik melintasi penghalang (barrier) antara lingkungan abiotik dan biota. Hal ini dikarenakan sungai, danau, dan laut menjadi tempat terlarutnya berbagai senyawa xenobiotik dan makhluk hidup akuatik akan menyerapnya melalui sistem pernafasan mereka (insang). Sehingga bioakumulasi xenobiotik dapat terjadi pada makhluk hidup akuatik (Irianti dkk., 2017)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Mayasari, 2017) kematian ikan mas pada uji toksisitas akut disebabkan oleh masuknya limbah cair ke dalam tubuh ikan melalui penyerapan langsung lewat kulit dan pengambilan dari air melalui membran insang. Disamping itu, diduga kematian ikan juga disebabkan limbah cair yang mampu menimbulkan rangsangan pada sistem syaraf sehingga menyebabkan kejang dan kematian (Mayasari, 2017). Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan (Mayasari, 2017) kematian ikan mas pada uji toksisitas akut juga menyebabkan histopatologi pada ginjal ikan mas yang menyebabkan hemoragi, kongesti, dan nekrosis. Hal ini disebabkan karena (limbah cair yang pertama kali masuk ke dalam tubuh ikan mas melalui organ pernafasan yaitu insang menyaring bahan pencemar masuk ke dalam tubuh, selanjutnya didistribusikan ke seluruh tubuh melalui aliran darah dan akhirnya di ginjal. Selain itu, peningkatan kandungan amoniak di ginjal terjadi karena intensitas masuknya amoniak ke dalam tubuh ikan terus menerus, sehingga ginjal mempunyai keterbatasan dalam menganulir limbah cair yang terus masuk ke dalam tubuh dan menyebabkan kematian.

## 2.2 Limbah Cair

Hasil sisa dari suatu kegiatan atau usaha adalah limbah. Limbah berbahaya dan beracun adalah sisa dari usaha atau kegiatan yang menggunakan bahan tersebut. Bahan-bahan ini memiliki potensi untuk mencemari, merusak lingkungan, dan membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya karena jenis, konsentrasi dan volumenya (Megawati, 2017).

Limbah cair adalah salah satu bentuk polutan. Air limbah didefinisikan sebagai campuran air dan padatan terlarut dari aktifitas yang dilepaskan ke lingkungan seperti air yang membawa limbah atau sampah dari tempat tinggal, tempat kerja, dan industri. Limbah menurut sifat fisiknya terbagi menjadi limbah padat, cair, dan gas. Air limbah pada konsentrasi tertentu dengan melewati batas yang ditetapkan akan menimbulkan pencemaran dan dapat mempengaruhi kondisi lingkungan. Oleh sebab itu, diperlukan pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk menghilangkan atau menyisihkan kontaminan. Kontaminan dapat berupa senyawa organik yang dinyatakan oleh nilai BOD, COD, nutrient, senyawa toksik, mikroorganisme patogen, partikel non *biodegradable*, padatan tersuspensi maupun terlarut (Sitorus dkk., 2021).

Manusia memiliki berbagai masalah yang harus dihadapi sebagai salah satu makhluk hidup di bumi. Masalah besar yang perlu dicemaskan saat ini adalah masalah lingkungan hidup. Perbincangan mengenai pemanasan global kini terjadi setiap hari. Kerusakan lingkungan hidup terjadi karena disebabkan aktivitas perorangan ataupun kegiatan industri tertentu. Lingkungan sangat dirugikan oleh aktivitas ini. Lingkungan memiliki dampak besar bagi kehidupan manusia. Era global adalah salah satu dari beberapa elemen yang dapat menyebabkan lingkungan mengubah cara kerjanya. Semua makhluk yang hidup di bumi dapat merasakan efek dari masalah lingkungan ketika muncul peristiwa alam yang tidak wajar (Dermawan, 2009).

Allah SWT telah berfirman dan ada sekitar 800 ayat yang berbicara mengenai alam semesta dan lingkungannya. Berikut contoh ayat-ayat Al-Qur'an yang membahas mengenai alam dan kerusakan lingkungan.

Allah berfirman dalam surat Al-Baqarah ayat 11-12:

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

Artinya: Dan bila dikatakan kepada mereka, “*Janganlah kalian membuat kerusakan di muka bumi: “Mereka menjawab, “ Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan. “ Ingatlah sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan tetapi mereka tidak menyadarinya (QS. Al-Baqarah:11-12).* Dari ayat tersebut dapat disimpulkan bahwa kerusakan lingkungan yang terjadi di bumi disebabkan oleh ulah manusia dan sudah menjadi tanggung jawab bagi manusia juga untuk menjaga dan melestarikan lingkungan

### 2.3 Limbah Cair Industri Kayu Lapis

Mayoritas dari limbah cair yang dihasilkan selama proses produksi kayu lapis berasal dari mesin pencuci, mesin *glue spreader*, dan peralatan produksi lainnya sehingga komposisi yang terkandung dalam limbah cair didominasi oleh air dan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan perekat. Sesuai dengan sumber asalnya yaitu mesin *glue spreader*, limbah cair yang dihasilkan terdiri dari bahan-bahan berdasarkan jenis perekat yang digunakan. Urea formaldehyde resin tepung industri, kaolin, hardener, T-500, catcher dan bassilium adalah bahan asal jenis perekat urea formafehide. Satu-satunya perbedaan antara resin fenol formaldehida dan resin formaldehida melamin berlaku untuk jenis perekat lainnya. Resin yang digunakan, yang merupakan 70–80% dari setiap campuran lengkap perekat, memiliki kandungan atau komposisi tertinggi secara keseluruhan, sedangkan komposisi elemen lainnya bervariasi dari satu perekat ke perekat berikutnya. pH, BOD,

COD, TSS, fenol, amonia total, dan kadar pH sering mendominasi sifat air limbah industri kayu lapis (Subari dkk., 2012). Tabel 2.3 berikut ini adalah tabel baku mutu air limbah untuk kegiatan atau usaha industri kayu lapis.

**Tabel 2. 3** Baku mutu limbah cair industri kayu lapis

Beban pencemar	Kadar maksimum (mg/L)	Bahan pencemaran maksimum (g/m <sup>3</sup> produk)
BOD	75	22,5
COD	125	37,5
TSS	50	15
Fenol	0,25	0,08
Amonia	4	1,2
pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0

Sumber : (PERMEN LHK NO.5 Tahun 2014)

Penggunaan bahan kimia sebagai bahan baku perekat di sektor manufaktur kayu lapis menimbulkan berbagai dampak yang merugikan. Resin, pengeras, dan tepung industri merupakan bahan baku yang digunakan dalam produksi bahan kimia. *Melamin Formaldehid (MF)* *Urea Formaldehid (UF)*, dan *Phenol Formoldehid (PF)* adalah jenis bahan baku perekat yang paling umum digunakan dalam produksi kayu lapis. Senyawa fenolik (turunan benzena) adalah bahan pencemar utama yang ditemukan pada industri kayu lapis. Senyawa fenolik tidak mudah terurai dalam air dan dalam waktu singkat sehingga dapat mengubah sifat fisik dan kimia air, beracun bagi biota perairan dan dapat mengubah cita rasa dan aroma hasil perikanan. (Sahubawa, 2008).

#### **2.4 Pencemaran Air dan Pengendaliannya**

Air tercemar disebabkan oleh proses dimana aktivitas manusia mengakibatkan masuknya energi, zat, makhluk hidup, dan komponen lainnya ke dalam air, yang kemudian menyebabkan penurunan kualitas air sehingga tidak dapat beroperasi secara efisien. Pencemaran air terjadi karena ada beberapa faktor penyebab yakni antara lain:

1. Bahan organik

Tingkat oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen (DO)* yang rendah disebabkan oleh perkembangan bakteri dan munculnya bahan organik yang terdiri dari lipid, karbohidrat, dan protein.

2. Zat - zat beracun

Zat beracun dapat mengakibatkan kerugian dengan mengganggu proses fisiologis dan metabolisme.

3. Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi menyebabkan kerugian karena dapat mengurangi penetrasi matahari pada badan air yang ada.

Pengendalian pencemaran limbah dapat diterapkan dengan menetapkan persyaratan mutu limbah cair. Pengujian lebih lanjut harus dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter, antara lain parameter fisika, kimia, dan biologi, yang biasanya dilakukan dengan menguji biota perairan salah satunya adalah ikan agar dapat diketahui pengaruh pencemaran di perairan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah limbah yang dibuang memenuhi baku mutu (Adhani & Husaini, 2017).

Melestarikan dan menjaga lingkungan merupakan tanggung jawab seluruh umat manusia serta merupakan suatu hal yang wajib dilakukan seperti yang telah tertuang dalam ayat berikut

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ  
وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya: “Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, “Aku hendak menjadikan khalifah di bumi.” Mereka berkata, “Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah di sana (QS. Al-Baqarah:30).

Keseimbangan ekologis yang terganggu oleh kerusakan lingkungan dapat berdampak pada keberadaan manusia. Kapasitas produksi alami akan berkurang akibat terganggunya keseimbangan ekologis, sedangkan kebutuhan manusia akan meningkat seiring dengan bertambahnya populasi. Bencana alam yang disebabkan oleh kerusakan lingkungan juga menelan banyak korban secara material maupun mental. Kebakaran hutan, tanah longsor, dan banjir memberikan contoh yang cukup tentang betapa buruknya manusia mengelola alam (Dermawan, 2009).

## **2.5 Biota Uji**

Biota uji adalah hewan atau tumbuhan yang sengaja dipelihara untuk tujuan penelitian dimana data yang dibutuhkan akan dikumpulkan dan dianalisis (Ghazali dkk., 2021). Biota uji yang digunakan harus sesuai dengan peraturan yang ditetapkan oleh APHA dkk., 2005 antara lain:

1. Biota uji memiliki kepekaan terhadap perubahan lingkungan perairan yang disebabkan oleh masuknya zat berbahaya ke dalam lingkungan air.
2. Tersedia biota uji dengan jumlah banyak dan berbagai jenis ukuran setiap tahun.
3. Biota uji dapat di pelihara dalam laboratorium dan penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
4. Memiliki nilai yang ekonomis.
5. Organisme yang digunakan telah sesuai untuk penelitian uji hayati.

Dalam penelitian ini, biota uji yang digunakan adalah ikan wader pari. Ikan wader pari dipilih menjadi biota uji karena merupakan salah satu hewan yang sering dikonsumsi manusia. Logam berat yang berada dalam ikan dapat masuk ke dalam sel dan ikut didistribusikan oleh darah keseluruh jaringan tubuh sehingga dapat terakumulasi pada organ tubuh. Apabila kondisi tersebut terjadi terus menerus akan membahayakan kesehatan manusia. Salah satu

spesies non target yang dapat menjadi bioindikator pencemaran air adalah ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*). Ikan wader pari menjadi salah satu spesies endemik yang banyak ditemukan di area persawahan, saluran irigasi, dan sungai (Sentosa & Djumanto, 2010). Menurut (Anderson & Neuman, 1996), tingkat kedudukan taksonomi Ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*  
Phylum : *Chordata*  
Class : *Acrinopterygii*  
Ordo : *Cypriniformes*  
Family : *Crypnidae*  
Genus : *Rasboras*  
Spesies : *R lateristriata*



Gambar 2. 2 Ikan Wader Pari

Sumber : (Sentosa, 2008)

Ikan Wader Pari (*R. lateristriata*) merupakan ikan yang memiliki ciri-ciri yang dapat dikenali diantaranya adanya garis belang yang berwarna kehitaman serta berbentuk memanjang mulai dari ujung operkulum hingga pangkal sirip ekor. Ciri selanjutnya adalah bagian tepi sirip ekor Wader ini berwarna kehitaman dengan dominasi warna kuning. Selanjutnya bagian posisi mulutnya berada di ujung dengan ukuran agak kecil dan terdapat bonggol sambungan tulang penyusun rahang bawah, ciri khusus dari ikan ini yang membedakan dengan beberapa jenis ikan Wader lainnya adalah tidak adanya sungut pada bagian bawah mulut. Ikan Wader hidup di daerah tropis dengan kisaran suhu antara 22-24°C dan pH perairan antara 6,0-6,5. Ikan

tersebut hidup berkelompok di dasar atau pada kolom air yang mengalir atau tergenang. Wader pari juga membutuhkan ruang untuk berenang bebas walaupun secara umum merupakan ikan yang relatif tenang dalam pergerakannya (Sentosa, 2008).

Ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) merupakan ikan yang hidup di perairan tawar, terutama di perairan sungai. Ikan ini termasuk ke dalam subfamili *Rasborinae*, famili *Cyprinidae* yang merupakan famili ikan terbesar di perairan air tawar. Subfamili *Rasborinae* tersebar di daerah Afrika dan bagian tenggara Eurasia, termasuk Indonesia (Nelson, 2006 dalam Sentosa & Djumanto, 2010). Indonesia memiliki 43 spesies ikan dari genus *Rasbora* yang salah satunya adalah *Rasbora lateristriata* yang tersebar di wilayah Sumatera, Kalimantan, Jawa, Bali, dan Lombok (Sentosa & Djumanto, 2010).

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

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ

Artinya : “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal.*” (QS. Ali-Imran : 190)

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَفُجُودًا وَعَلَىٰ خُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا  
مَا خَلَقْتَهُذَا بَطَلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “*(Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka..*” (QS. Ali-Imran : 191)

Surat Ali Imran di atas menyebutkan bahwa semua yang ciptaan yang ada di bumi memiliki manfaat. Contohnya ikan, ikan diciptakan tidak hanya

memiliki manfaat sebagai makanan manusia saja, akan tetapi juga bermanfaat sebagai organisme uji laboratorium. Salah satu uji laboratorium yang menggunakan biota uji adalah uji toksisitas. Uji toksisitas dapat dilakukan menggunakan biota uji berupa ikan maupun tumbuhan.

## 2.6 Kondisi Lingkungan Optimum

Kehidupan biota uji sangat berpengaruh dan sensitif terhadap media air yang digunakan. Parameter yang dapat dilakukan pengamatan untuk mengetahui kualitas air, dapat diketahui pada penjelasan berikut ini:

### 1. Oksigen

Aspek kebutuhan DO pada ikan terdapat dua yaitu organisme hidup membutuhkan lingkungan air yang optimum serta metabolisme biota yang membutuhkan konsumsi dalam kehidupannya. Walaupun masih ada jenis ikan tertentu yang masih bisa bertahan di kondisi air yang memiliki konsentrasi DO sebesar 3 mg/l, namun minimal oksigen terlarut yang tergolong optimal dalam kehidupan ikan yaitu 5 mg/l. Kondisi lingkungan perairan yang mempunyai nilai DO dibawah 4 mg/l ikan masih dapat bertahan hidup, namun tingkat nafsu makan biota akan turun (Adlina, 2014).

### 2. pH

*Potential Hydrogen* (pH) 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 toksisitas 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 dkk., 2013).

### 3. Suhu

Aktivitas metabolisme pada hewan uji sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang baik untuk kehidupan dan pertumbuhan ikan yaitu  $25^{\circ}\text{C}$ - $52^{\circ}\text{C}$ . Apabila suhu mengalami penurunan maka akan menyebabkan nafsu makan organisme menjadi hilang sehingga tumbuh kembangnya terhambat. Akan tetapi, jika suhu mengalami peningkatan maka akan menyebabkan stress pada ikan kemudian tingkat kadar oksigen menurun dan ikan mengalami kematian. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan kenaikan evaporasi, reaksi kimia, viskositas dan volatilisasi, tetapi gas yang larut dalam air menjadi menurun. Ikan masih akan bertahan hidup apabila berada di kisaran suhu  $18^{\circ}\text{C}$ - $25^{\circ}\text{C}$  namun efek yang ditimbulkan yaitu tingkat nafsu makannya menjadi menurun. Kisaran suhu diantara  $12^{\circ}\text{C}$  –  $18^{\circ}\text{C}$  dapat mengancam kehidupan ikan, sedangkan suhu dibawah  $12^{\circ}\text{C}$  maka ikan golongan tropis akan mengalami kematian akibat mati kedinginan (Zai, 2019).

## 2.7 Aklimatisasi

Aklimatisasi biota uji bertujuan untuk menyesuaikan kondisi biota uji dengan kondisi lingkungan laboratorium secara bertahap dari 100% air pemeliharaan ke 100% air uji (Ihsan dkk., 2018). Pada tahap aklimatisasi kondisi air harus sesuai dengan biota uji yang digunakan. 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.

**Tabel 2. 4** Tabel kelayakan ikan pada tahap aklimatisasi

Jumlah Mati (%)	Keterangan
<5%	Layak
5-10%	Dilanjutkan selama 14 hari
>10%	Tidak layak

Sumber : (OECD, 2019)

### 3.8 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 dkk., 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 (OECD, 2019).

### 3.9 Analisa Probit

Analisis probit merupakan metode yang digunakan untuk menghitung nilai *acute toxicity* dari zat kimia yang di paparkan terhadap hewan uji. Nilai *acute toxicity* dinyatakan dalam nilai  $LC_{50}$  atau  $LD_{50}$ . Pada penelitian ini metode analisis data yang digunakan yaitu probit dengan mencari nilai  $LC_{50}$  yang didapatkan dari mortalitas organisme sebanyak 50% dari jumlah total yang disebabkan oleh zat kimia dengan konsentrasi tertentu yang bervariasi (Faradisha dkk., 2015).

### 3.10 Penelitian terdahulu

Penelitian ini di dasari oleh penelitian-penelitian terdahulu. Berikut tabel referensi yang digunakan untuk acuan penelitian ini.

**Tabel 2. 5** Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
1.	Kartikasari (2022)	Uji Toksisitas Akut Limbah Laundry Terhadap Ikan Mujair ( <i>Oreochromis Sp.</i> )	Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan nilai toksisitas limbah laundry terhadap ikan mujair sebesar 6% atau setara dengan 6,637 mg/L. nilai tersebut dapat dikategorikan tidak berbahaya. Namun jika limbah dibuang secara berlebihan 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	Ihsan (2018)	Uji Toksisitas Akut Dalam Penentuan LC50-96H 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.
5	Husni dan Esmiralda (2010)	Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan	Nilai LC <sub>50</sub> dianalisis dengan menggunakan metode Probit berdasarkan jumlah kematian ikan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
		Mas ( <i>Cyprinus carpio Lin</i> ) (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Tahu “SUPER”, Padang)	atau hewan uji diperoleh nilai LC50 untuk masing-masing sampel I, II, dan III adalah 1,713%; 1,946% dan 1,813% dengan nilai LC50 rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah 1,824%.
6	Zai (2019)	Uji Toksisitas Akut (LC50-96jam) 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 sekresi lendir yang berlebihan, perubahan wana pada ikan, perubahan gerakan abnormal pada ikan dan mempercepat gerakan opercula.
7	Leuwol (2018)	Uji toksisitas akut insektisida karbamat terhadap ikan mas, <i>Cyprinus carpio Linnaeus</i> , 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 (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 (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 meningkatkan produksi ROS yang mengakibatkan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
			kerusakan oksidatif pada berbagai molekul seperti asam nukleat, enzim, dan fosfolipid membrane.
12.	Alves (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 ikan, dan mempengaruhi sistem endokrin ikan.

Sumber : (Hasil analisa,2023)

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian uji toksisitas ini adalah penelitian eksperimental. Pada penelitian ini biota uji yang digunakan adalah ikan wader pari. Perlakuan pada biota uji diawali dengan proses aklimatisasi setelah itu dilakukan tahap *range finding test* selama 96 jam. Dari hasil yang didapat pada *range finding test* dapat dilakukan tahap *acute toxicity test*. Pada tahap *Acute toxicity test* perlakuan pada ikan sama dengan pada saat tahap *range finding test* hanya saja konsentrasinya yang diubah. Akan dilakukan pengamatan jumlah ikan setiap harinya. Perhitungan nilai  $LC_{50}$  dilakukan dengan menggunakan metode analisa probit dengan software IBM SPSS.

#### **3.2 Waktu Penelitian**

Pelaksanaan seluruh penelitian dimulai dari bulan Maret 2022 hingga Mei 2023. Selama rentang waktu tersebut, dilakukan pengambilan sampel air limbah cair kayu lapis, Aklimatisasi ikan, Uji pendahuluan, Uji toksisitas, Analisa dan pengolahan data.

#### **3.3 Lokasi Penelitian**

Lokasi pengambilan sampel limbah cair industri kayu lapis di PT. X Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi. Biota uji yakni ikan wader pari didapatkan dari pembudidaya ikan Jl. Simo Sidomulyo 2 Nomor 14, Surabaya. Uji toksisitas dilaksanakan di Laboratorium Sanitasi dan Remediasi UIN Sunan Ampel Surabaya

#### **3.4 Alat dan Bahan**

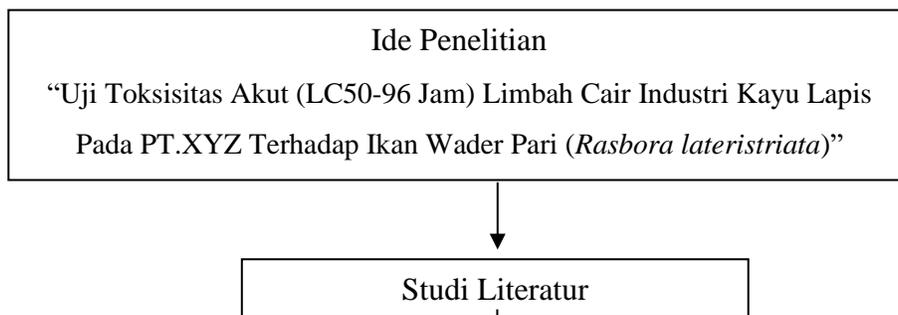
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

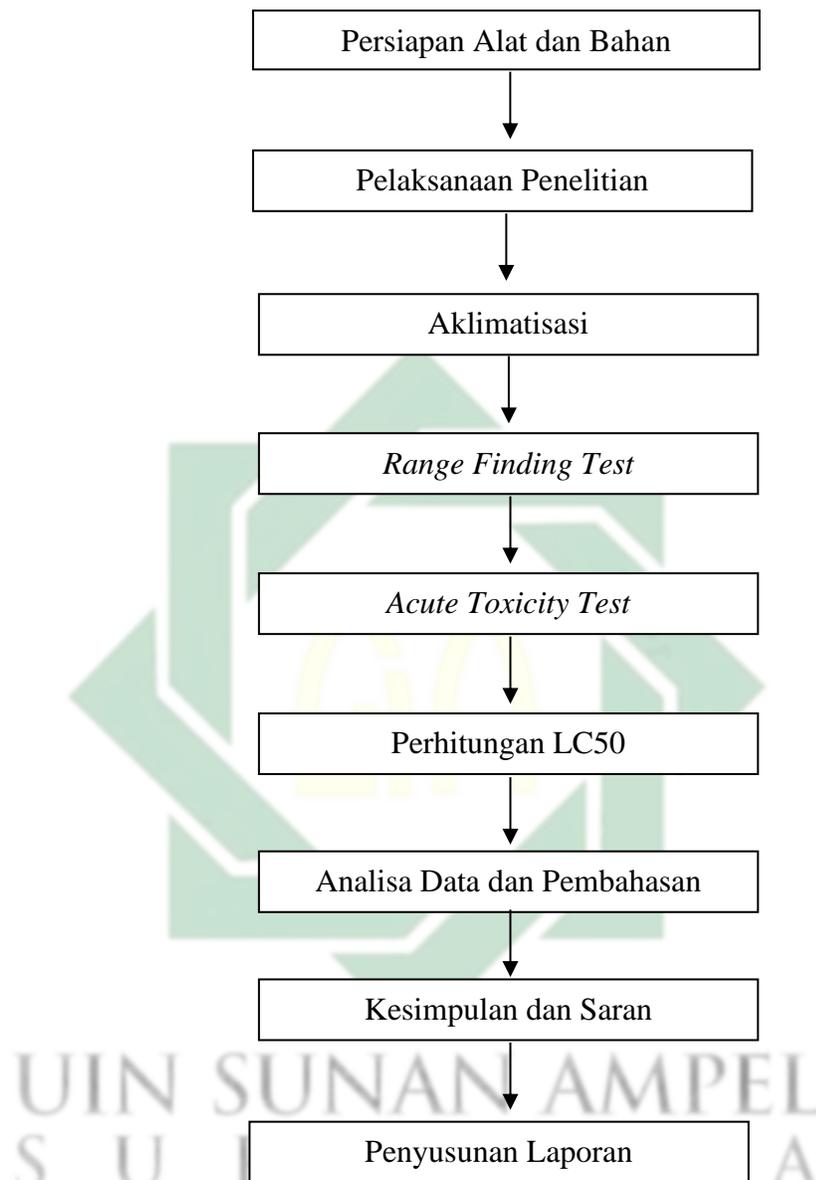
1. Persiapan Uji Toksisitas
  - a) Aquarium ukuran 25cm x 25cm x 20cm

- b) Aerator
  - c) Gelas beaker
  - d) Penggaris
  - e) Neraca analitik
  - f) Limbah cair kayu lapis
  - g) Ikan wader pari sebanyak 300 ekor
    - Panjang ikan 4 – 6cm
    - Berat rata – rata 1-2 gr
    - Umur ikan 1- 2 bulan
    - Setiap reaktor 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 Tahap Penelitian

Berikut merupakan tahapan penelitian dijelaskan pada Gambar 3.1.





**Gambar 3. 1** Tahapan Penelitian

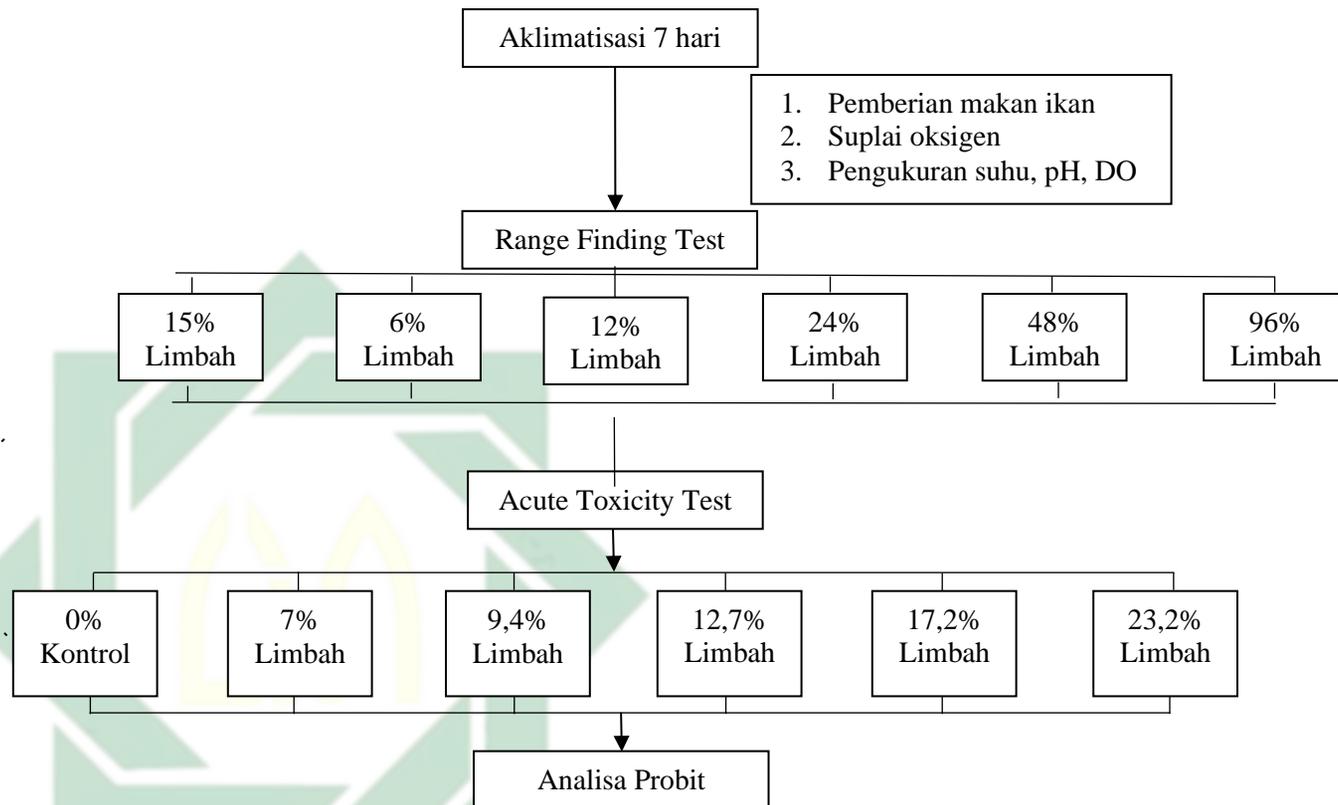
Sumber: (Hasil analisa,2023)

### 3.6 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka penelitian yaitu dasar dari suatu pikiran untuk dapat melaksanakan langkah-langkah penelitian. Bahasan dari penelitian tentang tingkat bahaya limbah cair kayu lapis yang dapat mencemari lingkungan

apabila tidak diolah dengan baik. Kemudian didapatkan judul “Uji Toksisitas Akut ( $LC_{50}$ -96 Jam) Limbah Cair Kayu Lapis Pada PT.XYZ terhadap Ikan Wader Pari)” untuk menghitung nilai  $LC_{50}$  sehingga dapat diketahui tingkat toksisitasnya. Berikut ini adalah kerangka penelitian yang akan dilakukan dapat diketahui pada Gambar 3.2 berikut.





Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian

Sumber: (Hasil analisa, 2023)

### 3.7 Langkah Kerja Penelitian

Penjelasan mengenai tahap penelitian hingga tahap perhitungan LC<sub>50</sub> dijelaskan pada poin-poin berikut ini

#### 3.7.1 Penentuan Lokasi dan Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair berada di PT X yang berlokasi di Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi. Pengambilan dan penyimpanan sampel limbah cair dilakukan dengan menggunakan metode yang mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah, Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel limbah cair menggunakan metode grab sample yang berarti sampel limbah cair diambil sesaat pada lokasi tertentu. Lokasi pengambilan biota uji atau wader pari (*Rasbora Lateristriastra*) berada di Surabaya barat. Pengambilan sampel menggunakan metode purposive sampling, di mana sampel diambil berdasarkan kriteria tertentu.

#### 3.7.2 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 dkk., 2018). Sebelum dilakukan aklimatisasi, biota uji harus didiamkan terlebih dahulu selama 48 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. Ikan wader dalam 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

**Tabel 3. 1** Kelayakan Ikan Pada Tahap Aklimatisasi

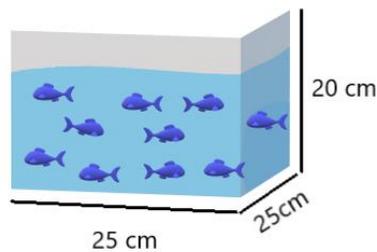
Jumlah Mati (%)	Keterangan
<5%	Layak
5-10%	Dilanjutkan selama 14 hari
>10%	Tidak layak

Sumber: (OECD, 2019)

### 3.7.3 Range Finding Test

*Range finding test* bertujuan untuk menentukan batas bawah dan batas atas dari konsentrasi yang akan digunakan untuk uji toksisitas akut. 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*. Tahap *range finding test* dapat dijalankan sebagai berikut.

- a. Tahap ini dilakukan selama 96 jam (4 hari) (OECD, 2019)



**Gambar 3. 3** Sketsa Reaktor

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2023)

- b. Reaktor yang digunakan berbahan dasar akrilik dengan volume 12 L yang berukuran 25cm x 25cm x 20cm dan dilengkapi aerator (Kartikasari,2022)
- c. Tiap reaktor diisi dengan biota uji sebanyak 10 ekor dengan perbandingan 1gram ikan/1 liter air (Hoffman,2003).
- d. Ketika RFT ikan tidak diberi makan agar ikan tidak membuang kotorannya sehingga tidak menimbulkan adanya parasit.
- e. Pemaparan dengan variasi konsentrasi yang ditentukan, yaitu 0%, 3%, 6%, 12%, 24%, 48% dan 96% dengan air pengencer PDAM
- f. Dilakukan pengamatan awal parameter limbah cair (BOD, COD, TSS, Fenol dan Amonia)

#### 3.7.4 Acute Toxicity Test

Tahap ini dilakukan selama 96 jam (4 hari) dengan mortalitas biota uji sebanyak 50%. 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. Berikut rumus penentuan persentase kematian biota uji (Rachmah, 2020).

$$\% \text{ kematian} = \frac{(\sum \text{biota uji yang mati} - \sum \text{biota kontrol yang mati})}{\sum \text{biota uji}} \times 100\%$$

#### 3.7.5 Analisa Probit

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.
- j. Hitung nilai TUa



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Kayu Lapis pada PT.XYZ

Pengambilan sampel limbah pada penelitian ini dilaksanakan di Industri Kayu Lapis pada PT.XYZ. Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel pada bak penampung pada Industri Kayu Lapis PT.XYZ. Karakteristik air limbah industri kayu lapis pada umumnya didominasi oleh nilai pH, BOD, COD, TSS, phenol, amonia total, dan pH. Air limbah yang dihasilkan dalam proses produksi kayu lapis secara umum dihasilkan dari proses pencucian kayu, perendaman lapisan kayu lapis, pembuatan perekat yang digunakan untuk lapisan kayu lapis, pembakaran kayu lapis dan mesin *glue spreader* dan proses pencucian mesin dan peralatan produksi lainnya. Hal ini menyebabkan komposisi yang terkandung dalam limbah cair yang dihasilkan adalah air dan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan perekat. Namun pada umumnya dari tiap-tiap perekat yang dibuat, kandungan atau komposisi terbesar adalah resin yang digunakan yaitu mencapai 70-80% dari total campuran perekat, sedangkan sisanya adalah bahan-bahan tambahan yang komposisinya berbeda-beda untuk tiap perekat. (Subari dkk., 2012).

Penggunaan bahan kimia dalam industri pengolahan kayu lapis sebagai bahan baku perekat telah banyak menimbulkan dampak negatif. Bahan baku kimia tersebut terdiri atas resin, hardiner dan tepung industri. Jenis bahan perekat yang dipakai dalam pengolahan kayu lapis umumnya yaitu *Melamin Formaldehid* (MF) *Urea Formaldehid* (UF), dan *Phenol Formoldehid* (PF). Bahan pencemar utama yang terdapat dalam industri kayu lapis adalah senyawa fenolik (turunan benzena) yang sukar terurai dalam air dan dalam waktu singkat sehingga dapat nerubah sifat fisik & kimia air, toksik terhadap biota perairan (Sahubawa, 2008). Adapun hasil pemeriksaan dari parameter limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Kualitas limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ

Parameter	Satuan	Standart Maksimum	Hasil
BOD	mg/L	75*)	896
COD	mg/L	125*)	1524
TSS	mg/L	200*)	876
NH <sub>3</sub>	mg/L	4*)	64
Fenol	mg/L	0,25*)	0,7

Sumber: (Hasil Analisa Laboratorium, 2023)

Keterangan:

\*) PERMEN LHK No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada Lampiran VII mengenai Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Kayu Lapis

■ Hasil sampel kualitas limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ yang melebihi baku mutu.

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 sebesar 896 mg/L dan nilai COD yang terkandung dalam limbah cair sebesar 1524 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kadar BOD dan COD yang terkandung masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Kandungan BOD yang tinggi dikarenakan tingginya bahan organik yang terkandung pada limbah cair tersebut. Bahan organik yang terkandung pada limbah cair kayu lapis berasal dari buangan rendaman kayu, pencucian mesin pengering, pencucian kayu, pencucian mesin perekat dan masih banyak lainnya. Kurangnya pasokan oksigen terlarut dalam limbah cair juga dapat berpengaruh terhadap kandungan BOD dalam air, karena oksigen sangat diperlukan dalam proses dekomposisi aerob (Harahap, 2011).

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat bahwa parameter TSS sebesar 876 mg/L. Nilai TSS tersebut melebihi batas baku mutu yang berlaku yaitu 200 mg/L. TSS pada limbah cair kayu lapis berasal dari sisa bahan organik serta endapan dalam proses produksi kayu lapis berupa abu pembakaran serta rendaman kayu TSS

dapat menyebabkan berkurangnya penetrasi cahaya matahari yang akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Banyaknya TSS yang berada dalam perairan dapat menurunkan kesediaan oksigen terlarut. Jika menurunnya ketersediaan oksigen berlangsung lama akan menyebabkan perairan menjadi anaerob, sehingga organisme aerob akan mati. Tingginya TSS juga dapat secara langsung mengganggu biota perairan seperti ikan karena tersaring oleh insang (Rinawati dkk., 2016).

Hasil pengukuran  $\text{NH}_3$  pada percobaan yang dilakukan berada pada kisaran 64 mg/l. Hasil ini jika dibandingkan dengan baku berada diatas standar baku mutu.  $\text{NH}_3$  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 (Sulistia & Septisya, 2019).

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa parameter Fenol sebesar 0,7 mg/L. Nilai Fenol tersebut melebihi batas baku mutu yang berlaku yaitu 0,25 mg/L. Industri kayu lapis menggunakan resin fenol formaldehida dalam proses produksi. Peningkatan produksi kayu lapis akan meningkatkan volume limbah cair yang mengandung fenol. Fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik bagi makhluk hidup (Jauhari & Thamrin, 2012).

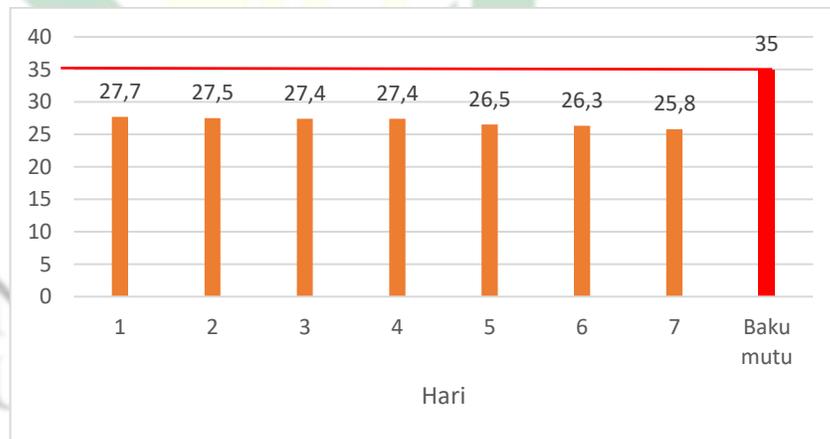
#### **4.2. Aklimatisasi**

Aklimatisasi bertujuan untuk menyesuaikan kondisi biota uji dengan kondisi lingkungan laboratorium secara bertahap dari 100% air pemeliharaan ke 100% air pengencer (Ihsan dkk., 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 wader pari (*Rasbora lateristriata*). Awal dari proses aklimatisasi adalah memilih biota uji yang sesuai dengan kriteria yakni panjang 4-6 cm dengan berat rata-rata 1 – 1,5 gram. Pemilihan kriteria pada biota uji tersebut agar memudahkan

pengamatan serta mengasumsi bahwa biota uji memiliki umur yang sama (Rohmani, 2014). Total ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) 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 2 April 2023 hingga 8 April 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 untuk menganalisis kondisi lingkungan terhadap kelangsungan hidup ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*). Selain parameter tersebut, mortalitas biota uji juga perlu diperhatikan dalam proses aklimatisasi ini.

#### 1. Suhu



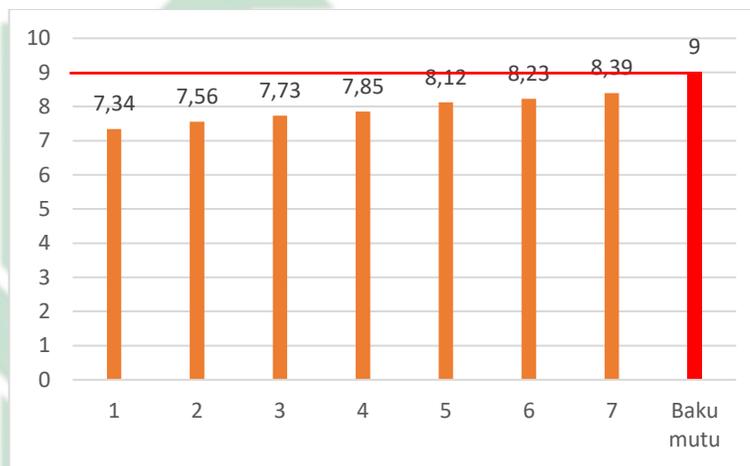
Gambar 4. 1 Suhu pada tahap aklimatisasi

Sumber: (Hasil analisa, 2023)

Parameter suhu pada tahap aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada hari pertama hingga hari ke-4 suhu berkisar antara 27,7°C – 27,4°C pada hari ke-5 hingga ke-6 suhu menurun menjadi 26,8°C - 26,5°C dan pada hari ke-7 suhu juga menurun hingga 25,8°C. Perubahan suhu pada tahap aklimatisasi

cenderung menurun. Hal tersebut dikarenakan AC tidak pernah dimatikan dan tidak terkena paparan cahaya selama  $\pm 20$  jam karena lampu dimatikan setiap hari setelah pengamatan sehingga dapat menurunkan suhu. Selain itu, penurunan suhu juga dikarenakan proses aerasi yang dilakukan secara kontinyu sehingga kelarutan oksigen akan menyebabkan penurunan suhu (Muarif, 2016). Penurunan suhu masih dapat ditolerir oleh tubuh ikan dikarenakan suhu yang baik bagi kehidupan ikan adalah  $25^{\circ}\text{C} - 52^{\circ}\text{C}$  (Zai, 2019)

## 2. pH



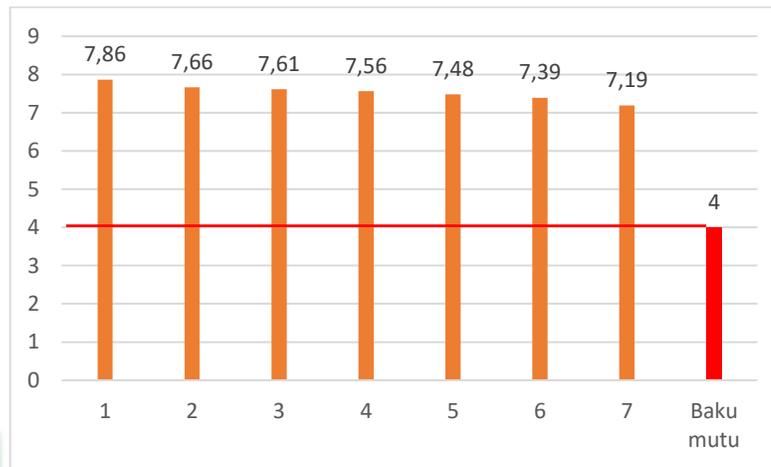
Gambar 4. 2 pH pada tahap aklimatisasi

Sumber: (Hasil analisa, 2023)

Parameter pH pada tahap aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 4.2 dari grafik di atas dapat dilihat bahwa rata-rata nilai pH mengalami kenaikan setiap harinya. Pada hari pertama rata-rata nilai pH sebesar 7,34 lalu pada hari ke dua nilai pH mengalami kenaikan menjadi 7,56. Pada hari ketiga mengalami kenaikan kembali yakni 7,73. Pada hari ke empat pH mengalami kenaikan lagi menjadi 7,85. Di hari ke lima pH mengalami kenaikan lagi menjadi 8,12. Di hari ke enam juga mengalami kenaikan menjadi 8,23. Dan hari ke tujuh naik kembali terjadi kenaikan menjadi 8,39. Kenaikan itu terjadi karena terdapat proses aerasi secara kontinyu yang menghasilkan  $\text{CO}_2$ , amonia, dan bahan-bahan orgaik lain (bersifat asam) dan terjadi penurunan  $\text{H}^+$  dalam air sehingga terjadi peningkatan

pH dalam air (Rohmani, 2014). Kenaikan 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.

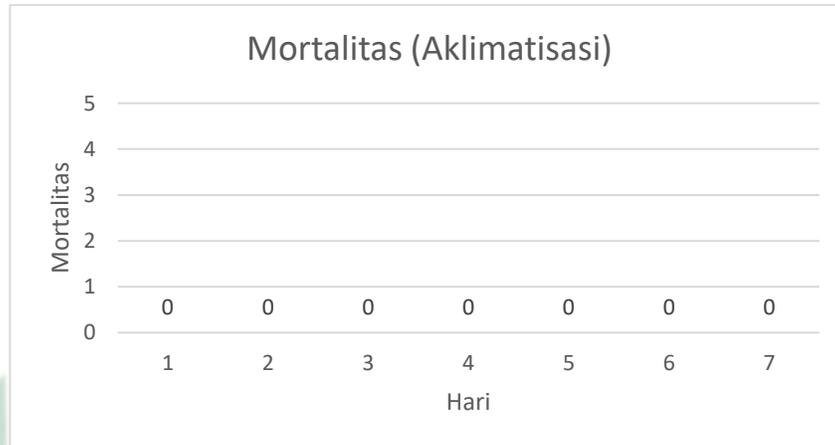
- Hari ke-1 nilai DO sebesar 7,86 mg/L.
- Hari ke-2 nilai DO sebesar 7,66 mg/L.
- Hari ke-3 nilai DO mengalami peningkatan menjadi 7,61.
- Hari ke-4 nilai DO mengalami peningkatan hingga 7,56.
- Hari ke-5 nilai DO mengalami penurunan hingga 6,48
- Hari ke-6 nilai DO mengalami kenaikan menjadi 7,39.
- Hari ke-7 nilai DO berkisar di angka 7,19.

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. 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.



Gambar 4. 4 Mortalitas Ikan pada tahap aklimatisasi

Sumber: (Hasil analisis, 2023)

Pada tahap aklimatisasi tidak terjadi kematian pada ikan sehingga air pengencer dan ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) 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 limbah cair PT. XYZ dengan parameter yang diuji adalah pH, suhu, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), amonia (NH<sub>3</sub>), dan Fenol. Berikut hasil analisis limbah cair untuk tahap *range finding test* tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kualitas Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT.XYZ

Parameter	Satuan	Standart Maksimum	Hasil
BOD	mg/L	75*)	896
COD	mg/L	125*)	1524
TSS	mg/L	200*)	876
NH <sub>3</sub>	mg/L	4*)	64
Fenol	mg/L	0,25*)	0,7

Sumber: (Hasil Analisa Laboratorium, 2023)

Keterangan:

\*) PERMEN LHK No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada Lampiran VII mengenai Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Kayu Lapis

Hasil sampel kualitas limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ yang melebihi baku mutu.

Berdasarkan Tabel 4.2 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 sebesar 896 mg/L nilai tersebut melebihi baku mutu yaitu 75 mg/L. Nilai COD yang terkandung dalam limbah cair sebesar 1524 mg/L dimana nilai tersebut juga melebihi baku mutu yaitu 125 mg/L. Parameter TSS sebesar 876 mg/L hal tersebut melebihi baku mutu yakni 200 mg/L Kandungan NH<sub>3</sub> sebesar 64 mg/L dimana nilai tersebut melebihi baku mutu yaitu 4 mg/L. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa parameter Fenol yang terkandung dalam air limbah sebesar 0,7 mg/L nilai tersebut juga melebihi baku mutu yaitu 0,25 mg/L.

*Range finding test* pada penelitian ini menggunakan beberapa variasi konsentrasi yakni 0% (kontrol), 6%, 12%, 24%, 48%, dan 96%. Konsentrasi 0% (kontrol) artinya hanya menggunakan air pengencer 100% dan tidak menggunakan campuran limbah cair. Jumlah konsentrasi yang digunakan minimal terdiri dari kontrol dan 5 konsentrasi air limbah bervariasi mengikuti deret geometri (OECD, 2019). Untuk konsentrasi lainnya, air pengencer dicampur dengan limbah cair sesuai konsentrasi yang digunakan. Penentuan volume limbah cair yang digunakan berasal dari persen toksikan (limbah cair) dikali dengan volume air total dalam reaktor. Untuk volume air pengencer berasal dari volume total dikurangi dengan volume limbah tiap konsentrasi. Berikut contoh perhitungan konsentrasi limbah pada tiap reaktor.

- a) Volume air total tiap reaktor = 10 liter
- b) Konsentrasi limbah 48% = konsentrasi x total air tiap reaktor  
= 48% x 10 liter  
= 4,8 liter
- c) Air pengencer PDAM = 10 liter – 4 liter  
= 5,2 liter

Berdasarkan perhitungan tersebut, pada konsentrasi limbah 48% membutuhkan limbah cair sebanyak 4,8 liter dan air pengencer PDAM sebanyak 5,2 liter. Sehingga volume air total dalam tiap reaktor adalah 10 liter. Berikut variasi konsentrasi limbah cair pada tahap *range finding test* pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Variasi Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT.XYZ pada tahap *Range Finding Test*

NO	Konsentrasi limbah (%)	Limbah cair yang digunakan (liter)	Air pengencer PDAM (liter)	Total air (liter)
1.	0%	0	10	10
2.	6%	0,6	9,4	10
3.	12%	1,2	8,8	10
4.	24%	2,4	7,6	10
5.	48%	4,8	5,2	10
6.	96%	9,6	0,4	10

Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

Selain penentuan volume limbah cair yang digunakan, kandungan toksikan pada limbah cair juga dihitung berdasarkan konsentrasi yang digunakan dalam tahap *range finding test* hari pertama yaitu ketika biota uji dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi limbah cair industri kayu lapis PT.XYZ rediksi kandungan limbah cair dalam variasi *range finding test* dihitung menggunakan rumus berikut  $(N_2) = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$  (Kartikasari, 2022). Berikut salah satu perhitungan kandungan toksikan pada tahap *range finding test*.

Nilai COD dalam 12% limbah cair pada tahap *range finding test*.

- a) Nilai 100% COD ( $N_1$ ) = 1524 mg/L
- b) Volume limbah ( $V_1$ ) = 1,2 L
- c) Volume air total ( $V_2$ ) = 10 L
- d) Nilai 12% COD ( $N_2$ ) =  $\frac{N_1 \times V_1}{V_2}$   

$$= \frac{1524 \frac{mg}{l} \times 1,2 l}{10 l}$$

$$= 91,5 \text{ mg/L}$$

Perhitungan tersebut berlaku untuk seluruh kandungan toksikan pada limbah cair lainnya seperti BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, dan Fenol. Berikut prediksi nilai-nilai kandungan limbah cair dalam variasi *range finding test* pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Kandungan limbah cair dalam variasi *Range Finding Test*

Parameter	Satuan	6%	12%	24%	48%	96%	BakuMutu
<b>COD</b>	mg/L	91,5	182,88	365,76	731	1.463	125
<b>BOD</b>	mg/L	53,76	107,52	215	430	860	75
<b>TSS</b>	mg/L	52,56	105,12	210,24	420,48	840,96	200
<b>NH3</b>	mg/L	3,84	7,68	15,36	30,7	61,44	4
<b>Fenol</b>	mg/L	0,042	0,084	0,168	0,336	0,672	0,25

Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Tabel 4.4 di atas, pada parameter BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$ , yang melebihi baku mutu terdapat pada konsentrasi 12% - 96%. Sedangkan pada parameter TSS yang melebihi baku mutu terdapat pada konsentrasi 24% - 96%. Serta parameter Fenol yang melebihi baku mutu pada konsentrasi 48% dan 96%. Pada *range finding test*, setiap biota uji akan dipaparkan dengan limbah laundry dengan variasi yang ditentukan sebelumnya yakni 6%, 12%, 24%, 48%, dan 96%. Lalu setiap konsentrasi akan diberi air pengencer PDAM. Pada *range finding test* menggunakan reaktor dengan volume 12 L, namun yang digunakan adalah 10 L agar air yang digunakan tidak terlalu penuh.

Untuk biota uji yang digunakan berjumlah 10 ikan pada tiap reaktor, hal tersebut sesuai dengan ketentuan bahwa 1 ikan/1 liter (OECD, 1992). Sehingga pada 10 liter air membutuhkan ikan sebanyak 10 ekor. Total ikan pada tiap reaktor tersebut telah memenuhi ketentuan bahwa minimal biota uji yang digunakan adalah 10 ekor (Hoffman, 2003). Setelah itu, biota uji dimasukkan ke dalam reaktor yang terdapat toksikan sesuai dengan perhitungan. Kemudian ikan akan dipaparkan dengan toksikan selama 4 hari (96 jam) lalu diamati kematiannya setiap hari. Pengamatan yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah kematian ikan setiap hari yang bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh bahaya limbah cair terhadap ikan pada tahap *range finding test*. Kematian biota uji pada tahap *range finding test* dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Total kematian ikan pada tahap *Range Finding Test*

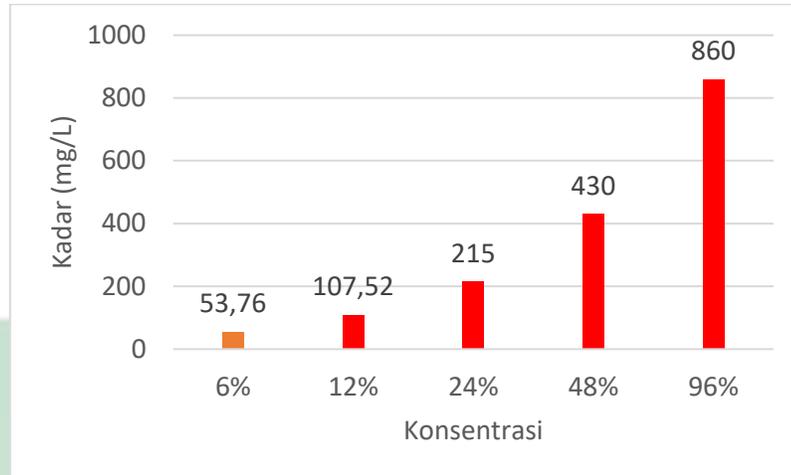
Konsentrasi	Jam				Mortalitas
	Ke-24	Ke-48	Ke-72	Ke-96	
0%	-	-	-	-	0
6%	-	-	-	-	0
12%	1	1	3	1	6
24%	10	-	-	-	10
48%	10	-	-	-	10
96%	10	-	-	-	10

Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan hasil di atas, dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 0% hingga 6% sama sekali tidak menyebabkan kematian pada ikan. Pada konsentrasi 0% tidak menyebabkan kematian pada ikan dikarenakan pada konsentrasi tersebut hanya diisi oleh air pengencer dan tidak dicampur dengan limbah cair. Pada konsentrasi 6% tidak menyebabkan kematian pada ikan dikarenakan kandungan BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, dan Fenol dibawah baku mutu. Pada konsentrasi 12% ikan mengalami kematian pada jam ke-24 sebanyak 1 ekor, pada jam ke-48 ikan mengalami kematian sebanyak 1 ekor, pada jam ke- 72 ikan mengalami kematian sebanyak 3 ekor dan pada jam ke-96 ikan mengalami kematian 1 ekor sehingga ikan yang tersisa pada konsentrasi 12% adalah 4 ekor. Pada konsentrasi 24% hingga 96% menyebabkan ikan mengalami kematian 100% pada jam ke-24 dikarenakan pada konsentrasi tersebut kandungan BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, dan Fenol tinggi. Kematian pada ikan dapat disebabkan faktor fisik kimia limbah cair tersebut seperti BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, dan Fenol. Berikut merupakan hasil analisa yang menyebabkan kematian biota uji

## 1. BOD

Berikut merupakan grafik kadar BOD setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.5

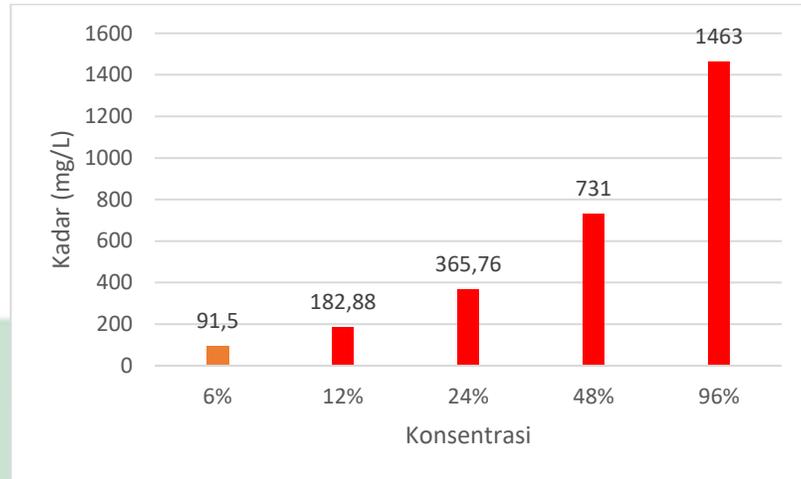


Gambar 4. 5 Grafik kadar BOD pada tahap *Range Finding Test* berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.5 di atas, nilai 100% BOD awal pada tahap *range finding test* sebesar 896 mg/L. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 75 mg/L. Nilai BOD dapat berubah pada variasi konsentrasi yang digunakan pada tahap *range finding test*. Pada konsentrasi 6% BOD berdasarkan perhitungan sebesar 53,76 mg/L, pada konsentrasi 12% berdasarkan perhitungan sebesar 107,52 mg/L, pada konsentrasi 24% berdasarkan perhitungan sebesar 215 mg/L, pada konsentrasi 48% berdasarkan perhitungan sebesar 430 mg/L dan pada konsentrasi 96% berdasarkan perhitungan sebesar 860 mg/L. Oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 12%, 24%, 48%, dan 96% 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).

## 2. COD

Berikut merupakan grafik kadar COD setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.6



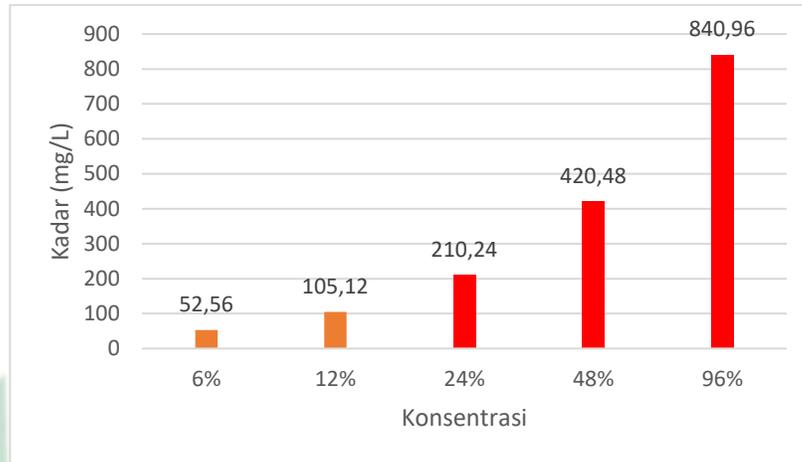
Gambar 4. 6 Grafik kadar COD pada tahap *Range Finding Test* berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.6 di atas, kadar 100% COD awal pada tahap *range finding test* sebesar 1524 mg/L, nilai tersebut masih melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 125 mg/L. Kadar COD pada konsentrasi 6% berdasarkan perhitungan sebesar 91,52 mg/L, pada konsentrasi 12% berdasarkan perhitungan sebesar 182,88 mg/L, pada konsentrasi 24% berdasarkan perhitungan sebesar 365,76 mg/L, pada konsentrasi 48% berdasarkan perhitungan sebesar 731 mg/L dan pada konsentrasi 96% berdasarkan perhitungan sebesar 1.463 mg/L. Kadar COD pada konsentrasi 6% berdasarkan perhitungan sudah memenuhi baku mutu. Namun, pada konsentrasi 12% hingga 96% berdasarkan perhitungan kadar COD sudah melebihi baku mutu. Tingginya bahan organik didalam limbah mengakibatkan beban pencemaran semakin besar, COD yang tinggi akan berdampak pada defisit oksigen dalam perairan sehingga bisa mengakibatkan kematian pada ikan dan tumbuhan air. Nilai COD tinggi mengindikasikan bahwa air tercemar (Ramayanti & Amna, 2019). Oleh

karena itu, COD pada konsentrasi 75% hingga 96% dapat menyebabkan kematian pada ikan.

### 3. TSS

Berikut merupakan grafik kadar TSS setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.7



Gambar 4. 7 Grafik kadar TSS pada tahap *Range Finding Test* berdasarkan perhitungan

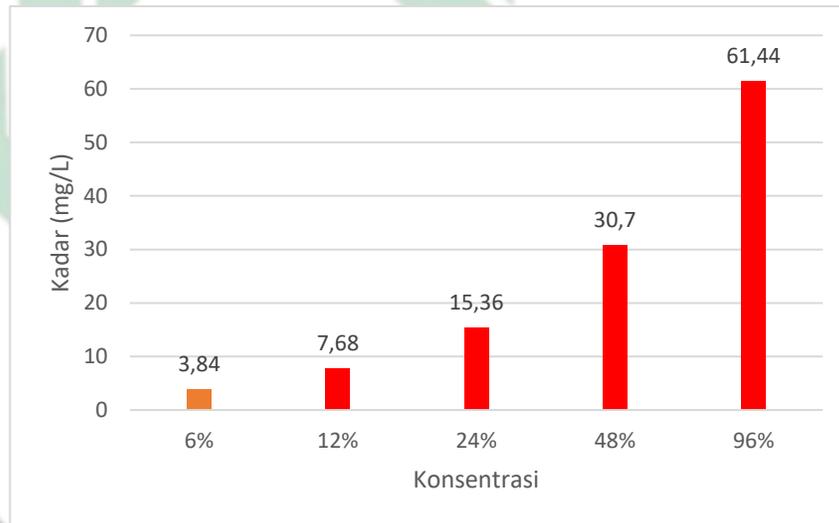
Berdasarkan Gambar 4.7 di atas, nilai 100% TSS pada tahap *range finding test* sebesar 876 mg/L. Nilai TSS pada konsentrasi 6% berdasarkan perhitungan sebesar 52,56 mg/L, konsentrasi 12% berdasarkan perhitungan sebesar 105,12 mg/L, konsentrasi 24% berdasarkan perhitungan sebesar 210,24 mg/L, konsentrasi 48% berdasarkan perhitungan sebesar 420,48 mg/L dan konsentrasi 96% berdasarkan perhitungan sebesar 840,96 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yang mana batas maksimal TSS limbah cair industri kayu lapis sebesar 200 mg/L. Sehingga nilai TSS pada tahap *range finding test* yang melebihi baku mutu berdasarkan perhitungan terdapat pada konsentrasi 24% hingga 96%.

TSS dapat menyebabkan berkurangnya penetrasi cahaya matahari yang akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Banyaknya TSS yang berada dalam

perairan dapat menurunkan kesediaan oksigen terlarut. Jika menurunnya ketersediaan oksigen berlangsung lama akan menyebabkan perairan menjadi anaerob, sehingga organisme aerob akan mati. Tingginya TSS juga dapat secara langsung mengganggu biota perairan seperti ikan karena tersaring oleh insang (Rinawati dkk., 2016). Oleh karena itu, kematian ikan pada konsentrasi 24% hingga 96% pada tahap ini dapat dikarenakan tingginya kadar TSS.

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

Berikut merupakan grafik kadar NH<sub>3</sub> setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 Grafik kadar NH<sub>3</sub> pada tahap *Range Finding Test* berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.8 di atas, kadar 100% NH<sub>3</sub> awal pada tahap *range finding test* sebesar 64 mg/L yang mana nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 4 mg/L. Kadar NH<sub>3</sub> pada konsentrasi 6% berdasarkan perhitungan sebesar 3,84 mg/L, pada konsentrasi 12% berdasarkan perhitungan sebesar 7,68 mg/L, pada konsentrasi 24% berdasarkan perhitungan sebesar 15,36 mg/L, pada konsentrasi 48%

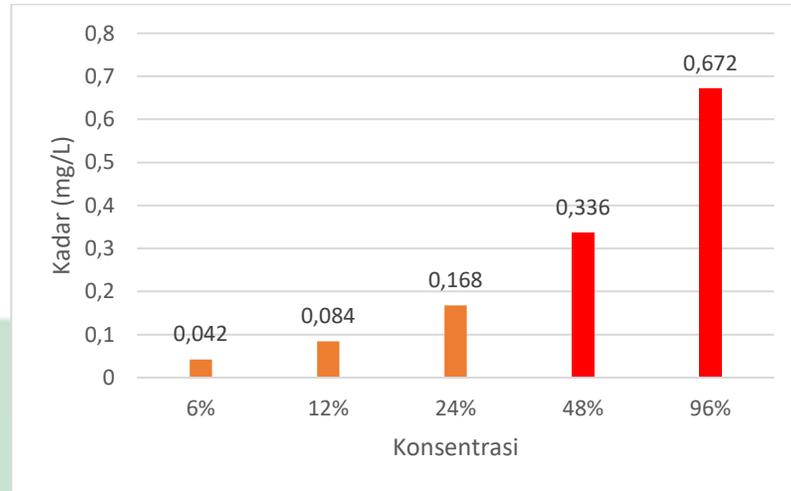
berdasarkan perhitungan sebesar 30,7 mg/L dan pada konsentrasi 96% berdasarkan perhitungan sebesar 61,44 mg/L. Kadar  $\text{NH}_3$  setelah dilakukan pengenceran berdasarkan perhitungan masih melebihi baku mutu, kecuali pada konsentrasi 6% kadar  $\text{NH}_3$  sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

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.  $\text{NH}_3$  atau ammonia dapat menimbulkan bau menyengat pada konsentrasi amoniak sebesar 0,037 mg/l (Sulistia & Septisya, 2019). Kandungan amonia pada air bersifat toksik bagi organisme perairan terutama ikan karena dapat berdampak kerusakan pada insang ikan. Selain itu,  $\text{NH}_3$  juga dapat mempengaruhi jaringan tubuh ikan sehingga dapat menghambat stabilitas membrane sel dan melemahkan kemampuan darah untuk mengikat oksigen (Tatangindatu dkk., 2013). Oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 12%, 24%, 48%, dan 96% dapat disebabkan oleh kadar  $\text{NH}_3$  yang tinggi.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## 5. Fenol

Berikut merupakan grafik kadar Fenol setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.9



Gambar 4. 9 Grafik kadar Fenol pada tahap *Range Finding Test* berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.9 di atas, nilai 100% Fenol pada tahap *range finding test* sebesar 0,7 mg/L. Nilai Fenol pada konsentrasi 6% berdasarkan perhitungan sebesar 0,042 mg/L, konsentrasi 12% berdasarkan perhitungan sebesar 0,084 mg/L, konsentrasi 24% berdasarkan perhitungan sebesar 0,168 mg/L, konsentrasi 48% berdasarkan perhitungan sebesar 0,336 mg/L dan konsentrasi 96% berdasarkan perhitungan sebesar 0,672 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yang mana batas maksimal Fenol limbah cair industri kayu lapis sebesar 0,25 mg/L. Sehingga berdasarkan perhitungan nilai Fenol pada tahap *range finding test* yang melebihi baku mutu terdapat pada konsentrasi 48% dan 96%. Industri kayu lapis menggunakan resin fenol formaldehida dalam proses produksi. Peningkatan produksi kayu lapis akan meningkatkan volume limbah cair yang mengandung fenol. Fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik bagi makhluk hidup (Jauhari & Thamrin, 2012).

Kematian pada ikan dapat diakibatkan oleh rusaknya jaringan insang akibat paparan senyawa fenol pada konsentrasi yang cukup tinggi. Rusaknya jaringan insang dapat mengakibatkan terganggunya proses pengambilan oksigen dan peningkatan frekuensi pernapasan dari keadaan normal (Leba & Maing, 2017). Oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 48%, dan 96% dapat disebabkan oleh kadar Fenol 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. 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 wader pari (*Rasbora lateristriata*). 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* ambang bawah adalah 6%. Sedangkan konsentrasi ambang atas adalah konsentrasi terendah yang menghasilkan mortalitas 100% yaitu 24%. Sehingga pada tahap uji toksisitas akut menggunakan variasi konsentrasi antara 6% hingga 24%, yaitu konsentrasi 0% (kontrol), 7%, 9,4%, 12,7%, 17,2%, dan 23,2%.

Tabel 4. 6 Perbedaan Konsentrasi RFT dengan Uji Toksisitas

Konsentrasi <i>Range Finding Test</i>	Konsentrasi <i>Uji Toksisitas</i>
6%	7%
12%	9,4%

24%	12,7%
48%	17,2%
96%	23,3%

Sumber: (Hasil analisa, 2023)

Berdasarkan tabel di atas hal tersebut sesuai dengan pernyataan Mustapa dkk (2018), takaran dosis yang dianjurkan paling tidak empat peringkat dosis, berkisar dari dosis terendah yang belum memberikan efek kematian seluruh hewan uji sampai dosis tertinggi yang dapat mematikan seluruh atau hampir seluruh hewan uji.

Pada tahap uji toksisitas akut dilakukan analisis pada sampel limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ dengan parameter yang diuji adalah *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), amonia (NH<sub>3</sub>), dan Fenol. Berikut hasil analisis limbah cair untuk tahap uji toksisitas akut tertera pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Kualitas Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT.XYZ pada tahap Uji Toksisitas

Parameter	Satuan	Standart Maksimum	Hasil
BOD	mg/L	75*)	1256
COD	mg/L	125*)	2523
TSS	mg/L	200*)	1650
NH <sub>3</sub>	mg/L	4*)	132
Fenol	mg/L	0,25*)	3,3

Sumber: (Hasil Analisa Laboratorium, 2023)

Keterangan:

\*) PERMEN LHK No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada Lampiran VII mengenai Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Kayu Lapis

 Hasil sampel kualitas limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ yang melebihi baku mutu.

Berdasarkan Tabel 4.6 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 sebesar 1256 mg/L nilai tersebut melebihi baku mutu yaitu 75 mg/L. Nilai COD yang terkandung dalam limbah cair sebesar 2523 mg/L dimana nilai tersebut juga melebihi baku mutu yaitu 125 mg/L. Parameter TSS sebesar 1650 mg/L hal tersebut melebihi baku mutu yakni 200 mg/L Kandungan  $\text{NH}_3$  sebesar 132 mg/L dimana nilai tersebut melebihi baku mutu yaitu 4 mg/L. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa parameter Fenol yang terkandung dalam air limbah sebesar 3,3 mg/L nilai tersebut juga melebihi baku mutu yaitu 0,25 mg/L.

Tahap uji toksisitas akut pada penelitian ini menggunakan beberapa variasi konsentrasi yakni 0% (kontrol), 7%, 9,4%, 12,7%, 17,2%, dan 23,2%. Konsentrasi 0% (kontrol) artinya hanya menggunakan air pengencer 100% dan tidak menggunakan campuran limbah cair. Untuk konsentrasi lainnya, air pengencer dicampur dengan limbah cair sesuai konsentrasi yang digunakan. Penentuan volume limbah cair yang digunakan berasal dari persen toksikan (limbah cair) dikali dengan volume air total dalam reaktor. Untuk volume air pengencer berasal dari volume total dikurangi dengan volume limbah tiap konsentrasi. Berikut contoh perhitungan konsentrasi limbah pada tiap reaktor.

- a.) Volume air total tiap reaktor = 10 liter
- b.) Konsentrasi limbah 9,4% = konsentrasi x total air tiap reaktor  
= 9,4% x 10 liter  
= 0,94 liter
- c.) Air pengencer PDAM = 10 liter – 0,94 liter  
= 9,06 liter

Berdasarkan perhitungan tersebut, pada konsentrasi limbah 9,4% membutuhkan limbah cair sebanyak 0,94 liter dan air pengencer PDAM sebanyak 9,06 liter. Sehingga volume air total dalam tiap reaktor adalah 10 liter. Berikut variasi konsentrasi limbah cair pada tahap range finding test pada Tabel 4.8

Tabel 4. 8 Variasi limbah cair industri kayu lapis PT.XYZ pada tahap uji toksisitas

NO	Konsentrasi limbah (%)	Limbah cair yang digunakan (liter)	Air pengencer PDAM (liter)	Total air (liter)
1.	0%	0	10	10
2.	7%	0,7	9,3	10
3.	9,4%	0,94	9,06	10
4.	12,7%	1,27	8,73	10
5.	17,2%	1,72	8,28	10
6.	23,2%	2,32	7,68	10

Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

Selain penentuan volume limbah cair yang digunakan, kandungan toksikan pada limbah cair juga dihitung berdasarkan konsentrasi yang digunakan dalam tahap uji toksisitas akut hari pertama yaitu ketika biota uji dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi limbah cair industri kayu lapis PT.X. Prediksi kandungan limbah cair dalam variasi *range finding test* dihitung menggunakan rumus berikut  $(N_2) = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$  (Kartikasari, 2022).

Berikut salah satu perhitungan kandungan toksikan pada tahap uji toksisitas akut.

Nilai COD dalam 9,4% limbah cair pada tahap uji toksisitas akut

a) Nilai 100% COD ( $N_1$ ) = 2523 mg/L

b) Volume limbah ( $V_1$ ) = 0,94 L

c) Volume air total ( $V_2$ ) = 10 L

d) Nilai 9,4% COD ( $N_2$ ) =  $\frac{N_1 \times V_1}{V_2}$   

$$= \frac{2523 \frac{mg}{L} \times 0,94 l}{10 l}$$

$$= 237,16 \text{ mg/L}$$

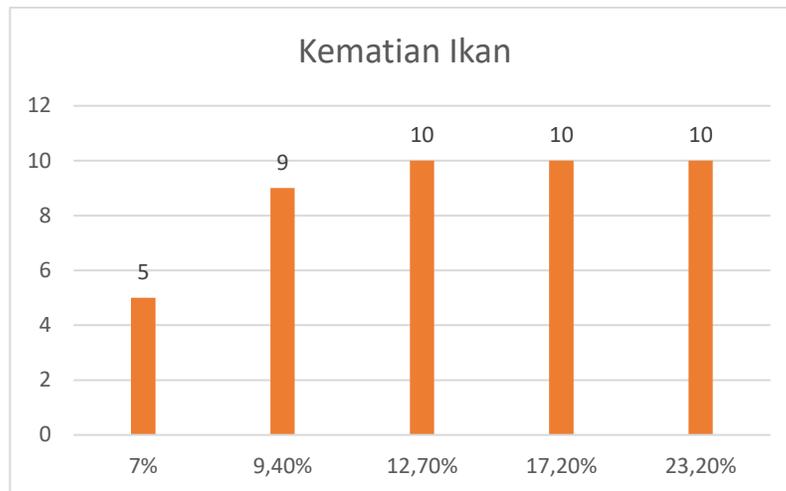
Perhitungan tersebut berlaku untuk seluruh kandungan toksikan pada limbah cair lainnya seperti BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, dan Fenol. Berikut nilai-nilai kandungan limbah cair dalam variasi uji toksisitas akut pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 Kandungan limbah cair pada variasi uji toksisitas akut

Parameter	Satuan	7%	9,4%	12,7%	17,2%	23,2%	BakuMutu
<b>COD</b>	mg/L	176,61	237,16	320,42	433,95	585,33	125
<b>BOD</b>	mg/L	87,92	118,06	159,51	216,03	291,39	75
<b>TSS</b>	mg/L	115,5	155,2	209,55	283,8	382,8	200
<b>NH3</b>	mg/L	9,24	12,40	16,76	22,70	30,62	4
<b>Fenol</b>	mg/L	0,231	0,310	0,419	0,567	0,765	0,25

Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Tabel 4.9 di atas, pada parameter BOD,COD, dan NH<sub>3</sub>, yang melebihi baku mutu berdasarkan perhitungan terdapat pada konsentrasi 7% - 23,3%. Sedangkan pada parameter TSS yang melebihi baku mutu berdasarkan perhitungan terdapat pada konsentrasi 12,7% - 23,2%. Serta parameter Fenol yang melebihi baku mutu berdasarkan perhitungan pada konsentrasi 9,4% - 23,2% Pada uji toksisitas akut ini, kisaran konsentrasi yang digunakan adalah 7%, 9,4%, 12,7%, 17,2%, dan 23,3%. Pada tahap ini dilakukan secara duplo pada setiap konsentrasi agar terhindar dari kebocoran reaktor atau kecelakaan lain di lapangan serta agar mengetahui nilai yang sama apabila konsentrasi dan perlakuan juga disamakan. Sama seperti tahap range finding test, pada tahap ini pemberian makanan pada ikan juga diberhentikan agar tidak terdapat sisa-sisa makanan dan ikan tidak mengeluarkan kotoran yang merupakan sumber patogen. Berikut merupakan jumlah kematian ikan pada tahap uji toksisitas akut pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Rata – rata kematian ikan pada tahap Uji Toksisitas Akut

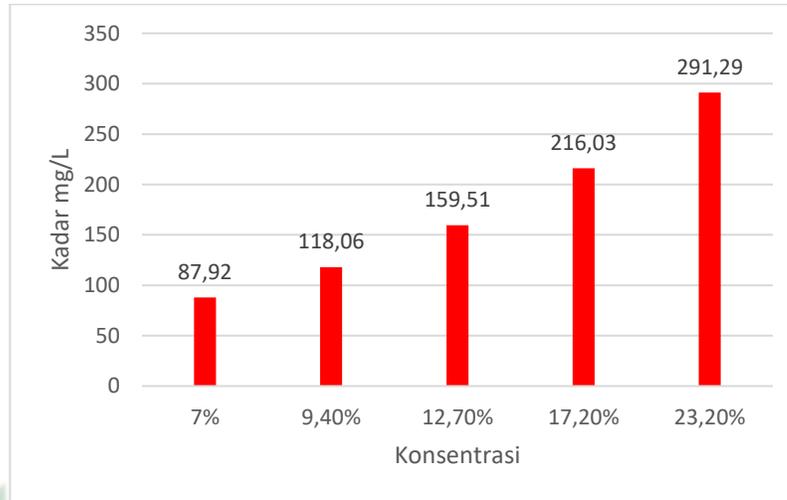
Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.10 di atas, terlihat bahwa 100% kematian ikan terdapat pada konsentrasi 12,7%, 17,2% dan 23,2%. Pada konsentrasi 9,4% rata-rata kematian ikan sebanyak 9. Pada konsentrasi 7% rata-rata kematian ikan adalah 5. Kematian pada ikan disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yakni faktor fisik kimia toksikan. Faktor fisik kimia toksikan meliputi COD, BOD, TSS, NH<sub>3</sub> dan Fenol. Berikut merupakan hasil analisa yang menyebabkan kematian biota uji:

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## 1. BOD

Berikut merupakan grafik kadar BOD setelah dilakukan pengenceran pada Gambar 4.11



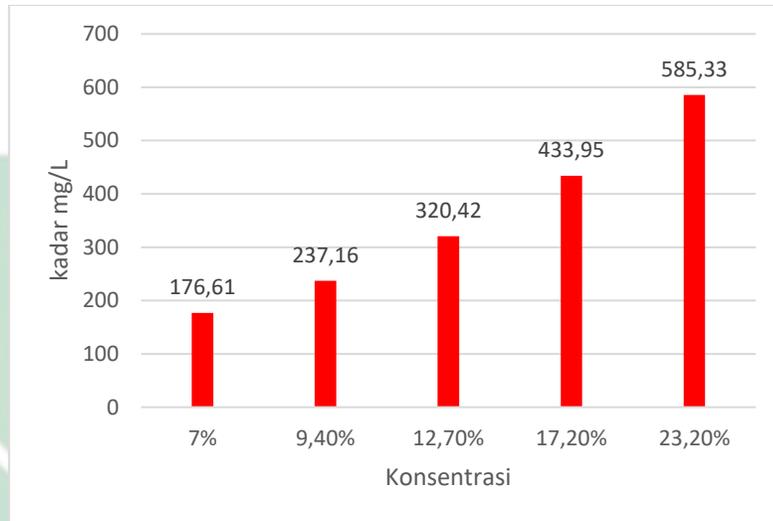
Gambar 4. 11 Grafik kadar BOD pada tahap Uji Toksisitas berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.10 di atas, nilai 100% BOD awal pada tahap uji toksisitas akut sebesar 1256 mg/L. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 75 mg/L. Nilai BOD dapat berubah pada variasi konsentrasi yang digunakan pada tahap uji toksisitas akut. Pada konsentrasi 7% kadar BOD berdasarkan perhitungan sebesar 87,92 mg/L, pada konsentrasi 9,4% berdasarkan perhitungan sebesar 118,06 mg/L, pada konsentrasi 12,7% berdasarkan perhitungan sebesar 159,51 mg/L, pada konsentrasi 17,2% berdasarkan perhitungan sebesar 216,03 mg/L dan pada konsentrasi 23,2% berdasarkan perhitungan sebesar 291,39 mg/L. Kadar BOD setelah dilakukan pengenceran berdasarkan perhitungan masih diatas baku mutu, oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 7%, 9,4%, 12,7%, 17,2% dan 23,2% 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).

## 2. COD

Berikut merupakan grafik kadar COD setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.12



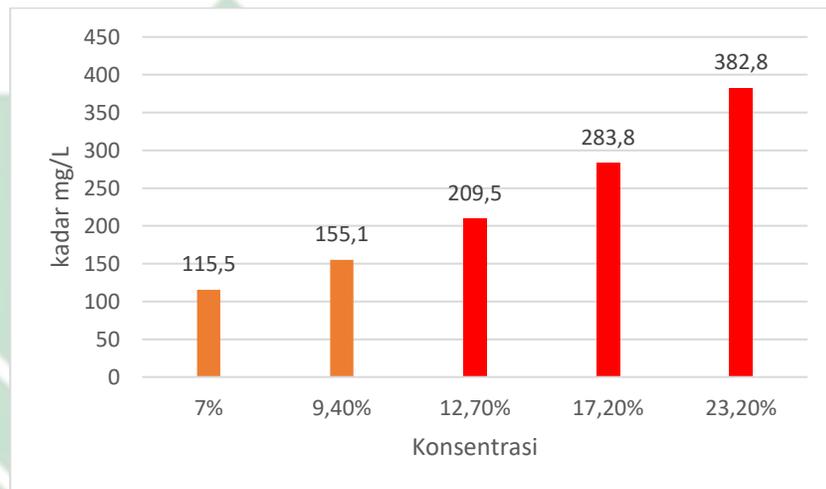
Gambar 4. 12 Grafik kadar COD pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.12 di atas, kadar 100% COD awal pada tahap uji toksisitas akut sebesar 2523 mg/L, nilai tersebut masih melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 125 mg/L. Kadar COD pada konsentrasi 7% berdasarkan perhitungan sebesar 176,61 mg/L, pada konsentrasi 9,4% berdasarkan perhitungan sebesar 237,16 mg/L, pada konsentrasi 12,7% berdasarkan perhitungan sebesar 320,42 mg/L, pada konsentrasi 17,2% berdasarkan perhitungan sebesar 433,95 mg/L dan pada konsentrasi 23,3% berdasarkan perhitungan sebesar 585,33 mg/L. Kadar COD pada konsentrasi 7% - 23,2% berdasarkan perhitungan tetap melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Tingginya bahan organik didalam limbah mengakibatkan beban pencemaran semakin besar, COD yang tinggi akan berdampak pada defisit oksigen dalam perairan sehingga bisa

mengakibatkan kematian pada ikan dan tumbuhan air. Nilai COD tinggi mengindikasikan bahwa air tercemar (Ramayanti & Amna, 2019). Oleh karena itu, COD pada konsentrasi 7% hingga 23,3% dapat menyebabkan kematian pada ikan.

### 3. TSS

Berikut merupakan grafik kadar TSS setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.13



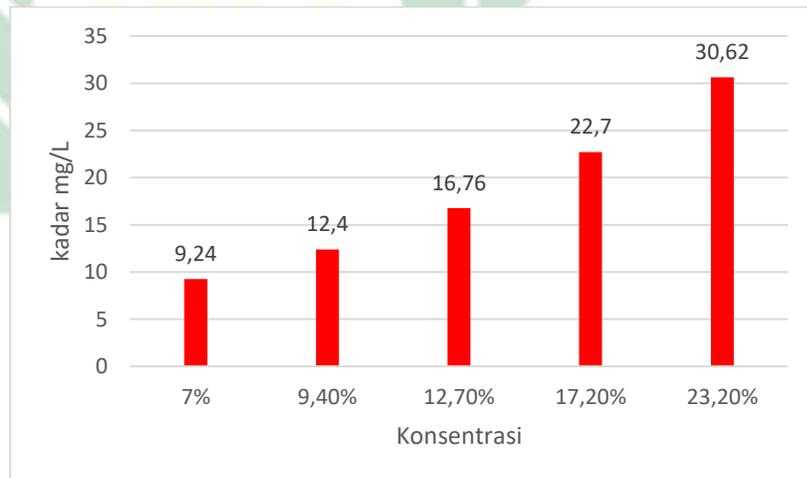
Gambar 4. 13 Grafik kadar TSS pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.13 di atas, nilai 100% TSS pada tahap uji toksisitas sebesar 1650 mg/L. Nilai TSS pada konsentrasi 7% berdasarkan perhitungan sebesar 115,5 mg/L, konsentrasi 9,4% berdasarkan perhitungan sebesar 155,1 mg/L, konsentrasi 12,7% berdasarkan perhitungan sebesar 209,5 mg/L, konsentrasi 17,2% berdasarkan perhitungan sebesar 283,8 mg/L dan konsentrasi 23,3% berdasarkan perhitungan sebesar 382,8 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yang mana batas maksimal TSS limbah cair industri kayu lapis sebesar 200 mg/L. Sehingga nilai TSS pada tahap uji toksisitas akut yang melebihi baku mutu berdasarkan perhitungan terdapat pada konsentrasi 12,7% hingga 17,2%.

TSS dapat menyebabkan berkurangnya penetrasi cahaya matahari yang akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Banyaknya TSS yang berada dalam perairan dapat menurunkan kesediaan oksigen terlarut. Jika menurunnya ketersediaan oksigen berlangsung lama akan menyebabkan perairan menjadi anaerob, sehingga organisme aerob akan mati. Tingginya TSS juga dapat secara langsung mengganggu biota perairan seperti ikan karena tersaring oleh insang (Rinawati dkk., 2016). Oleh karena itu, kematian ikan pada konsentrasi 12,7% hingga 23,2% pada tahap ini dapat dikarenakan tingginya kadar TSS.

#### 4. $\text{NH}_3$

Berikut merupakan grafik kadar  $\text{NH}_3$  setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.13



Gambar 4. 14 Grafik kadar  $\text{NH}_3$  pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan

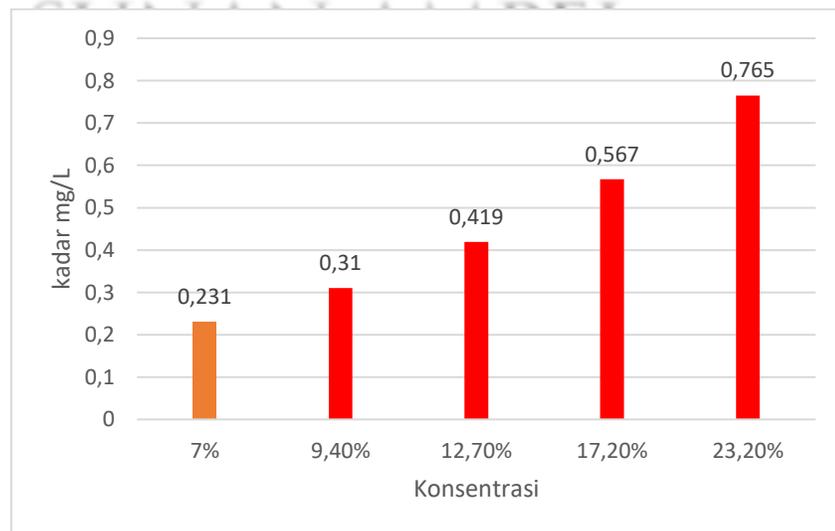
Berdasarkan Gambar 4.14 di atas, kadar 100%  $\text{NH}_3$  awal pada tahap uji toksisitas akut sebesar 132 mg/L yang mana nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 4 mg/L. Kadar  $\text{NH}_3$  pada konsentrasi 7% berdasarkan perhitungan sebesar 9,24 mg/L, pada konsentrasi 9,4% berdasarkan perhitungan sebesar 12,4 mg/L, pada konsentrasi 12,7% berdasarkan perhitungan sebesar 16,76 mg/L, pada konsentrasi 17,2% berdasarkan perhitungan sebesar 22,7 mg/L, dan pada konsentrasi 23,2% berdasarkan perhitungan sebesar 30,62 mg/L.

berdasarkan perhitungan sebesar 16,76 mg/L, pada konsentrasi 17,2% berdasarkan perhitungan sebesar 22,7 mg/L dan pada konsentrasi 23,2% berdasarkan perhitungan sebesar 30,62 mg/L. Kadar  $\text{NH}_3$  pada semua konsentrasi setelah dilakukan pengenceran masih melebihi baku mutu.

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.  $\text{NH}_3$  atau ammonia dapat menimbulkan bau menyengat pada konsentrasi amoniak sebesar 0,037 mg/l (Sulistia & Septisya, 2020). Kandungan amonia pada air bersifat toksik bagi organisme perairan terutama ikan karena dapat berdampak kerusakan pada insang ikan. Selain itu,  $\text{NH}_3$  juga dapat mempengaruhi jaringan tubuh ikan sehingga dapat menghambat stabilitas membrane sel dan melemahkan kemampuan darah untuk mengikat oksigen (Tatangindatu dkk., 2013). Oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 7% hingga 23,2% dapat disebabkan oleh kadar  $\text{NH}_3$  yang tinggi.

#### 5. Fenol

Berikut merupakan grafik kadar Fenol setelah dilakukan pengenceran pada gambar 4.15



Gambar 4. 15 Grafik kadar Fenol pada tahap Uji Toksisitas Akut berdasarkan perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.15 di atas, nilai 100% Fenol pada tahap uji toksisitas akut sebesar 3,3 mg/L. Nilai TSS pada konsentrasi 7% berdasarkan perhitungan sebesar 0,231 mg/L, konsentrasi 9,4% berdasarkan perhitungan sebesar 0,31 mg/L, konsentrasi 12,7% berdasarkan perhitungan sebesar 0,419 mg/L, konsentrasi 17,2% berdasarkan perhitungan sebesar 0,567 mg/L dan konsentrasi 23,3% berdasarkan perhitungan sebesar 0,765 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yang mana batas maksimal Fenol limbah cair industri kayu lapis sebesar 0,25 mg/L. Sehingga nilai Fenol pada tahap uji toksisitas akut yang melebihi baku mutu berdasarkan perhitungan terdapat pada konsentrasi 9,4% hingga 23,2%. Industri kayu lapis menggunakan resin fenol formaldehida dalam proses produksi. Peningkatan produksi kayu lapis akan meningkatkan volume limbah cair yang mengandung fenol. Fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik bagi makhluk hidup (Jauhari & Thamrin, 2012).

Kematian pada ikan dapat diakibatkan oleh rusaknya jaringan insang akibat paparan senyawa fenol pada konsentrasi yang cukup tinggi. Rusaknya jaringan insang dapat mengakibatkan terganggunya proses pengambilan oksigen dan peningkatan frekuensi pernapasan dari keadaan normal (Leba & Maing, 2017). Oleh karena itu kematian ikan pada konsentrasi 9,4% hingga 23,2% dapat disebabkan oleh kadar Fenol yang tinggi.

#### 4.5.Perhitungan LC<sub>50</sub> 96 Jam

Paparan pencemar dengan variasi konsentrasi yang beragam kemudian menimbulkan mortalitas pada biota uji dapat disebut dengan *Lethal Concentration* (LC). LC<sub>50</sub> dapat digunakan untuk memprediksi nilai dan klasifikasi tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh pencemar terhadap biota uji. *Lethal Concentration* 50-96 jam

(LC<sub>50</sub>-96 jam) adalah konsentrasi yang menghasilkan mortalitas biota uji sebanyak 50% dengan waktu pemaparan 96 jam (4 hari). LC<sub>50</sub> bertujuan untuk mengetahui dampak yang akan ditimbulkan oleh biota uji setelah terpapar pencemar sehingga dapat mengetahui tingkat bahaya organisme tersebut apabila dikonsumsi oleh manusia (Nuha dkk., 2016). Pada penelitian ini menggunakan analisis SPSS probit untuk menghitung LC<sub>50</sub>-96 jam. Perhitungan LC<sub>50</sub> 96 jam pada penelitian kali ini sebagai berikut:

1. Data yang didapatkan pada tahap uji toksisitas akut digunakan untuk menghitung persentase kematian ikan. Rumus persentase kematian ikan sebagai berikut:

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

Contoh perhitungan:

Konsentrasi limbah cair 7% yang mematikan biota uji sebanyak 5 ekor.

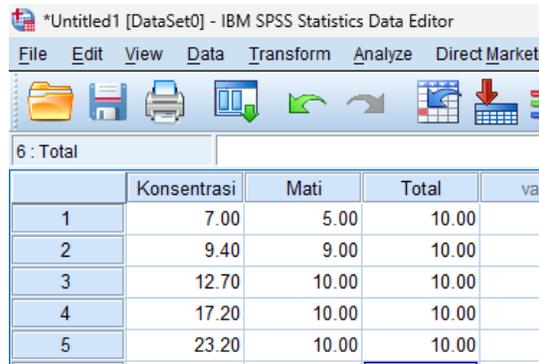
$$\begin{aligned} R &= \frac{(\sum mortalitas)}{\sum biota\ uji} \times 100\% \\ &= \frac{5}{10} \times 100\% \\ &= 50\% \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Persentase kematian ikan

Konsentrasi	% Mortalitas	Mati	Total
7%	50%	5	10
9,4%	90%	9	10
12,7%	100%	10	10
17,2%	100%	10	10
23,2%	100%	10	10

Sumber: (Hasil Analisa, 2023)

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

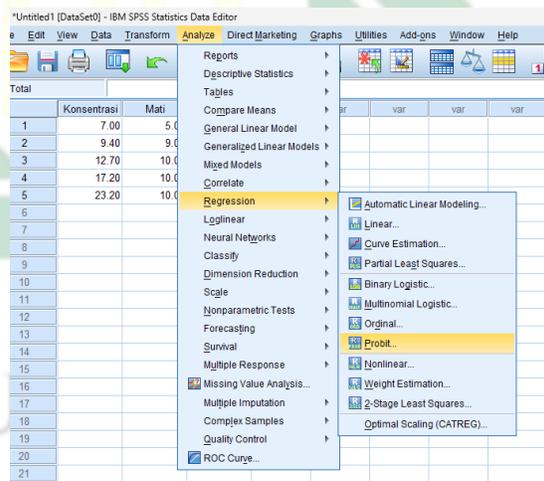


	Konsentrasi	Mati	Total	var
1	7.00	5.00	10.00	
2	9.40	9.00	10.00	
3	12.70	10.00	10.00	
4	17.20	10.00	10.00	
5	23.20	10.00	10.00	

Gambar 4. 16 Data konsentrasi, kematian dan total pada SPSS

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2023)

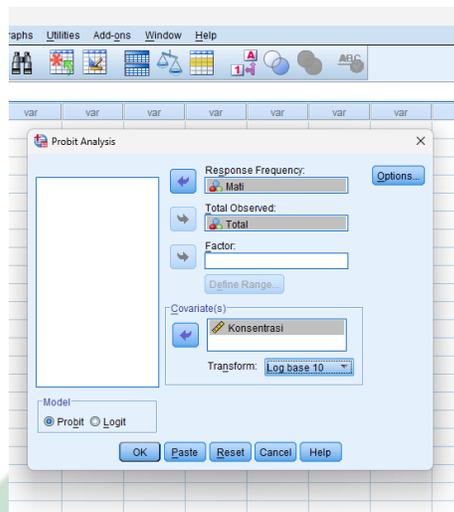
3. Setelah itu menjalankan SPSS dengan klik “Analyze” lalu klik “Regression” lalu klik “Probit” seperti pada Gambar 4.17 di bawah ini.



Gambar 4. 17 Menjalankan SPSS Analisis, Regression, Probit

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2023)

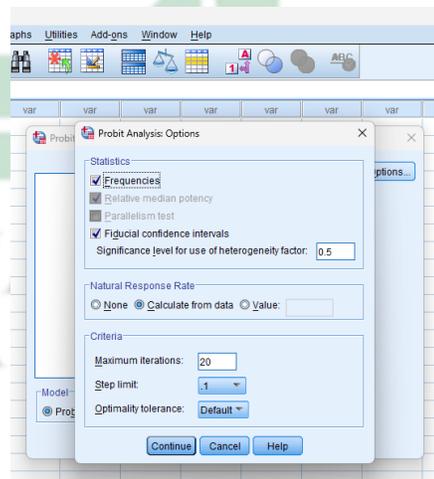
4. Setelah itu akan muncul dialog box Probit Analysis seperti pada Gambar 4.21 di bawah ini. Selanjutnya pada opsi Response Frequency dimasukkan data “Mati” pada opsi Total Observed dimasukkan data “Total”, dan opsi Covariate dimasukkan data “Konsentrasi”. Untuk Transform diubah menjadi “Logbase10”.



Gambar 4. 18 Menjalankan SPSS pada dialog box Probit Analysis

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2023)

5. Setelah itu klik tanda Options pada dialog box probit analysis seperti pada Gambar 4.19 di bawah ini. Kemudian pada opsi Significance level for use of heterogeneity factor diubah menjadi 0,5. Lalu Natural response rate diubah menjadi calculate from data



Gambar 4. 19 Menjalankan SPSS Pada Probit Analysis Options

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2023)

6. Setelah itu, klik Continue dan klik OK. Lalu akan muncul dialog box seperti pada Gambar 4.20 di bawah ini

**Confidence Limits**

Probability	95% Confidence Limits for Konsentrasi			95% Confidence Limits for log(Konsentrasi) <sup>a</sup>		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT .010	4,524			,655		
.020	4,780			,679		
.030	4,949			,695		
.040	5,081			,706		
.050	5,191			,715		
.060	5,286			,723		
.070	5,371			,730		
.080	5,448			,736		
.090	5,519			,742		
.100	5,586			,747		
.150	5,869			,769		
.200	6,105			,786		
.250	6,314			,800		
.300	6,508			,813		
.350	6,694			,826		
.400	6,874			,837		
.450	7,054			,848		
<b>.500</b>	<b>7,235</b>			,859		
.550	7,421			,870		
.600	7,615			,882		
.650	7,820			,893		
.700	8,043			,905		
.750	8,290			,919		
.800	8,575			,933		
.850	8,919			,950		
.900	9,371			,972		
.910	9,484			,977		
.920	9,608			,983		
.930	9,746			,989		
.940	9,903			,996		
.950	10,084			1,004		

.960	10,302			1,013		
.970	10,576			1,024		
.980	10,952			1,039		
.990	11,572			1,063		

Gambar 4. 20 Nilai LC<sub>50</sub> pada SPSS

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2023)

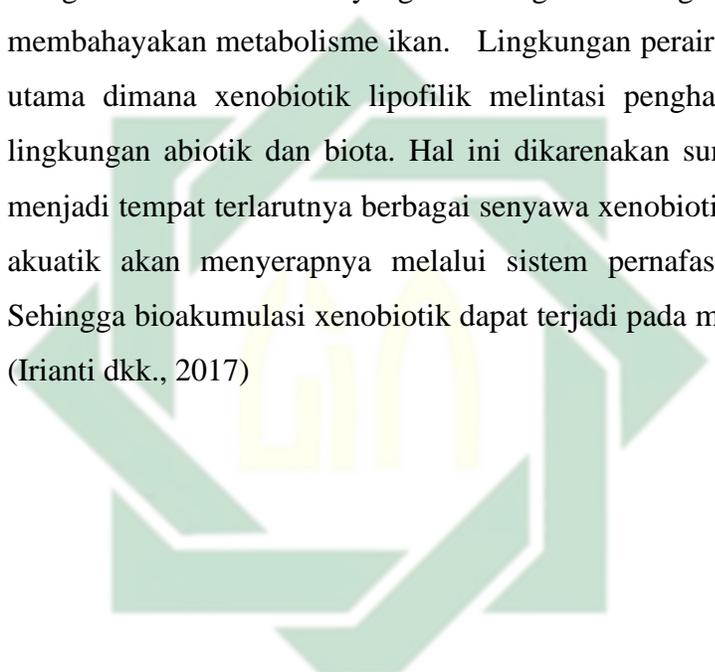
Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai LC<sub>50</sub> – 96 Jam dari limbah cair industri kayu lapis pada PT.X terhadap ikan Wader pari (*Rasbora lateristriata*) yaitu 7,235%. Setelah didapatkan hasil nilai probit kemudian menghitung nilai TUa untuk menentukan klasifikasi toksisitas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 TUa &= \frac{1}{LC_{50}} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{7,235\%} \times 100\% \\
 &= 13,8
 \end{aligned}$$

Pengaruh toksikan terhadap suatu organisme akan terlihat dalam waktu paparan yang berbeda. Selain itu, kerentanan organisme terhadap zat toksik digolongkan berdasarkan konsentrasi zat itu sendiri, berdasarkan spesies, serta ukuran organismenya (Syafriadiman, 2010). Oleh karena itu, pada nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa uji toksisitas limbah cair industri kayu lapis pada PT.XYZ terhadap ikan Wader Pari (*Rasbora lateristriata*) berdasarkan Tabel 2.2 Klasifikasi toksisitas LC<sub>50</sub> menurut (Persoone dkk., 2003) merupakan kategori toksisitas kelas IV yang dianggap *high acute toxicity* (HT) karena memiliki nilai  $10 \leq TUa < 100$ . Oleh karena itu, apabila limbah cair industri kayu lapis pada PT.X terus menerus dibuang secara langsung ke perairan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu akan mengakibatkan kerusakan pada ekosistem perairan. Dikarenakan proses toksisitas dapat terjadi karena adanya bioakumulasi. Xenobiotik atau kandungan limbah cair di lingkungan sebagian besar masuk ke tubuh

organisme secara difusi pasif. Tempat utama terjadinya paparan meliputi membran paru-paru, insang, dan saluran gastrointestinal.

Xenobiotik berpotensi masuk melalui sistem pencernaan ikan yang dimulai dari mulut, esofagus, lambung serta usus kemudian xenobiotik akan didistribusikan melalui aliran darah ke organ hati serta ginjal. Pada organ tersebut xenobiotik akan diekskresi karena kedua organ tersebut berfungsi mengelola zat – zat sisa yang tidak digunakan lagi serta zat yang dapat membahayakan metabolisme ikan. Lingkungan perairan merupakan tempat utama dimana xenobiotik lipofilik melintasi penghalang (barrier) antara lingkungan abiotik dan biota. Hal ini dikarenakan sungai, danau, dan laut menjadi tempat terlarutnya berbagai senyawa xenobiotik dan makhluk hidup akuatik akan menyerapnya melalui sistem pernafasan mereka (insang). Sehingga bioakumulasi xenobiotik dapat terjadi pada makhluk hidup akuatik (Irianti dkk., 2017)



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 limbah cair industri kayu lapis PT.XYZ sebesar 896 mg/L, COD sebesar 1524 mg/L, NH<sub>3</sub> sebesar 64 mg/L, dan Fenol sebesar 0,7 mg/L. Dimana hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh parameter limbah cair masih melebihi baku mutu yang berlaku.
2. Berdasarkan perhitungan yang didapatkan dari analisis statistik mengenai Nilai LC<sub>50</sub> limbah cair kayu lapis PT.XYZ terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) mendapatkan hasil yaitu 7,235 mg/L dan perhitungsn nilai TUa sebesar 13,8.
3. Nilai LC<sub>50</sub> dari limbah cair industri kayu lapis PT.XYZ terhadap ikan wader pari (*Rasbora lateristriata*) dapat dikatakan toksikan yang masuk dalam kategori IV yang dianggap *high acute toxicity (HT)* karena memiliki nilai  $10 \leq TUa < 100$ .

#### **5.2. Saran**

Adapun saran-saran untuk penelitian berikutnya sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan uji laboratorium pada setiap konsentrasi yang digunakan setelah dilakukan pengenceran pada limbah cair untuk memvalidasi hasil kandungan limbah cair pada konsentrasi tersebut.
2. Pihak PT XYZ sebaiknya merencanakan pembuatan IPAL untuk pengolahan limbah cair industri kayu lapis tersebut akan jika dibuang ke badan air tidak berbahaya dan tidak mencemari ekosistem perairan yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adlina, S. R. (2014). *Kalimas Surabaya Terhadap Ikan Mujair Acute Toxicity Test of Used Oil Waste in Kalimas River of Surabaya to Mujair Fish (Tilapia missambicus) and Nila Fish (Oreochromis niloticus)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Alfiani, K. (2017). *Uji Toksisitas Akut Semut Jepang (Tenebrio sp.) Terhadap Mencit Putih Betina*.
- 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.
- APHA, AWWA, & WPCF. (2005). Toxicity test method for aquatic organism standart metod for the examination of water and wastewater.
- 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.
- Dermawan, M. K. (2009). Perilaku Merusak Lingkungan Hidup: Perspektif Individu, Organisasi Dan Institusional. *Journal Legislasi Indonesia*, Vol. 06 No(3), 73–102.
- EPA, U. (2002). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms: Fifth Edition. *Epa/821/R02/012*, October, 266. <http://www.epa.gov/waterscience/WET/disk1/ctm.pdf>
- Faradisha, N., Elystia, S., & Yenie, E. (2015). Uji Toksisitas Akut Effluent Pengolahan Lindi TPA Muara Fajar Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio* L). *Jom Fteknik*, 2(2), 1–4.
- Ghazali, M., Nurhayati, Suropto, Sukenti, K., & Julisaniah, N. I. (2021). Bioscientist :

Jurnal Ilmiah Biologi. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(1), 63–71. <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>

Harahap, S. (2011). Penggunaan Kitosan Dari Kulit Udang Dalam Menurunkan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Industri Plywood. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 2(2), 116–125.

Husni, H., & Esmiralda. (2010). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus capri Lin*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(3), 1–13.

Hoffman, D. J. (Ed.). (2003). *Handbook Of Ecotoxicology* (2nd Ed). Lewis Publishers.

Ihsan, T., Edwin, T., Husni, N., & Rukmana, W. D. (2018). Uji Toksisitas Akut Dalam Penentuan LC50-96H Insektisida Klorpirifos Terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 98. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.98-103>

Ihsan, T., Edwin, T., & Vitri, R. Y. (2017). ANALISIS LC50 LOGAM Pb, Co dan Cr TERHADAP IKAN MAS (*Cyprinus carpio. L*) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PERCETAKAN KOTA PADANG. *Jurnal Dampak*, 14(2), 98. <https://doi.org/10.25077/dampak.14.2.98-103.2017>

Ikan, D. A. N. (2014). *KALIMAS SURABAYA TERHADAP IKAN MUJAIR ACUTE TOXICITY TEST OF USED OIL WASTE IN KALIMAS RIVER OF SURABAYA TO MUJAIR FISH ( *Tilapia missambicus* ) AND NILA FISH ( *Oreochromis niloticus* ).*

Irianti, T., Mada, U. G., Nuranto, S., Mada, U. G., Ugm, S., & Mada, U. G. (2017). *Toksikologi Lingkungan. November 2018.*

J A R, N. R. (2020). Analisis Toksisitas Limbah Cair Batik Tulis Dan Bioconcentration Factor Ikan Sepat (*Trichogaster Tricopterus*). *Jurnal Envirotek*, 12(1), 19–26. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i1.44>

- Jauhari, A., & Thamrin, G. A. R. (2012). PEMANFAATAN LUMPUR AKTIF DALAM MEREDUKSI FENOL The Use Of Activated Sludge In Reducing Phenol. *Jurnal Hutan Tropis*, 13(1), 18–26.
- Kartikasari, N. A. (2022). Uji Toksisitas Akut Limbah Laundry Terhadap Ikan Mujair (*Oreochromis Sp.*).
- Leba, M. A. U., & Maing, C. M. M. (2017). Toksisitas Senyawa Fenol terhadap Kelangsungan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 1(2).
- Leuwol, C. F., Tumpal, D. L. F., & Affandi, R. (2018). Uji Toksisitas Akut Insektisida Karbamat terhadap Ikan Mas , *Cyprinus carpio* Linnaeus , 1758. *Jurnal Ikhtiologi Indonesia*, 18(3), 191–198.
- Mayasari, R. (2017). The effect of tofu liquid waste on mortality and histopathology of goldfish (*Cyprinus carpio*) kidney as a biology alternative material concept for senior high school X grade. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 3(2), 123–132. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v3i2.3907>
- Megawati, I. A. (2017). Uji Toksisitas Deterjen terhadap Ikan Nila (*Orheochromis niloticus*). *Fkip Umrah*, 1–10. [http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity\\_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2015/09/pdf-jurnal-skripsi.pdf](http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2015/09/pdf-jurnal-skripsi.pdf)
- Nuha, U. A., Martin, F. P., & Mubarok, I. (2016). Toksisitas Letal Akut Limbah Cair Tenun Troso terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L). *Life Science*, 5(1), 1–8. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci/article/view/13164/7234>
- OECD. (2019). *Test No. 203: Fish, Acute Toxicity Test. 203*, 24. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264069961-en>
- Pratiwi, H. C. (2014). Pengaruh Toksisitas Akut Air Lindi Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* ). *Skripsi*, 64. <http://repository.unair.ac.id/26352/>

- Ramayanti, D., & Amna, U. (2019). Analisis parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (potential Hydrogen) limbah cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 1(1), 16–21.
- Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P. S. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 36–46. <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/analit/article/view/1236>
- Sahubawa, L. (2008). Analysis and prediction of plywood industry liquid waste pollution impact at PT Jati Dharmo Indah and their effects Toward the quality of territorial seawater. *J. Manusia Dan Lingkungan*, 15(2), 70–78.
- Sa'idi, M. M. (2020). Analisis Parameter Kualitas Air Minum (pH, ORP, TDS, DO, dan Kadar Garam) Pada Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK).
- Sani, K. I., Lestari, S., & Atang, A. (2020). Toksisitas Subletal Limbah Cair Batik Hasil Biosorpsi Terhadap Struktur Histologis Ginjal Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *BioEksakta : Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2020.2.1.1769>
- Sentosa, A. A. (2008). *Pertumbuhan ikan wader pari ( Rasbora lateristriata ) pada masa pemijahan di Sungai Ngrancah , Kabupaten Kulon Progo*. 41–49.
- Sentosa, A. A., & Djumanto. (2010). Habitat Pemijahan Ikan Wader Pari (*Rasbora lateristriata*) di Sungai Ngrancah, Kabupaten Kulonprogo. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 10(1), 55–63.
- Soedarmanto, H. (2012). Penanganan limbah cair kilang pengolahan kayu dengan sistem recycling. *Jurnal INTEKNA*, XII(1), 72–76.
- Subari, D., Yanuwiyadi, B., & Setiawan, B. (2012). Efektifitas Pengelolaan Limbah Cair Pada Industri Kayu Lapis Di Kalimantan Selatan. *Buana Sains*, 12(1), 99–

108.

Syafriadiman. (2010). Toksisitas Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dan Uji Sub Lethal terhadap Ikan Nila (*Oreochromis sp.*). *Berkala Perikanan Terubuk*. 3(1): 95-106

Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2020). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1), 41–57. <https://doi.org/10.29122/jrl.v12i1.3658>

Tatangindatu, F., Kalesaran, O., & Rompas, R. (2013). Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *E-Journal BUDIDAYA PERAIRAN*, 1(2), 8–19. <https://doi.org/10.35800/bdp.1.2.2013.1911>

Yulianto, & Amalloyah, N. (2017). Toksikologi Lingkungan.

Yaqin, M. A., & Indrayatie, E. R. (2019). STUDI KEMAMPUAN TANAMAN HIDROMAKROFITA DALAM FITOREMEDIASI KUALITAS LIMBAH CAIR KAYU LAPIS Study of Hydromacrophita Plant Capability in Phytoremediation Quality of Plywood Liquid Waste. *Jurnal Sylva Scientiae*, 02(1), 80–92.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A