

**UJI TOKSISITAS AKUT KOBALT (Co) DAN LINEAR ALKYL BENZENE
SULFONATE (LAS) TERHADAP IKAN GUPPY (*Poecilia reticulata*)**

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



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

Disusun Oleh:

YUDA SETIAWAN

NIM. H95218068

Disusun Oleh:

Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL

Widya Nilandita, M. KL

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

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yuda Setiawan

Nim : H95218068

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “**Uji Toksisitas Akut Kobalt (Co) Dan Linear Alkylbenzena Sulfonate (LAS) Terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)**”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Juli 2023

Yang menyatakan



(Yuda Setiawan)
NIM.H95218068



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 Website : www.uinsby.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR

Nama : Yuda Setiawan
NIM : H95218068
Judul Tugas Akhir : Uji Toksisitas Akut Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Benzene Sulfonate (Las) Terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Telah disetujui untuk pendaftaran Tugas Akhir

Surabaya, 27 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Dedy Supravogi S.KM. M.KL.
NIP. 198512112014031002

Dosen Pembimbing 2

Widya Nilandita, M.KL.
NIP. 198410072014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR

Nama : Yuda Setiawan
NIM : H95218068
Judul : Uji Toksisitas Akut Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzena Sulfonat
Terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi

Di Surabaya, 5 Juli 2023

Mengesahkan,
Dewan Penguji,

Penguji I

Penguji II



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



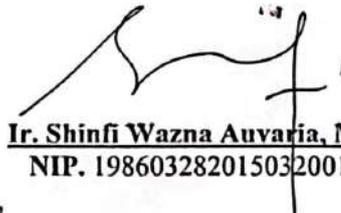
Widya Nilandita, M.KL.
NIP. 198410072014032002

Penguji III

Penguji IV



Abdul Hakim, S.T., M.T.
NIP. 198008062014031002



Ir. Shifni Wazna Auvaria, M.T.
NIP. 198603282015032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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 : Yuda Setiawan
NIM : H95218068
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : Yuddda24@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 Aku Kobalt (Co) dan Linear

Alkylbenzena Sulfonate Terhadap Ikan Guppy

(Poecilia reticulata)

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 19 Juli 2023

Penulis

(Yuda Setiawan)

ABSTRAK

Kualitas perairan tawar di Indonesia baik sungai maupun danau semakin lama semakin menurun akibat akumulasi bahan-bahan pencemar termasuk deterjen yang dihasilkan dari limbah rumah tangga dan industri. Pencemar tersebut salah satunya yaitu Kobalt (Co) dan *Linear Alkylbenzena Sulfonat* yang dapat membahayakan kehidupan biota terutama ikan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menentukan nilai Lethal Concentration 50-96 jam (LC_{50-96} jam) dari Kobalt (Co) dan *Linear Alkylbenzena Sulfonat* terhadap ikan guppy. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji toksisitas akut Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzena Sulfonat yang dilakukan selama 96 jam (4 hari) terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*). Variasi konsentrasi pada uji toksisitas akut diperoleh dari range finding test awal. Konsentrasi setelah uji range finding test maka dilakukan uji acute toxicity test dengan mempersempit range variasi volume air pengencer/volume toksikan dengan konsentrasi 0,05 mg/L Co dan 0,05 mg/L LAS; 0,1 mg/L Co dan 0,1 mg/L LAS; 0,15 mg/L Co dan 0,15 mg/L LAS; 0,25 mg/L Co dan 0,25 mg/L LAS; 0,3 mg/L Co dan 0,3 mg/L LAS. Hasil yang diperoleh berdasarkan penelitian terhadap biota uji ikan mas dengan toksikan percampuran Co dan LAS pada tahap *acute toxicity test* diperoleh nilai LC_{50-96} jam sebesar 0,6 mg/L. Berdasarkan nilai LC_{50-96} jam yang diperoleh, Co dan LAS termasuk kategori III dengan tanda awas.

Kata Kunci: Co dan LAS, Uji Toksisitas Akut, LC_{50} , Ikan Guppy

ABSTRACT

The quality of freshwaters in Indonesia, both rivers and lakes is decreasing due to the accumulation of pollutant materials, including detergents, which are produced from household and industrial waste. One of these pollutants is Cobalt (Co) and *Linear Alkylbenzene Sulfonate* which can endanger the life of biota, especially fish. This research is an experimental research which aims to determine the value of Lethal Concentration 50-96 hours (LC₅₀₋₉₆ hours) of Cobalt (Co) and *Linear Alkylbenzene Sulfonate* in guppy fish. The tests carried out in this study were the acute toxicity test of Cobalt (Co) and *Linear Alkylbenzene Sulfonate* which were carried out for 96 hours (4 days) on Guppy Fish (*Poecilia reticulata*). Concentration variations in the acute toxicity test were obtained from the initial range finding test. Concentration after the range finding test, the acute toxicity test was carried out by narrowing the range of variations in the volume of diluent/volume of toxicant with a concentration of 0.05 mg/L Co and 0.05 mg/L LAS; 0.1 mg/L Co and 0.1 mg/L LAS; 0.15 mg/L Co and 0.15 mg/L LAS; 0.25 mg/L Co and 0.25 mg/L LAS; 0.3 mg/L Co and 0.3 mg/L LAS. The results obtained based on research on guppy fish test biota with a toxicant mixture of Co and LAS at the acute toxicity test stage obtained an LC₅₀₋₉₆ hour value of 0.6 mg/L. Based on the LC₅₀₋₉₆ hour values obtained, Co and LAS are included in category III with a warning sign.

Keywords: Co and LAS, Acute Toxicity Test, LC₅₀, Guppy Fish

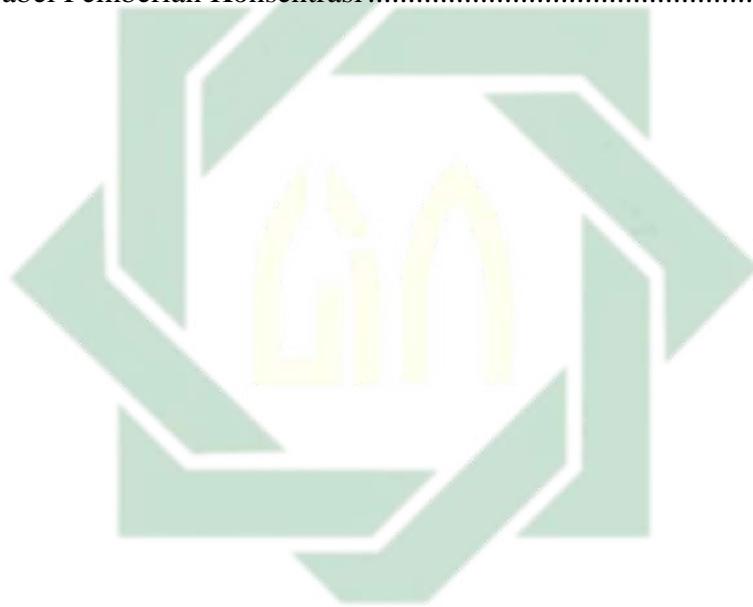
DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
“DAFTAR GAMBAR”	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air	5
2.1.1 Suhu	5
2.1.2 Oksigen Terlarut	6
2.1.3 pH	6
2.1.4 Kobalt (Co)	6
2.1.5 Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)	7
2.2 Toksikologi	8
2.3 Toksisitas	8
2.4 Relasi Antara Konsentrasi dan Respon	11

2.5	Metode Perhitungan LC ₅₀	12
2.6	Biota Uji	13
2.6.1	Pemilihan Biota Uji	13
2.6.2	Perlakuan Biota Uji.....	14
2.7	Ikan Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)	15
2.8	Integrasi Islam	16
2.9	Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODE PENELITIAN		26
3.1	Jenis Penelitian.....	26
3.2	Lokasi Penelitian.....	26
3.3	Waktu Penelitian	26
3.4	Kerangka Pikir Penelitian	26
3.4	Alat dan Bahan.....	28
3.5	Tahapan Penelitian	29
3.5.1	Pemilihan Lokasi dan Pengambilan sampel uji	29
3.5.2	Aklimatisasi	30
3.5.3	Tahap Range Finding Test.....	31
3.5.4	Tahap Uji Toksisitas Akut	36
3.8	Jenis Penelitian.....	37
3.9	Variabel Penelitian	38
3.10	Analisis Data	38
3.11	Rancangan Percobaan	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Penelitian Pendahuluan	42
4.2	Aklimatisasi.....	43
4.3	Range Finding Test	49
4.4	Uji Toksisitas Akut (<i>Acute Toxicity Test</i>)	60
4.5	Perhitungan LC ₅₀	71
BAB V PENUTUP		77
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN.....		82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Toksisitas LD ₅₀	9
Tabel 2.2 Kriteria Toksisitas LC ₅₀ Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan.....	10
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	18
Tabel 3. 1 Kelompok Perlakuan pada Tahap Range Finding Test	32
Tabel 3. 2 Kriteria Toksisitas LC ₅₀ Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan.....	38
Tabel 3. 3 Tabel Pemberian Konsentrasi	41



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikan Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>).....	15
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian.....	28
Gambar 3.3 Tahapan pengujian Toksisitas.....	29
Gambar 3.4 Tahapan pengujian Toksisitas.....	31
Gambar 3.5 Kelompok Perlakuan pada Tahap Range Finding Test.....	32
Gambar 3.6 Tahapan Pembuatan Limbah Artivisial LAS.....	33
Gambar 3.7 Tahapan Pembuatan Limbah Artivisial LAS.....	34
Gambar 3.8 Kelempok Perlakuan acute toxyty test.....	36
Gambar 3.9 Tahapan Proses Range Finding Test.....	36
Gambar 3.10 Tahapan Proses Uji Toksisitas Akut.....	37
Gambar 4. 1 Rata – rata pH Air Tahap Aklimatisasi pada Biota Uji Ikan Guppy	45
Gambar 4. 2 Rata – rata DO Air Tahap Aklimatisasi pada Biota Uji Ikan Guppy....	46
Gambar 4. 3 Rata – rata Suhu Air Tahap Aklimatisasi pada Biota Uji Ikan Guppy .	48
Gambar 4. 4 Nilai Rata-rata pH Biota Uji Ikan Guppy Tahap Uji Toksisitas Pencarian Kisaran pada Limbah Artifisial Co dan LAS.....	52
Gambar 4. 5 Nilai DO Biota Uji Ikan Guppy Tahap Uji Toksisitas Pencarian Kisaran pada Limbah Artifisial Co dan LAS.....	54
Gambar 4. 6 Nilai Suhu Biota Uji Ikan Guppy Tahap <i>Range Finding Test</i> pada Limbah Artifisial Co dan LAS.....	57
Gambar 4. 7 Rata-rata kematian biota uji ikan guppy pada tahap range finding test	59
Gambar 4. 8 Nilai pH Biota Uji Ikan Guppy Acute Toxicity Test pada Limbah Artifisial Co dan LAS.....	64
Gambar 4. 9 Nilai DO Biota Uji Ikan Guppy Tahap Acute Toxicity Test pada Limbah Artifisial Co dan LAS.....	66
Gambar 4. 10 Nilai Rata-rata Suhu Biota Uji Ikan Guppy Tahap Acute Toxicity Test pada Limbah Artifisial Co dan LAS.....	69
Gambar 4. 11 Grafik rata-rata Kematian Ikan Guppy pada Tahap Acute Toxicity Test Limbah Artifisial Co dan LAS.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu Sumber Daya Alam (SDA) dimana seluruh makhluk hidup membutuhkannya. Sehingga, sumber daya air harus dijaga supaya dapat dipergunakan sebagaimana peruntukannya. Air yang diperuntukkan sebagai penunjang kehidupan perlu diolah terlebih dahulu sebelum dikonsumsi atau digunakan agar air memenuhi standar baku mutu yang ditentukan (Mahsyar dan Wijaya, 2020).

Jakarta sebagai ibu kota negara yang memiliki jumlah penduduk paling padat jika dibandingkan kota lain di Indonesia. sebanyak 13 aliran sungai di wilayah Jakarta, 10 diantaranya bermuara di Teluk Jakarta (Pratiwi, 2020). Seiring bertambahnya jumlah penduduk, bertambah pula jumlah limbah cair yang dihasilkan. Mencuci pakaian merupakan kegiatan yang menghasilkan limbah cair. Selain dari rumah tangga, kegiatan mencuci juga sudah menjadi industri kecil yang menghasilkan limbah dengan hadirnya industri laundry. Sejalan dengan pertumbuhan gross domestik product (GDP) penggunaan deterjen per kapita meningkat sesuai dengan pendapatan masyarakat, maka penggunaan deterjen akan semakin meningkat, data statistik menunjukkan bahwa pada tahun 1998 penggunaan deterjen per kapita sebanyak 1,97 kg, namun meningkatnya daya beli masyarakat menyebabkan penggunaan deterjen meningkat menjadi 2,32 kg pada tahun 2002 (Wiguna, 2020).

Salah satu pencemar air yang dapat membahayakan kehidupan biota air adalah limbah deterjen yang dapat menyebabkan menghambat oksigen dikarenakan busanya yang menutupi permukaan air. Salah satu senyawa yang terkandung dalam limbah deterjen yaitu LAS (Rosita, 2013). Selain limbah deterjen terdapat bahan anorganik lain yang berbahaya apabila mencemari badan air yaitu logam berat. Logam berat juga bersifat toksik bagi kesehatan dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Yudo, 2006).

Sumber pencemaran air lainnya ialah logam berat yang terkandung dalam limbah hasil aktivitas industri yakni logam berat kobalt (Co). Kobalt

banyak terkandung dalam air limbah dari kegiatan industri seperti metalurgi, pertambangan, cat, elektronik, dan pigmen (Padmiharsi, 2018).

Toksistas adalah suatu dampak yang merugikan dari senyawa kimia dan berdampak negatif bagi seluruh makhluk hidup. Efek yang dihasilkan dapat merusak fungsi struktur makhluk hidup (Megawati, 2015). Semakin tingginya kandungan zat pencemar yang bersifat membahayakan dapat menimbulkan toksik atau racun sehingga mengganggu keberlangsungan kehidupan makhluk hidup (Radhi and Zulfikri, 2019).

Ikan dianggap sebagai salah satu indikator penting pada pencemaran air. Karena ikan berada di posisi tertinggi pada rantai makanan akuatik dan memiliki kemampuan untuk memperbesar *biosensing* logam berat bahkan pada konsentrasi yang rendah di lingkungan (Mohsenpour *et al.*, 2020)

Salah satu jenis biota air yang hidup bebas di perairan air tawar dan tersebar luas di daerah beriklim tropis adalah ikan guppy. Ikan hias tersebut dibudidayakan oleh banyak orang, sebab memiliki warna yang indah. (Araujo, 2009 dalam Chairunnisa dkk, 2020). Guppy telah banyak digunakan sebagai model eksperimental oleh banyak peneliti untuk studi toksistas seperti Cypermethrin, Deltametrin, Klorpirifos-metil, Diklorvos, Permetrin dan Lambda-sihalotrin. Ikan guppy dapat digunakan untuk menyelidiki efek dari bahaya karsinogenik atau racun yang ditularkan melalui air terhadap manusia (Salako, 2020). Jika terjadi perubahan lingkungan Ikan guppy akan mengalami *stress* bahkan kematian (Djohan, 2016). Ikan guppy memiliki sensitifitas pada bahan kimia seperti logam berat, memainkan peran dalam ekologi sebagai sumber daya ekonomi, pertumbuhannya yang cepat, tingginya tingkat berkembangbiak, dan pendeknya laju pertumbuhan jika keberadaan ikan guppy terancam oleh kontaminasi senyawa berbahaya.

Sebagai manusia seharusnya memperbaiki jika terjadi kerusakan yang akan menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia serta makhluk hidup lain. Hal ini sesuai pada firman Allah SWT sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah

(Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”. (Al-Qur’an surah Al A’raf : 56)

Pada uji penelitian sebelumnya tentang “Uji Toksisitas Akut Detergen yang mengandung bahan aktif Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Terhadap Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)” mendalami nilai $LC_{50-96jam}$ detergen yang memiliki kandungan LAS sebesar 3,73 mg/L (Sari & Ulinuha, 2016). Sedangkan penelitian yang bertajuk “Uji Toksisitas Akut Logam Timbal (Pb), Krom (Cr) dan Kobalt (Co) terhadap *Daphnia Magna*” membicarakan nilai LC_{50} setiap logam ialah Pb 0,003 mg/l, Cr 0,008 mg/l dan Co 0,009 mg/l (*Cyprinus carpio L.*) (Edwin, dkk. 2017).

Dari latar belakang yang telah dipaparkan, akan direncanakan penelitian mengenai “Uji Toksisitas Akut Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai LC_{50} pada logam berat Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)?
2. Bagaimana kriteria toksisitas pada ikan Guppy yang terpapar Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pelarut dan toksisitas pada ikan Guppy ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menghitung nilai LC_{50} Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pada ikan Guppy.

2. Menganalisis kriteria toksisitas Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) yang terdapat pada ikan Guppy.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini :

1. Pihak Peneliti

Mahasiswa dapat mengetahui bahaya kandungan kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonat (LAS) yang terdapat pada ikan guppy (*Poecilia reticulata*).

2. Bagi Pihak Pelaku (Industri atau Perorangan)

- a. Menjadi wadah informasi dan peringatan kepada pelaku usaha tentang pentingnya pengelolaan air limbah sebelum berlanjut ke proses akhir yaitu pembuangan ke badan air.
- b. Menjadi wadah informasi dan peringatan bahwa badan sungai yang telah terakumulasi oleh limbah secara langsung dapat mengakibatkan bahaya terhadap kualitas air dan biota air di kemudian hari.

3. Bagi Masyarakat

Menjadi wadah informasi dan peringatan bahwa badan sungai yang telah terakumulasi oleh limbah secara langsung dapat mengakibatkan bahaya terhadap kualitas air dan biota air di kemudian hari.

1.5 Batasan Masalah

Berikut ini adalah batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Pengujian ini dilakukan uji parameter menggunakan polutan artificial Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS).
2. Ikan Guppy sebagai biota uji dengan ukuran rata-rata panjang badan antara 2-3 cm lalu mempunyai kisaran berat yaitu 1 gram, air PDAM sebagai pengencer, serta proses pegujian tingkat DO, temperatur, dan juga pH.
3. Penelitian dilakukan skala laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan elemen yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi, tidak ada planet lain dalam susunan tata surya yang memiliki air yang mencakup kurang lebih 71% permukaan bumi. Air dapat berbentuk cairan, gas atau uap, dan berbentuk padatan. Air menjadikan bumi sebagai satu-satunya planet dalam tata surya yang memiliki kehidupan (Parker, 2007).

Salah satu kebutuhan makhluk hidup yang sangat penting adalah air. Kehidupan tidak dapat berlangsung tanpa adanya air. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat di perbaharui, namun pada kenyataan ketersediaan air tawar menunjukkan tidak pernah bertambah. Akses air bersih di Indonesia sering terjadi permasalahan. Laju pertumbuhan penduduk dan infrastruktur yang tinggi menjadikan air sebagai kebutuhan penting. Permasalahan timbul akibat bahan pencemar yang masuk ke dalam air menyebabkan kualitas air menjadi tidak baik dan mengganggu kegiatan manusia maupun makhluk hidup lainnya (Basri, 2015).

Kualitas air merupakan sifat air dan terdapat kandungan makhluk hidup, energi, zat atau komponen yang lain di dalam air. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian parameter fisik, kimia, biologi atau pengujian kenampakan. Parameter fisika berupa pengujian suhu, padatan terlarut, kekeruhan dan lain-lain, parameter biologi berupa keberadaan makhluk hidup antara lain baktero, plankton, dan lain-lain, lalu parameter kimia berupa pH, *dissolved oxygen*, dan lain-lain.

2.1.1 Suhu

Suatu besaran untuk menyatakan seberapa panas atau dingin suatu benda ialah suhu. Suatu benda yang memiliki suhu tinggi, semakin panas benda tersebut. Sumber daya yang dimiliki oleh suatu benda juga dinyatakan oleh suhunya. Sifat materi dapat berubah dengan suhu, misalnya beberapa zat dapat

memuai jika terkena suhu tinggi (Supu, Usman dan Basri, 2016).

2.1.2 Oksigen Terlarut

Dissolved Oxygen (DO) adalah salah satu parameter terpenting dalam mengukur status kualitas air. Di antara semua parameter kualitas air, Dissolved Oxygen (DO) dianggap sebagai parameter paling mewakili yang menunjukkan status kualitas air kelas, terutama di air permukaan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa DO sangat penting bagi organisme air dan ikan di badan air. Tingkat oksigen terlarut adalah cerminan dari angin dan tindakan aerasi. DO kadarnya harus dalam jumlah yang cukup untuk menjamin stabilitas organisme dan kehidupan ikan di badan air; semakin tinggi DO, semakin baik kondisi perairan dan kelangsungan hidup ikan. Untuk menunjukkan keadaan sistem akuatik apa pun, DO digunakan sebagai indikator, dan sangat penting bagi mikroorganisme ketika hadir dalam kolom air (Ziyad dkk, 2022).

2.1.3 pH

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter kualitas air, tingkat keasaman dan kebasahan air biasanya dinyatakan sebagai nilai pH. Keasaman (pH) dikatakan netral jika nilai pH 7, nilai pH kurang dari 7 menunjukkan air bersifat asam, dan nilai pH lebih besar dari 7 menunjukkan air bersifat basa. Air di setiap kolam memiliki tingkat pH yang berbeda-beda (Hasrianti, 2019).

2.1.4 Kobalt (Co)

Kobalt (simbol kimia, Co) adalah logam transisi blok di dalam tabel periodik, kobalt terletak di antara besi (Fe) dan nikel (Ni) (Pourret, 2016). Kobalt adalah unsur yang terjadi secara alami dalam berbagai bentuk kimia di lingkungan kita, di mana sifat kimianya mirip dengan besi (Fe) dan nikel (Ni). Kobalt memiliki nomor atom 27. Hanya ada satu isotop stabil, kobalt dengan nomor massa atom 59 (Leyssens dkk., 2017; Jomova, 2011; ASTDR, 2004) (Farisah, 2019).

Salah satu unsur logam yakni kobalt (Co) adalah unsur logam yang banyak dipergunakan dalam industri logam antara lain industri pigmen, plastik, farmasi, cat, tinta untuk perawatan medis dan sumber pencemaran logam berasal dari limbah industri, kegiatan pertambangan, limbah domestik dan juga kegiatan pertanian. Limbah cair yang memiliki kandungan kobalt(Co) dan dipergunakan untuk memberikan aliran lahan pertanian berpotensi menyebabkan kobalt menumpuk di tanaman, yang akan sangat risiko jika masuk ke dalam rantai makanan (Purbalisa and Dewi, 2019).

2.1.5 Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)

Deterjen biasanya tersusun atas 3(tiga) komponen primer yaitu, surfaktan menjadi bahan dasar detergen yg berkisar antara 22–30 %, bahan *builders* (senyawapوسفات) & bahan aditif (pemutih & pewangi). Surfaktan adalah molekul yg mempunyai gugus polar yg menyukai air (hidrofilik) & gugus non polar yg senang minyak (lipofilik) sekaligus, sebagai akibatnya bisa mempersatukan adonan yg terdiri berdasarkan minyak & air.

Surfaktan biasanya disintesis dari produk minyak bumi dan limbahnya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena sulit terurai. Surfaktan yang paling banyak digunakan dalam deterjen adalah surfaktan anionik, khususnya senyawa linear alkilbenzena sulfonat (LAS) (Wulansari dan Ardiansyah, 2012).

LAS adalah bahan pembersih yang paling banyak digunakan, LAS adalah senyawa mudah terurai yang biasanya terkandung dalam air limbah sekitar 1–20 mg/L (Kertesz, 1987). LAS dapat terdegradasi dalam kondisi aerob (cukup oksigen dan mikroorganisme), tetapi penguraian ini terjadi secara alami dalam waktu yang lama sekitar 9 hari dan hanya mencapai 50%. (Retno, 2009).

2.2 Toksikologi

Toksikologi merupakan ilmu tentang zat berbahaya bahan kimia pada organisme hidup yang mempelajari kemampuan toksin dalam komposisi suatu biota uji untuk menyebabkan kerusakan saat tertelan dan letak organ tubuh yang rentan terhadap bahan kimia. Terdapat beberapa elemen yang mempengaruhi toksisitas yaitu komposisi dan jenis zat toksik, jumlah zat toksik, durasi paparan toksikan, kondisi lingkungan (USEPA, 2002). Efek toksik karena suatu senyawa asing (xenobiotik) dapat memberi akibat/dampak variatif pada makhluk hidup, tergantung target organ, mekanisme aksi, serta besarnya dosis. Efek toksik dapat berupa lokal maupun sistemik. Efek toksik lokal adalah akibat kontak pertama kali dengan bagian tubuh, misalnya pada saluran pencernaan, bahan korosif pada kulit, serta iritasi gas atau uap pada saluran napas. Sedangkan, efek toksik sistemik adalah apabila xenobiotik terabsorpsi dan masuk ke sirkulasi sistemik kemudian terdistribusi ke target organ sasaran dan akan menimbulkan efek (Syam, 2016).

2.3 Toksisitas

Identifikasi limbah khususnya Bahan Berbahaya Beracun (B3) berdasarkan asalnya, atau melakukan pengujian karakteristik, uji toksisitas akut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 85 1999, Pasal 6. Penentuan sifat efek akut limbah terhadap organisme disebut toksisitas. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh limbah terhadap populasi organisme dengan melakukan analisis yang objektif terhadap risiko yang ditimbulkan oleh bahan kimia beracun di lingkungan. Zat toksik dan organisme uji yang telah ditentukan akan digunakan sebagai bahan penelitian uji toksisitas akut dan kronis. Uji toksisitas mempunyai dua jenis, dibawah ini merupakan penjelasan jenis uji toksisitas :

A. Uji Toksisitas Akut

Pengujian toksisitas akut merupakan salah satu bentuk pengujian toksikologi akuatik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui atau menentukan apakah air limbah dan air penerima terkandung senyawa beracun

yang menyebabkan keracunan bagi organisme akuatik. Parameter yang diuji pada umumnya imobilitas atau kematian biota uji. Hasil dinyatakan sebagai konsentrasi mematikan bagi 50% biota uji (LC₅₀) selama periode yang relatif singkat, yaitu satu sampai dengan empat hari. Organisme uji yang biasa digunakan dalam pengujian toksisitas telah diakui oleh organisasi internasional seperti United States Environmental Protection Agency (USEPA) sebagai faktor biologis yang bersifat toksik bagi hewan air. (Silmi, 2018)

Selain LC₅₀, penentuan zat dilakukan pada tahap *acute toxicity test* dengan nilai dosis mematikan (LD₅₀) yang dihasilkan. Definisi LD₅₀ adalah pemberian dosis tunggal dari jumlah yang telah ditentukan yang akan membunuh 50% dari organisme uji mati selama waktu paparan 24 jam (Alfiani, 2017). Di bawah ini adalah klasifikasi tingkat toksisitas LD₅₀ dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Toksisitas LD₅₀

Klasifikasi	LD ₅₀	Tingkat toksisitas
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
Relatif Tidak Membahayakan	≥ 15 g	6

Sumber: (BPOM, 2014)

Biota uji menggunakan Biota uji akuatik seperti *fish*, *daphnia* dan alga, karena bertujuan untuk mengetahui respon akibat perubahan fisik biota uji yang terjadi di dalam air serta zat berbahaya pada konsentrasi yang berbeda (Ihsan, Edwin and Vitri, 2017).

Berikut adalah kategori nilai toksisitas LC₅₀ bahan kimia terhadap ekosistem perairan dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Kriteria Toksisitas LC₅₀ Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan

No.	Kriteria	Nilai	Keterangan
1	I	LC ₅₀ ≤ 0,05 mg/L	Berbahaya
2	II	LC ₅₀ > 0,05 mg/L ≤ 0,5 mg/L	Peringatan
3	III	LC ₅₀ > 0,5 mg/L ≤ 2 mg/L	Awas
4	IV	LC ₅₀ > 2 mg/L	Apabila terdapat hasil menunjukkan kategori IV dapat menggunakan pelabelan kategori III Relatif tidak membahayakan

Sumber: (US Environment Protection Agency, 2004)

B. Uji Toksisitas Kronis

Pengujian toksisitas kronis adalah uji toksisitas jangka panjang guna menentukan akibat air penerima terkandung zat toksik pada konsentrasi yang menyebabkan toksisitas kronis. Teknik penelitian ini dikembangkan guna organisme pesisir laut (USEPA, 2002).

Organisme uji sedang menjalani pengujian toksisitas kronis yang dilakukan selama organisme tersebut telah melewati masa hidupnya sehingga dapat diketahui pengaruh zat toksik terhadap organisme uji dengan tahapan kehidupan suatu organisme sejak lahir sampai mati. Toksisitas kronis menyebabkan kerusakan pada organ melalui paparan tunggal dan juga dapat disebabkan oleh urutan paparan yang lama atau berulang. Berikut ini adalah akibat dari toksisitas kronis, sebagai berikut (Rachmah, 2020).

- a. Efek lethal merupakan gangguan dalam tubuh organisme untuk berkembang biak waktu yang lama.
- b. Efek sub lethal merupakan terhambatnya perkembangan dan pertumbuhan, reproduksi akibat faktor fisik. adanya faktor fisiologis yang mengalami perubahan, seperti terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan,

berkembang biak, serta perubahan pengobatan.

Toksisitas kronis dan toksisitas akut memiliki jumlah biaya dan waktu yang berbeda selama tahap penelitian. Penjelasan nya adalah sebagai berikut (Rachmah, 2020).

- a. Karena pengujian kronis memerlukan periode pengujian yang lama untuk mengidentifikasi tahap atau siklus perkembangan utama, biasanya diperlukan waktu lebih lama untuk melakukan pengujian daripada pengujian akut dengan organisme yang sama.
- b. Diperlukan waktu lebih lama untuk menyelesaikan penelitian daripada untuk toksisitas akut. Toksisitas kronis cenderung mahal. Toksisitas kronis membutuhkan lebih banyak sumber daya dan meningkatkan jumlah tes laboratorium dan meningkatkan biaya pengujian.
- c. Dibandingkan dengan toksisitas kronis, ia memiliki waktu penyelesaian yang lebih lama daripada toksisitas akut. Dalam kondisi air yang sangat beracun, organisme akan mati. Dalam kondisi air yang cukup beracun, populasi organisme uji akan mampu bertahan, tetapi fekunditas organisme uji di dalam air akan terganggu dalam kaitannya dengan budaya.

2.4 Relasi Antara Konsentrasi dan Respon

Konsentrasi yang memiliki jumlah sama belum tentu mengakibatkan reaksi yang sama pada hewan percobaan. Hal yang terjadi pada uji toksisitas berupa efek tinggi, sedang, atau tidak menghasilkan akibat apapun. Konsentrasi dengan banyak varian yang berbeda memiliki tingkat pengaruh yang rendah hanya bila menggunakan uji biota dengan spesies, umur dan kriteria kesehatan yang sama. Masuknya jumlah bahan kimia tidak akan dapat diukur. Hasil penelitian dapat ditemukan bahwa respons mempengaruhi konsentrasi hubungan antara respons dan konsentrasi. Toksisitas suatu zat toksik terhadap organisme uji diperoleh dengan menghitung jumlah respon organisme uji terhadap paparan bahan kimia. Nilai LC_{50} diperoleh dari hewan uji yang mati sampai dengan 50% dari total hewan uji dalam waktu 96 jam (Rachmah, 2020).

2.5 Metode Perhitungan LC₅₀

Analisis probit adalah jenis regresi yang berperan dalam toksikologi guna menentukan nilai toksisitas relatif bahan kimia pada hewan uji. Hal ini dilakukan dengan menguji respons tubuh terhadap konsentrasi bahan kimia yang berbeda dan membandingkan konsentrasi di mana respon terjadi. Metode probit diterima secara luas dan paling akurat metode untuk menghitung LC₅₀ (Singh and Zahra, 2017).

Analisis probit adalah metode yang berperan untuk menentukan nilai toksisitas akut bahan kimia yang terpapar pada hewan laboratorium. Nilai toksisitas akut dinyatakan sebagai nilai LC₅₀ atau LD₅₀. Dalam menentukan nilai LC₅₀ pada penelitian ini menggunakan teknik regresi probit yang diperoleh dari kematian biota uji yang disebabkan oleh paparan bahan kimia yang berubah-ubah sampai dengan 50% total hewan uji (Faradisha, Elystia and Yenie, 2015).

Analisis statistik probit merupakan metode yang digunakan pada penelitian ini. Berikut adalah penentuan analisis dengan menghitung nilai LC₅₀₋₉₆ jam yang dihasilkan:

$$b = \frac{\sum xy - \frac{1}{n} \sum x \sum y}{\sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{1}{n} \left(\sum y - b \sum x \right)$$

(Megawati dkk., 2014).

Persamaan regresi : $y = a + Bx$

LC₅₀ – 96 jam = antilog m, dengan $m = \frac{5-a}{b}$

Dimana:

Y = probit mortalitas biota uji

X = logaritma konsentrasi (mg/L)

a = konstanta

b = slope

m = nilai x pada y 50%

2.6 Biota Uji

2.6.1 Pemilihan Biota Uji

Menurut APHA (2005) Uji toksisitas suatu bahan pencemar dapat dilakukan melalui pengujian terhadap ikan dan tumbuhan. Biota yang digunakan harus memenuhi kriteria tertentu yaitu:

- a. Organisme harus sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan.
- b. Tersedia dalam jumlah yang banyak dengan berbagai ukuran di sepanjang tahun.
- c. Dapat dipelihara di laboratorium.
- d. Merupakan sumber daya yang bernilai ekonomis.
- e. Sesuai untuk kepentingan uji hayati. Salah satu jenis ikan tawar yang memenuhi kriteria tersebut adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

Kebutuhan hewan uji diperlukan untuk studi toksikologi, penentuan organisme uji dalam studi toksisitas dapat dilihat pada tingkat trofik setiap organisme uji dalam piramida rantai makanan. Terdapat jenis-jenis organisme uji yang pada umumnya dapat digunakan sebagai studi toksisitas dijelaskan di bawah ini (Soemirat, 2003)(Husni, 2016):

a. Organisme Trofis Tingkat 1

Alga air tawar yang digunakan antara lain *Selenastrum capricornatum*, *Scenedesmus subspicatus* dan *Chlorella vulgaris* dapat digunakan, yang dapat tumbuh dengan cepat dan mudah dibudidayakan.

b. Organisme Trofis Tingkat 2

Organisme *Daphnia magna* yang mewakili biota akuatik air tawar sedangkan *Artemia salina* digunakan untuk mewakili organisme akuatik laut.

c. Organisme Trofis Tingkat 3

Tidak termasuk dalam pengujian toksisitas karena secara biokimia dan fisiologis relatif sama dengan organisme kelas 4, sehingga bereaksi terhadap senyawa toksik relatif sama.

d. Organisme Trofis Tingkat 4

Jenis yang paling sering digunakan pada tingkat trofis tingkat 4 terdapat ikan *rainbow trout* (*Salmo gairdneri*), *bluefish* (*Lepomis macrochirus*). Di Indonesia terdapat ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan mujair (*Tilapia mozambica*) yang digunakan sebagai biota uji.

e. Organisme Trofis Tingkat 5

Organisme pada tingkat ini adalah hewan dalam puncak rantai makanan kemungkinan besar akan menderita dampak yang paling merugikan, sekelompok burung dapat digunakan sebagai organisme uji.

Salah satu hewan uji yang direkomendasikan oleh Environmental Protection Agency (EPA) untuk uji toksisitas akut adalah ikan guppy (*Poecilia reticulata*) (EPA, 1996). Menurut Osswald et al. (2007) ikan guppy tersebar di perairan air tawar yang luas, sehingga ikan ini dapat menjadi organisme akuatik ekologis yang representatif untuk penelitian dampak toksisitas pada perairan.

2.6.2 Perlakuan Biota Uji

Tahap pertama yaitu tahap aklimaisasi dimana biota uji diaklimatisasi selama 7 hari dimana biota uji diletakkan pada lingkungan baru menggunakan air bersih, lalu ditentukan jumlah biota uji yang mampu beradaptasi. Aklimatisasi ini dimaksudkan untuk mengurangi stres dan menciptakan kondisi bagi hewan dan tumbuhan untuk memiliki suasana laboratorium. Ikan menjadi stres karena faktor serangan penyakit, terutama penyakit menular seperti bakteri atau virus (Masriyono, 2019).

Pada tahap adaptasi hewan uji dilakukan pengukuran parameter yg diamati antara lain suhu, pH & DO yang diukur satu kali dalam dua hari. Tahap adaptasi biota uji memerlukan temperatur antara 20°C - 30°C sesuai dengan suhu ruang. Dalam tahap adaptasi biota uji dilakukan pemberian makanan pada hewan uji (Rachmah, 2020)

2.7 Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

a. Klasifikasi Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Ikan guppy (*Poecilia reticulata*) adalah ikan kecil (ukuran dewasa 15–25 mm) yang hidup di dalam famili *Poeciliidae*. Rentang asli mereka termasuk aliran air tawar di timur laut Amerika Selatan dan pulau-pulau kontinental terkait. Jantan lebih kecil dari betina, menunjukkan keragaman pola warna cerah, dan terlibat dalam pacaran yang rumit. Di alam, banjir memakan sumber organisme bentik tempat guppy bergantung, memperlambat perkembangbiakan selama musim hujan ketika makanan langka. Waktu generasi di alam adalah sekitar 100 hari untuk komunitas ikan yang kompleks dan 180-200 hari untuk sungai yang berukuran lebih kecil di hulu (Reznick and Travis, 2019). klasifikasi ikan guppy (*Poecilia reticulata*) menurut (Bond, 1979).



Gambar 2.1 Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Sumber: www.fishbase.de

Kingdom : *Animalia*
Phylum : *Chordata*
Kelas : *Actinopterygi*
Ordo : *Cyprinodontiformes*
Famili : *Poeciliidae*
Genus : *Poecilia*

Spesies : *Poecilia reticulata*

b. Morfologi

Ciri-ciri morfologi ikan guppy adalah ikan ini berbentuk memanjang, silindris, kecil, kecil di kepala, berkembang biak di tengah tubuh, dan berkontraksi ke arah ekor. Bentuk sirip ekor ikan guppy lebar dan bulat serta berbentuk kipas. Warna dan pola yang cerah dimiliki oleh sirip ekor ikan guppy jantan, sedangkan warna ikan guppy betina memiliki variasi warna yang tidak cerah. Warna tubuh ikan guppy pucat seperti jingga dan memiliki bintik-bintik warna hitam pada ekornya yang menjadi ciri khas ikan guppy (Chairunnisa dkk, 2020).

Poecilia reticulata adalah ikan air tawar kecil asli Amerika Tengah dan Selatan. Oleh karena itu, karena warnanya yang sangat indah dan mudah disimpan di akuarium, ikan ini dianggap sebagai salah satu ikan hias paling populer di dunia (Magurran, 2009). Panjang ikan ini mencapai 6 cm untuk betina dan 3 cm untuk jantan. Ikan jantan datang dalam berbagai warna, sirip punggung dan memiliki bentuk yang berbeda. Seorang pria selalu dapat merawat seorang wanita dan mentransfer sperma kepadanya kapan saja. Sperma yang dihasilkan dalam satu transplantasi dapat membuahi sel telur hingga 6(enam) kali (Mohsenpour et al., 2020).

c. Habitat

Ikan guppy dapat ditemukan di bagian permukaan aliran sungai serta mudah ditemukan di berbagai daerah dan tersebar luas di seluruh dunia. Ikan guppy adalah ikan hias yang tergolong populer di Indonesia karena daya adaptasinya yang tinggi. Hal ini merupakan keuntungan penting bagi petani karena tidak banyak mengalami kendala dalam melakukan kegiatan budidaya (Apriyani, Setyaningrum dan Susanto, 2019).

2.8 Integrasi Islam

Masalah pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air di kota-kota

besar di Indonesia, telah menunjukkan gejala yang cukup serius. Sebagaimana firman Allah SWT dalam QS Ar-Ruum ayat 41 yang berbunyi:

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

Artinya:

“Telah nampak 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)”.

Jalaluddin al-Mahalli dan Jalaluddin as-Suyuthi menafsirkan surat Ar-Rum ayat 41 “(Telah tampak kerusakan di darat) disebabkan terhentinya hujan dan menipisnya tumbuh-tumbuhan (dan di laut) maksudnya di negeri-negeri yang banyak sungainya menjadi kering (disebabkan perbuatan tangan manusia) berupa perbuatan-perbuatan maksiat (supaya Allah merasakan kepada mereka) dapat dibaca liyudziiqahum dan linudziiqahum; kalau dibaca linudziiqahum artinya supaya Kami merasakan kepada mereka (sebagian dari akibat perbuatan mereka) sebagai hukumannya (agar mereka kembali) supaya mereka bertobat dari perbuatan-perbuatan maksiat”.

Segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT tidak akan sia-sia. ikan dapat digunakan sebagai biota uji coba dalam bidang ilmu toksikologi guna kemaslahatan umat makhluk hidup dan kemanfaatan bumi. Berikut firman Allah SWT pada QS. Al-Hud ayat 114 yang berbunyi:

نَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَبْصَارِ
الَّذِينَ يُذَكِّرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَتُحُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ
هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya :

“Dan dirikanlah sembahyang itu pada kedua tepi siang (pagi dan petang) dan pada permulaan daripada malam. Sesungguhnya perbuatan-perbuatan yang baik itu menghapuskan (dosa) perbuatan-perbuatan yang

buruk. Itulah peringatan bagi orang-orang yang ingat”.

Buya Hamka dalam Tafsir Al Azhar menjelaskan, melalui surat Ali Imran ayat 190. “Allah SWT mengarahkan hamba-Nya untuk merenungkan alam, langit dan bumi. Dia mengarahkan agar hamba-Nya mempergunakan pikirannya dan memperhatikan pergantian antara siang dan malam. Semuanya itu penuh dengan tanda-tanda kebesaran Allah. Orang yang mampu memahami bahwa penciptaan langit dan bumi serta pergantian siang dan malam merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah, mereka itulah ulul albab. Yang menurut Ibnu Katsir, mereka adalah orang yang memiliki akal sempurna lagi memiliki kecerdasan. Sedangkan menurut Sayyid Qutb, mereka adalah orang-orang yang memiliki pemikiran dan pemahaman yang benar”

2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Singh dan Kannez	2017	LC ₅₀ assessment of cypermethrin in <i>Heteropneustes fossilis</i> : Probit analysis	Penelitian ini merupakan upaya untuk menemukan toksisitas cypermethrin pada <i>Heteropneustes fossilis</i> dan hasilnya secara meyakinkan menunjukkan bahwa sipermetrin sangat beracun untuk ikan bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah. Studi tentang ikan akan sangat berguna untuk memberikan

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				pemahaman masa depan tentang dampak ekologis.
2	Mohsenpour dkk	2020	In Vitro Effects of Silver Nanoparticles on Gills Morphology of Female Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>) after a Short-Term Exposure	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Nilai LC _{50-96jam} limbah cair industri tahu terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) sebesar 61,7 ml/l. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka semakin besar pula presentase mortalitas yang dihasilkan. Hasil ini menunjukkan bahwa toksisitas limbah cair idustri tahu termasuk dalam kategori Slightly toxic atau toksisitas ringan
3	Lopes and Azevedo	2019	Lethal concentration (LC ₅₀) (120h) of neutral household detergent Limpol in Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahkan deterjen sederhana dan biodegradable yang sering digunakan oleh populasi di seluruh dunia

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				dapat memiliki efek dramatis pada kehidupan ikan, mematikan dalam konsentrasi rendah. Efek berkepanjangan deterjen pada fisiologi dan perilaku ikan masih harus diselidiki.
4	Mustafa Caliskan	2017	Assessment Of Acute Toxicity Of Cypermethrin Alone And Synergized With Piperonyl Butoxide To The Male Guppies, (<i>Poecilia reticulata</i> , 1859)	Berdasarkan hasil analisis penelitian ini menunjukkan bahwa CYP yang disinergikan dengan PB menyebabkan peningkatan mortalitas yang ekstrem dan penurunan nilai LC ₅₀ hampir empat kali lipat dibandingkan CYP saja pada ikan guppy jantan. Oleh karena itu, produk CYP yang mengandung PB sebagai bahan aktif mungkin lebih berbahaya dari yang diperkirakan untuk ikan. Namun, untuk membuat penilaian yang lebih realistis tentang

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				toksisitas akut cypermetrin yang disinergikan dengan PB ke spesies ikan lain, perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut.
5	Mentari dkk	2017	Efek Dari Pewarna Batik Berbahan Dasar Sampah Mangrove (rhizophora sp.): Uji Toksisitas Terhadap Ikan Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>) Dan <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Diperoleh nilai (LC ₅₀) 96 jam sebesar 29% pada uji toksisitas dengan biota uji ikan guppy (<i>P. reticulata</i>) dan diketahui pewarna batik mangrove mampu memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan ikan guppy, sedangkan pada uji toksisitas alga bahan uji limbah pewarna batik mangrove mampu menghambat laju pertumbuhan alga <i>C. pyrenoidosa</i> dengan nilai (LC ₅₀) 96 jam sebesar 61,70% dengan nilai konsentrasi LOEC (Lowest-Observed Effect Concentration) yaitu pada konsentrasi

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				<p>pengenceran 1,5625%. Oleh karena itu efek dari pembuangan limbah pewarna batik mangrove (<i>Rhizophora</i> sp.) ini masih aman untuk lingkungan, namun perlu dilakukan pengontrolan dan pengendalian karena apabila dilakukan secara terus menerus dkuatirkan dapat mengganggu kehidupan biota air yang ada.</p>
6	Edwin dkk	2017	Uji Toksisitas Akut Logam Timbal (Pb), Krom (Cr) Dan Kobalt (Co) Terhadap <i>Daphnia Magna</i>	<p>Hasil penelitian ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi logam Pb, Cr, dan Co yang terdapat dalam limbah, maka kematian <i>Daphnia magna</i> semakin besar, sehingga nilai LC juga akan semakin besar, begitu juga sebaliknya. Kecenderungan logam Pb, Cr, dan Co terhadap nilai LC dengan nilai $r = 0,983$ menunjukkan bahwa konsentrasi</p>

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				logam sangat kuat mempengaruhi nilai LC.
7	Rohimah dkk	2022	Analisis Konsentrasi Pestisida Klorpirifos pada Letal Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi akut bahan aktif klorpurifos untuk ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) adalah 0,25 ppm. Paparan ikan mas dengan kadar pestisida di atas 0,25 ppm dapat mengakibatkan kematian ikan mas dalam waktu 24 jam. Ada korelasi antara peningkatan mortalitas pada biota uji dan peningkatan konsentrasi pestisida pada media penelitian. Peningkatan konsentrasi pestisida klorpirifos pada media biota uji ikan mas berkorelasi kuat dengan banyaknya gerakan penutupan (membuka dan menutup). Semakin tinggi konsentrasi

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				pestisida klorpirifos maka semakin cepat ikan mas akan mengalami penurunan gerak operkulum.
8	Syaiful Bakhri	2018	Studi Toksisitas Akut Air Limbah Dan Anak Sungai Penerima Limbah Cair Pabrik Karet Terhadap Ikan Gupi (<i>Poecilia Reticulate</i>)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan menggunakan analisis Probit menunjukkan bahwa air dari badan air yang dibuang ke hilir bersama dengan air limbah dari tanaman karet menyebabkan lebih dari 50% kematian guppy pada konsentrasi 76,48%.
9	Yamin dkk	2020	Toksisitas Nonilfenol Pada Benih Ikan Nila (<i>Oreochromis Niloticus</i>) Dan Phytoremediasi Dengan Eceng Gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i>) Yang Diberi Pupuk	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar toksisitas nonilfenol menyebabkan kematian 100% niloticus pada konsentrasi di atas 0,80 mg/L dalam waktu 48 jam. Nilai LC ₅₀₋₉₆ jam nonilfenol pada benih ikan nila adalah 0,58 mg/L. Eceng gondok

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
			Berbeda	<i>(Eichhornia crassipes)</i> dapat ditambahkan ke dalam sistem peredaran darah untuk menurunkan konsentrasi nonilfenol dari konsentrasi 2,5 mg/L.
10	Silmi	2018	Pengujian Toksisitas Akut Logam Timbal (Pb), Krom (Cr) Dan Kobalt (Co) Terhadap <i>Daphnia Magna</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam Cr, Pb, dan Co dalam limbah, semakin besar kematian <i>Daphnia magna</i> dan semakin tinggi nilai LC, Sebaliknya juga begitu. Kecenderungan logam Pb, Co, dan Cr terhadap LC dengan nilai $r = 0,983$ menunjukkan bahwa konsentrasi logam berpengaruh kuat terhadap LC.

Sumber : (diolah dari berbagai sumber, 2023)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Terdapat beberapa tahap perlakuan pada penelitian ini yaitu tahap aklimatisasi, *range finding test*, dan uji toksisitas akut. Penelitian dilakukan pengamatan selama 96 hari guna mengamati dan menganalisis jumlah kematian biota uji sebanyak 50% selama 24 jam. Apabila telah mengetahui presentase dari kematian biota uji pada tahapan terakhir yaitu menghitung LC_{50} dan disajikan dalam bentuk tabel “kematian” dan “total” lalu analisis menggunakan metode probit

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium UIN Sunan Ampel Surabaya untuk mengamati hewan, pada bulan Januari 2023. Selama dalam jangka periode tersebut, kami melakukan penelusuran bahan, pelaksanaan penelitian, kemudian mengumpulkan sampel, mengolah data dan dapat menarik kesimpulan, kemudian melanjutkan dengan menulis laporan hasil penelitian ini.

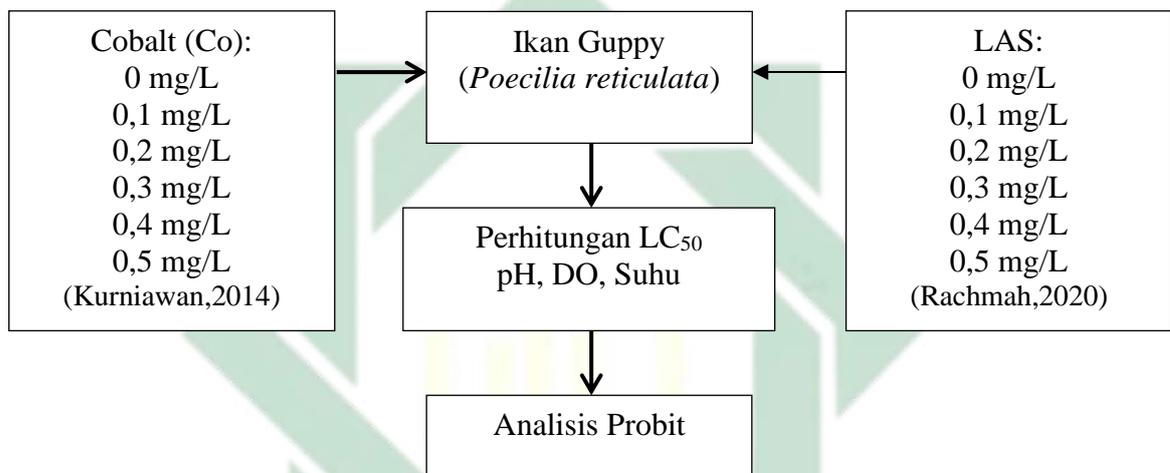
3.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama kurang lebih 2 bulan dimulai pada awal Januari hingga Februari 2023. Dari periode ini dimulai dengan pencarian bahan, melanjutkan penelitian, kemudian pengambilan sampel, pengolahan data dan kesimpulan, dan kemudian menyusun laporan hasil penelitian ini. Waktu pengambilan sampel untuk pengamatan ikan ini adalah pukul 08.00 WIB karena ikan lebih ringan di pagi hari dan bergerak cepat.

3.4 Kerangka Pikir Penelitian

Landasan kerangka pikir untuk melakukan penelitian ini adalah suatu gagasan yang telah diwujudkan dalam tahap penelitian ini. Ide yang telah dibahas dalam penelitian ini adalah berbahayanya limbah yang akan

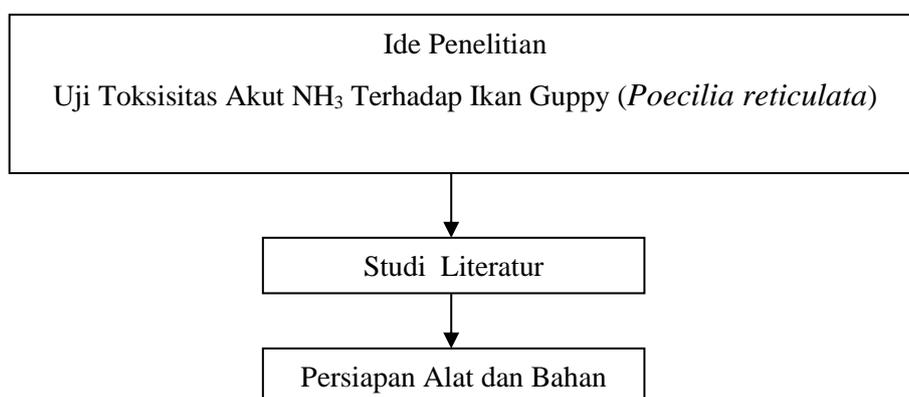
mencemari lingkungan dan didapatkanlah sebuah judul “Uji Toksisitas Akut Cobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonat (LAS) Terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)”. Dengan mengetahui tingkat toksisitas dan klasifikasinya akan memberikan nilai LC₅₀. Organisme yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Ikan guppy (*Poecilia reticulata*). Kerangka pikir penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1

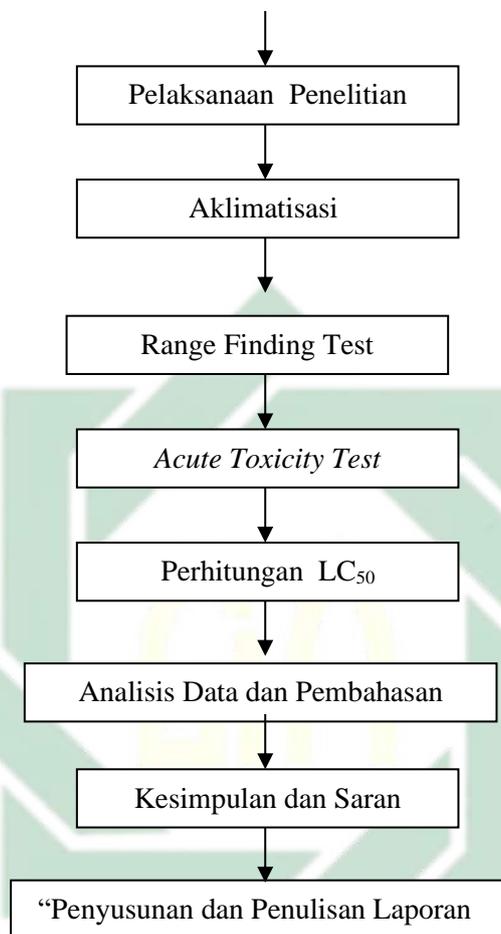


Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tahapan penelitian tugas akhir dibagi menjadi ide penelitian, tinjauan pustaka, persiapan peralatan dan bahan, penelitian, analisis dan pembahasan, penyusunan laporan dan penyimpulan. Bagan alur tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2





Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

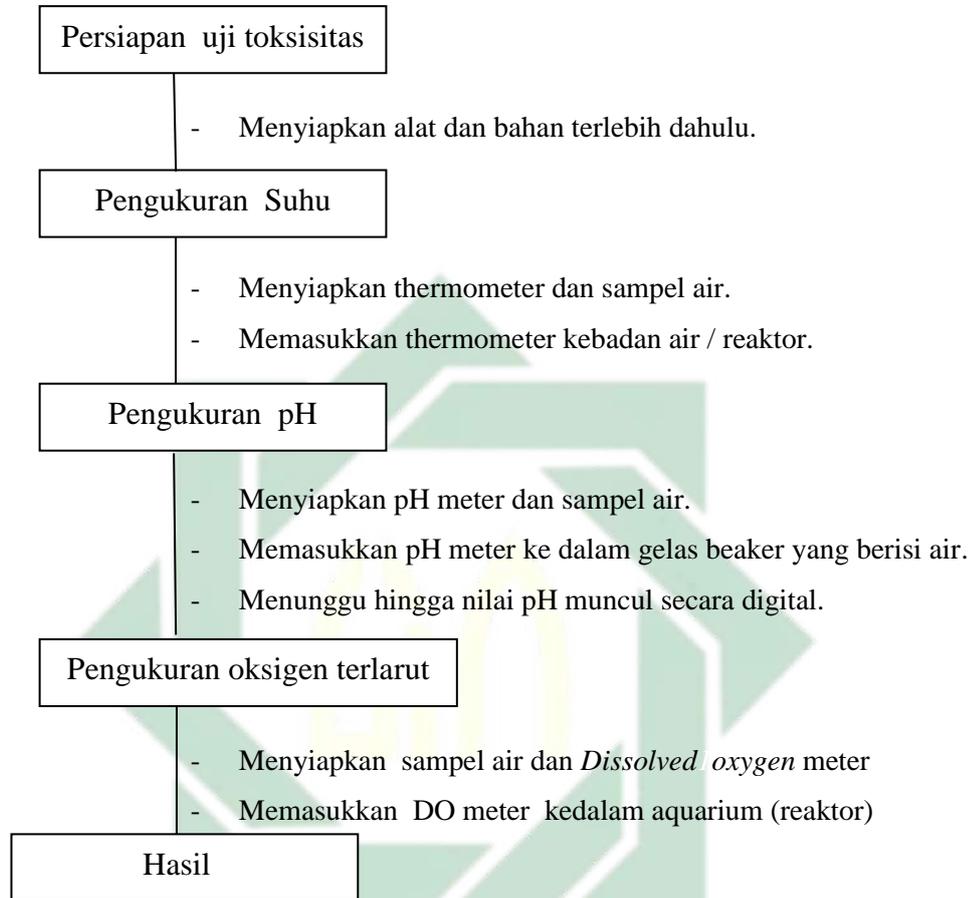
3.4 Alat dan Bahan

Percobaan ini, dengan menggunakan alat dan bahan, dapat dimaknai dari masing-masing tahapan parameter berikut:

a. Persiapan uji toksisitas

Bahan yang digunakan untuk percobaan adalah reaktor (akuarium) yang digunakan sampai tahap aklimatisasi, tahap aerasi (aerator dan pipa), tahap pencarian dan uji toksisitas. pada penelitian ini larutan Co dan LAS, dan aquades, serta guppy sebagai biota uji berjumlah 250 ekor dengan ukuran tubuh rata-rata 2-3 cm dan berat sekitar 1 gram. Dengan asumsi 1 ekor ikan guppy mewakili 1 liter, serta tata cara untuk mengukur suhu, konsentrasi DO dan pH. Berikut merupakan tahapan pengujian toksisitas

serta pengukuran DO, suhu, dan pH.



Gambar 3.3 Tahapan pengujian Toksisitas

3.5 Tahapan Penelitian

Pada tahap penelitian akan dijelaskan beberapa tahapan penelitian, mulai dari metodologi aklimatisasi, metodologi pengujian *range finding test*, metodologi pengujian toksisitas akut, dan metodologi perhitungan LC₅₀.

3.5.1 Pemilihan Lokasi dan Pengambilan sampel uji

Tempat pengambilan sampel ikan guppy (*Poecilia reticulata*) akan menjadi titik acuan pengambilan sampel uji. Teknik yang digunakan untuk memilih lokasi situs sampling menggunakan teknik *purposive* sampling untuk merancang dan memperhitungkan penentuan lokasi.

Pengumpulan sampel ikan guppy (*Poecilia reticulata*) terletak di Kecamatan Sedati. Dalam penelitian ini, air PDAM yang digunakan sebagai pengencer diperoleh dari Laboratorium UIN Sunan Ampel Surabaya.

Lokasi pengambilan sampel Guppy (*Poecilia reticulata*) akan digunakan sebagai panduan untuk mengumpulkan spesimen uji. Metode yang digunakan untuk memilih lokasi pengambilan sampel menggunakan metode sampling yang ditargetkan yang bertujuan untuk mengembangkan dan meninjau lokasi. Pengumpulan sampel uji pada ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) terletak di Kecamatan Sedati. Pada penelitian ini air PDAM merupakan sebagai bahan air pengencer yang berasal dari rumah peneliti yang berlokasi di Kecamatan Sedati Sidoarjo

3.5.2 Aklimatisasi

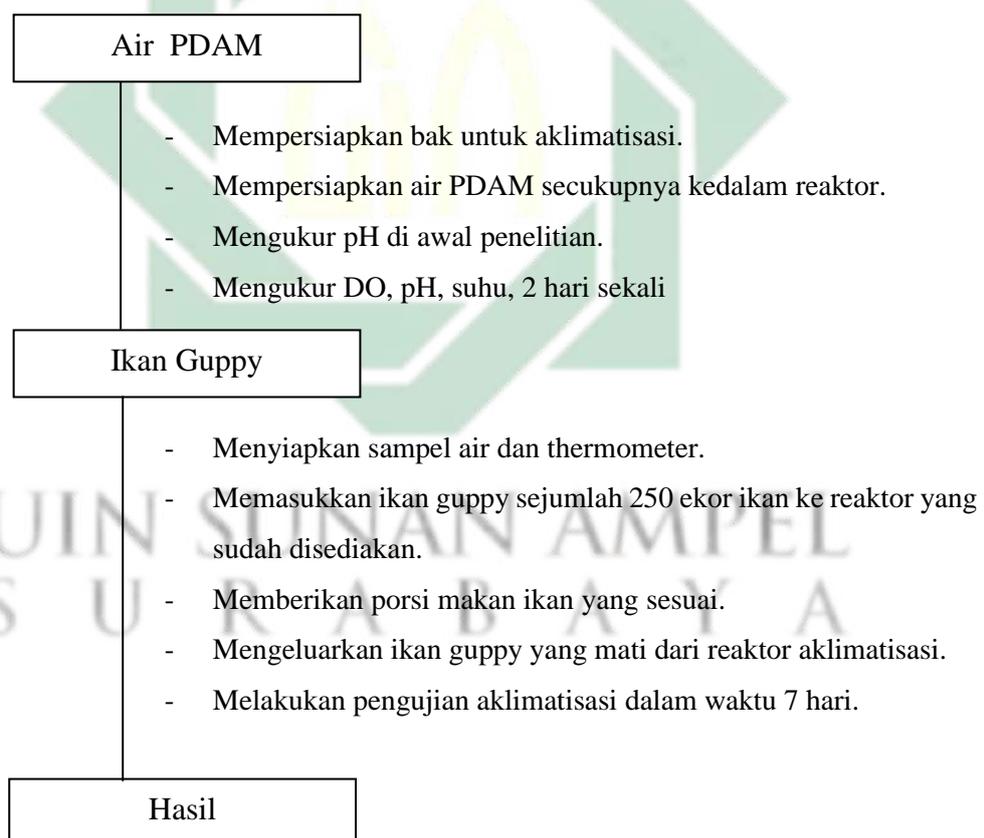
Langkah ini bertujuan guna membuat biota dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan dengan air PDAM yang baru. Masa adaptasi akan berlangsung selama 7 hari, dimana selama itu ia akan menyesuaikan diri dengan lingkungan sekitar dan menghilangkan *stress* biota uji yang digunakan. Gangguan kejiwaan pada biota di mana biota organisme memperkuat fisiologi di tubuh organisme dalam kondisi netral secara kimia dan fisik. Air pengenceran yang digunakan diperoleh dari sumber air PDAM Kota. Pada tahap ini akan dianalisis parameter *Dissolved oxygen* (DO), pH, dan suhu (Rohimah, 2009).

Tujuan dari tahapan ini adalah biota dapat mudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang baru. Fase adaptasi berlangsung selama 7 hari, dimana selama itu ia akan beradaptasi dengan lingkungan dan menenangkan ikan guppy. Organisme uji akan memperkuat tubuh dalam kondisi fisik dan kimia yang netral. Air PDAM akan digunakan sebagai air pengencer yang berasal dari PDAM Kota Sidoarjo. Pada tahap ini parameter yang dianalisis meliputi pH, oksigen terlarut, dan suhu.

Tujuan melakukan analisis adalah untuk menentukan apakah

pengencer pada penelitian memenuhi standar. Sebagai bantuan untuk teknik adaptasi dan pengujian toksisitas akut, pada akhirnya mudah untuk menghindari kematian guppy karena situasi media yang tidak didukung dengan benar (Rachmah, 2020).

Pada tahap aklimatisasi juga dilakukan pemberian pakan biota uji setiap hari dan oksigen terlarut (O_2) yang didukung dengan aerasi yang sempurna. Dibutuhkan dua hari untuk menjalankan tahap ini, untuk mengamati kematian biota uji setiap hari, kemudian hewan uji mengapung di permukaan untuk dikeluarkan dari aerator. Berikut tahapan aklimatisasi pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Tahapan pengujian Toksisitas

3.5.3 Tahap Range Finding Test

Tahap *range finding test* adalah metode pengenceran konsentrasi

dalam kontak dengan bahan kimia selama 96 jam, yang karenanya dapat mengurangi kematian hewan uji. Tahapan range finding test berperan untuk menemukan uji rentang kritis yang dilakukan sebagai batas untuk menentukan konsentrasi yang mengakibatkan kematian biota uji terbesar dengan mortalitas hingga 50%.

- a. Tahap *range finding test* memerlukan waktu 96 jam.
- b. Tangki reaktor yang diperlukan berupa akuarium dengan ukuran 30cm x 20cm x 20cm dapat memenuhi kapasitas 10 liter air untuk keperluan penelitian di setiap reaktor.
- c. Setiap reaktor menggunakan 10 ekor ikan uji dengan kriteria panjang 2-3 cm, umur 1-3 bulan dengan jumlah 50 ekor dan masing-masing reaktor 10 liter air. Volume air diperoleh dari perbandingan volume air yang diencerkan dengan volume air toksikan. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang menjadi titik acuan guna mendapatkan konsentrasi tepat. Jumlah perlakuan yang akan digunakan adalah 5 variasi konsentrasi dari campuran limbah LAS dan Cobalt (Co).

Pada penelitian ini belum pernah dilakukan pengenceran campuran kobalt (Co) dan LAS, sehingga konsentrasi yang diperoleh untuk penelitian ini dari *Range Finding Test* (referensi sebelumnya) yang dimodifikasi meliputi:

Tabel 3. 1 Kelompok Perlakuan pada Tahap Range Finding Test

Kelompok Perlakuan	Kobalt (Co)	LAS
K0	0,0 mg/L Co	0,0 mg/L LAS
K1	0,1 mg/L Co	0,1 mg/L LAS
K2	0,2 mg/L Co	0,2 mg/L LAS
K3	0,3 mg/L Co	0,3 mg/L LAS
K4	0,4 mg/L Co	0,4 mg/L LAS
K5	0,5 mg/L Co	0,5 mg/L LAS

Sumber : Hasil analisis, 2021

Percampuran kobalt (CoSO_4) dan LAS dilakukan dengan rasio yang sama (1:1) seperti penelitian sebelumnya. Co yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa kobalt sulfat (CoSO_4). Pembuatan artifisial kobalt (CoSO_4) dibuat dengan cara melarutkan senyawa kobalt (CoSO_4) dengan aquades. Berikut ini rumus yang digunakan dalam pengenceran pada penelitian ini yaitu:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Pengertian :

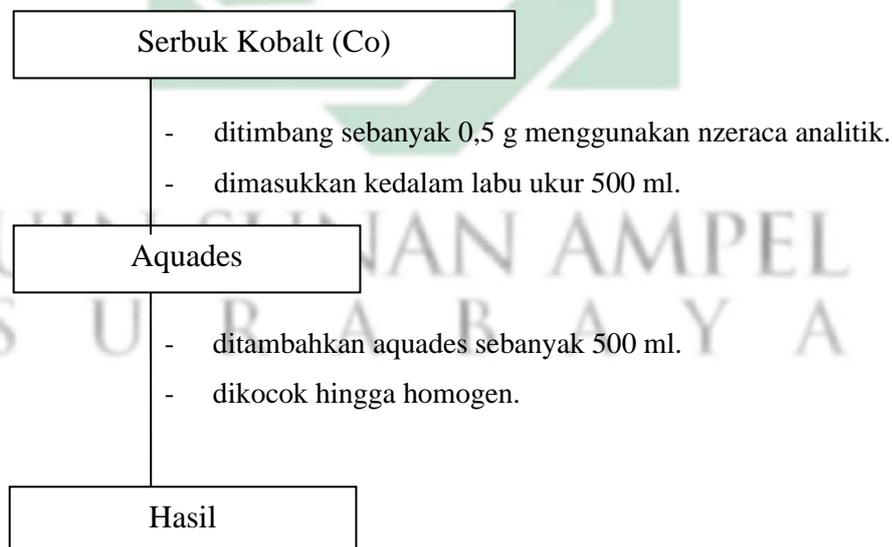
M_1 = Mortalitas larutan (sebelum pelarut)

V_1 = Volume larutan (sebelum pelarut)

M_2 = Mortalitas larutan (sesudah pelarut)

V_2 = Volume larutan (sesudah pelarut)

Di bawah ini adalah langkah-langkah membuat larutan kobalt (CoSO_4) dan alkilbenzena sulfonat linier (LAS) seperti terlihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Tahapan Pembuatan Limbah Artivisial Kobalt

Hitungan pembentukan larutan Co 1000 mg/L

Diketahui :

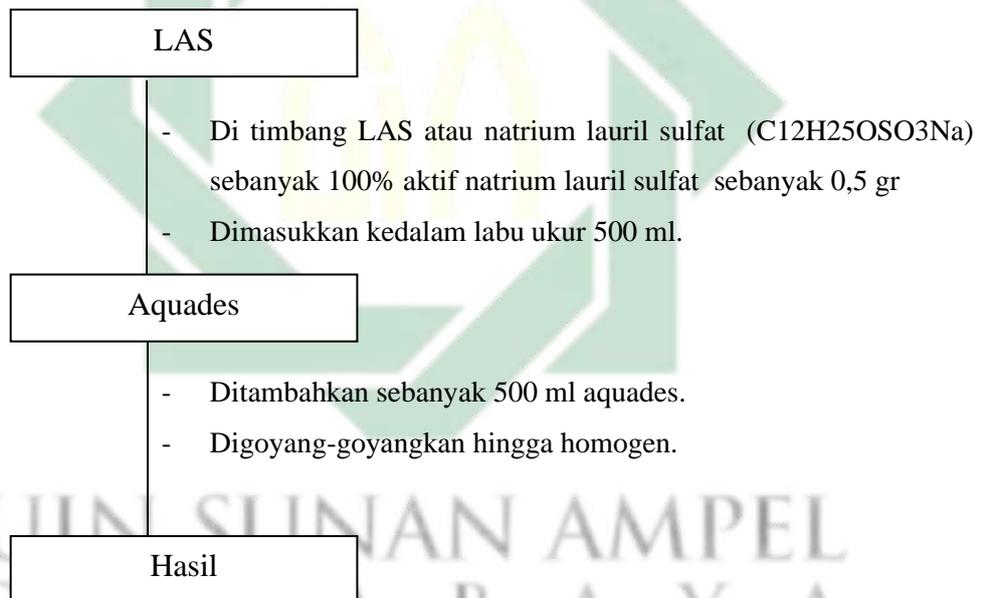
- a. Konsentrasi larutan 1000 mg/L
- b. Volume larutan 0,25 liter
(Ar Co = 59 ; Ar S = 32 ; Ar O = 16 ; jumlah Mr CoSO₄)

Ditanya : Massa CoSO₄ yang ditimbang

Jawab :

$$\begin{aligned}
 1000 \text{ mg/L CoSO}_4 &= (\text{Mr CoSO}_4 / \text{Ar Co}) \times 250 \text{ mg/l} \\
 &= (125 / 59) \times 0,25 \text{ g/l} \\
 &= 2,11 \times 0,25 \text{ g/l} = 0,529 \text{ g/l} \\
 &= 0,5 \text{ g/l}
 \end{aligned}$$

Berikut tahapan pembuatan larutan Linear Alkylbenzene Sulfate (LAS), dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Tahapan Pembuatan Limbah Artivisial LAS

Dalam penelitian ini, ketika pengenceran dilakukan pada kelompok perlakuan K1 (0,1 mg/L Co, 0,1 mg/L LAS) sebanyak 10.000 ml dengan larutan induk 1000 mg/L, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Keterangan :

$$M_1 = 0,1 \text{ mg/l}$$

$$V_1 = 10.000 \text{ ml}$$

$$M_2 = 1000 \text{ mg/l}$$

$$V_2 = ?$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,1 \text{ mg/l} \times 10.000 \text{ ml} = 1000 \text{ mg/l} \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/l} = 1000 \text{ ml} \cdot V_2$$

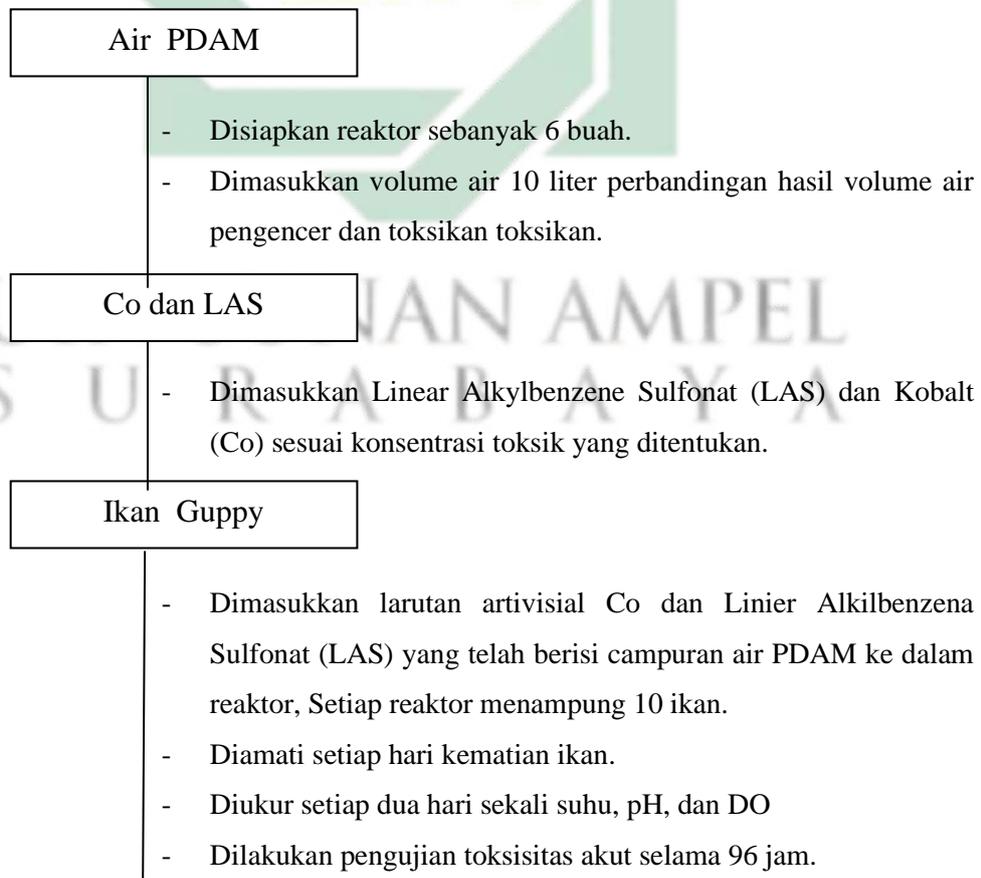
$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

Jadi 1 ml Co dan 1 ml LAS

Data konsentrasi masing-masing reaktor pada sampel perhitungan kobalt dan LAS dapat dilihat sebagai berikut:

- Volume air total = 10.000 ml
- K1 (0,1 mg/l Co, 0,1 mg/l LAS) = 2 ml
- Air PDAM = 10.000 ml – 2 ml = 9.998 ml

Dibawah ini merupakan skema kerja dari tahapan range finding test.



Hasil

Gambar 3.7 Tahapan Proses Range Finding Test

3.5.4 Tahap Uji Toksisitas Akut

Untuk melakukan langkah uji toksisitas akut, hal ini dilakukan setelah tahap pengujian range finding test. Perlakuan uji toksisitas akut tidak berbeda dengan uji rentang yaitu selama 96 jam., tingkat kematian hewan uji mencapai 50% dan analisis parameter tetap dilakukan (DO, pH, suhu) setiap 1(satu) kali pengujian dalam 2(dua) hari pada berbagai jenis reaktor fokus studi. Selain itu, pengamatan masih dilakukan setiap hari pada organisme uji yang mati. Variasi konsentrasi uji toksisitas yang diperoleh dari tahap pengujian *range finding test* sampai dengan kematian 50% dari total organisme uji.

Menurut (Irma, 2017), analisis dampak toksisitas diturunkan dari persentase kematian populasi yang diuji. Berikut adalah rumus perhitungan dan sketsa reaktor yang akan digunakan dalam penelitian:

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



Gambar 3.8 Kelompok perlakuan acute *toxicity test*

Keterangan :

K0 : Kelompok perlakuan (kontrol)

K1 : Kelompok perlakuan pada reaktor 1

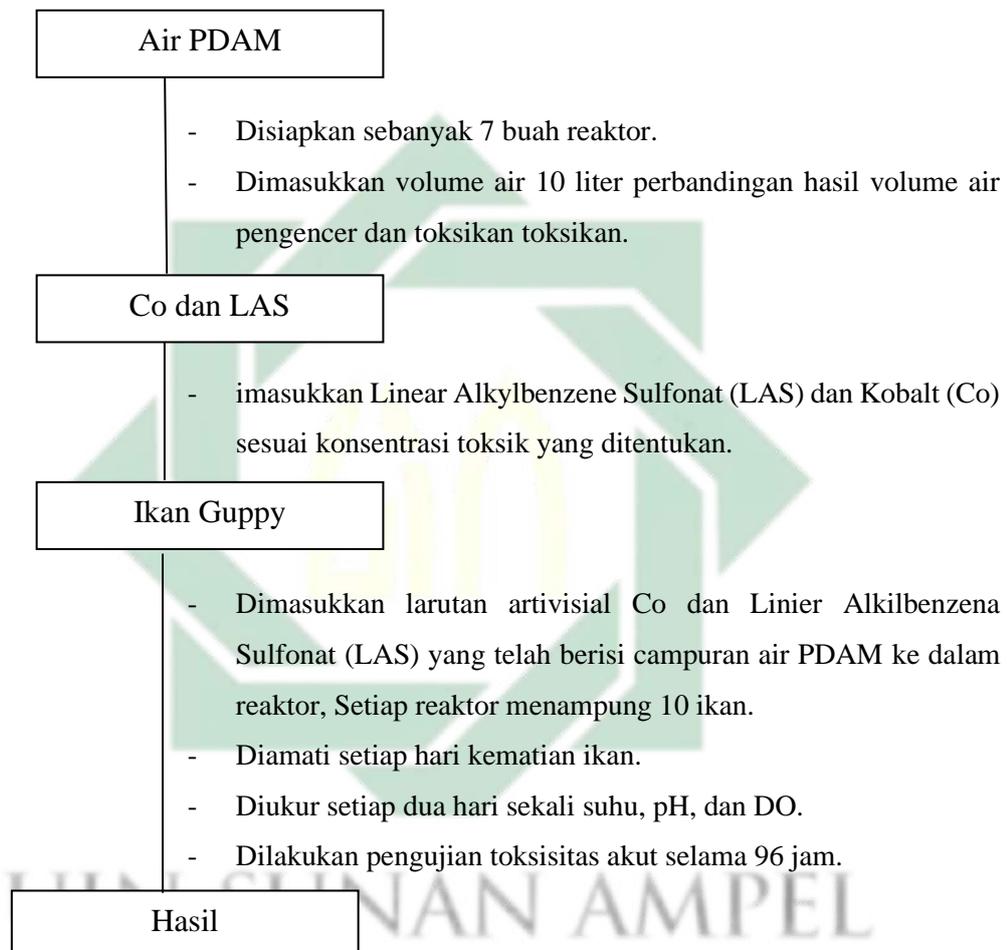
K2 : Kelompok perlakuan pada reaktor 2

K3 : Kelompok perlakuan pada reaktor 3

K4 : Kelompok perlakuan pada reaktor 4

K5 : Kelompok perlakuan pada reaktor 5

Dibawah ini merupakan skema kerja dari tahapan uji toksisitas akut.



Gambar 3.9 Tahapan Proses Uji Toksisitas Akut

3.8 Jenis Penelitian

Uji toksisitas merupakan penelitian yang termasuk dalam kelompok eksperimen. Penelitian ini menggunakan populasi biologis Guppy (*Poecilia reticulata*) yang akan dirawat secara bertahap, yaitu tahapan aklimatisasi dilakukan selama 7 hari berturut-turut, tahapan range finding test dilakukan selama 96 jam dengan konsentrasi sebagai berikut :

- (K1: 0 mg/L Co; 0 mg/L LAS) Kontrol,

- b. (K2: 0,1 mg/L Co; 0,1 mg/L LAS),
- c. (K3: 0,2 mg/L Co, 0,2 mg/L LAS),
- d. (K4: 0,3 mg/L Co; 0,3 mg/L LAS),
- e. (K5: 0,4 mg/L Co; 0,4 mg/L LAS),
- f. (K5: 0,5 mg/L Co; 0,5 mg/L LAS),

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji toksisitas pada konsentrasi yang berbeda menggunakan toksin kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonat (LAS). Pada uji toksisitas ini dilakukan pengujian selama 96 jam dan setiap 24 jam dihitung ikan mati. Langkah selanjutnya adalah mulai menghitung nilai LC₅₀ menggunakan metode regresi probit.

3.9 Variabel Penelitian

Eksperimen uji toksisitas akut Kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) terhadap ikan Guppy (*Poecilia reticulata*).

a. Variabel bebas

Variabel memiliki pengaruh/dampak. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah konsentrasi kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonat (LAS).

b. Variabel terikat

Variabel mempunyai pengaruh/dampak yang ditimbulkan oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikatnya adalah toksisitas ikan guppy (*Poecilia reticulata*)

3.10 Analisis Data

Analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini dari pengujian laboratorium di UIN Sunan Ampel Surabaya untuk kadar LC₅₀ pada hasil prosedur uji toksisitas akut dan disesuaikan dengan kriteria toksisitas LC₅₀ yang tentukan oleh Environment Protection Agency (EPA) tahun 2004 . Analisis probit berdasarkan Microsoft Excel untuk nilai LC₅₀. Berikut merupakan tabel kriteria toksisitas LC₅₀ dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Kriteria Toksisitas LC₅₀ Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan

No	Kriteria	Nilai	Keterangan
1	I	$LC_{50} \leq 0,05 \text{ mg/L}$	Berbahaya
2	II	$LC_{50} > 0,05 \text{ mg/L} \leq 0,5 \text{ mg/L}$	Peringatan
3	III	$LC_{50} > 0,5 \text{ mg/L} \leq 2 \text{ mg/L}$	Awas
4	IV	$LC_{50} > 2 \text{ mg/L}$	Apabila terdapat hasil menunjukkan kategori IV dapat menggunakan pelabelan kategori III Relatif tidak membahayakan

Sumber: (US Environment Protection Agency, 2004)

Analisis Regresi Probit berbasis Microsoft Excel untuk mengetahui nilai LC_{50} . Analisis dari hasil uji toksisitas akan dilakukan perhitungan melalui metode regresi probit guna untuk mengetahui hubungan antara senyawa kobalt (Co) dan Linear Alkylbenzene Sulfonat (LAS) terhadap ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) dengan data yang di butuhkan yaitu :

- a. Nilai
- b. kematian
- c. jumlah

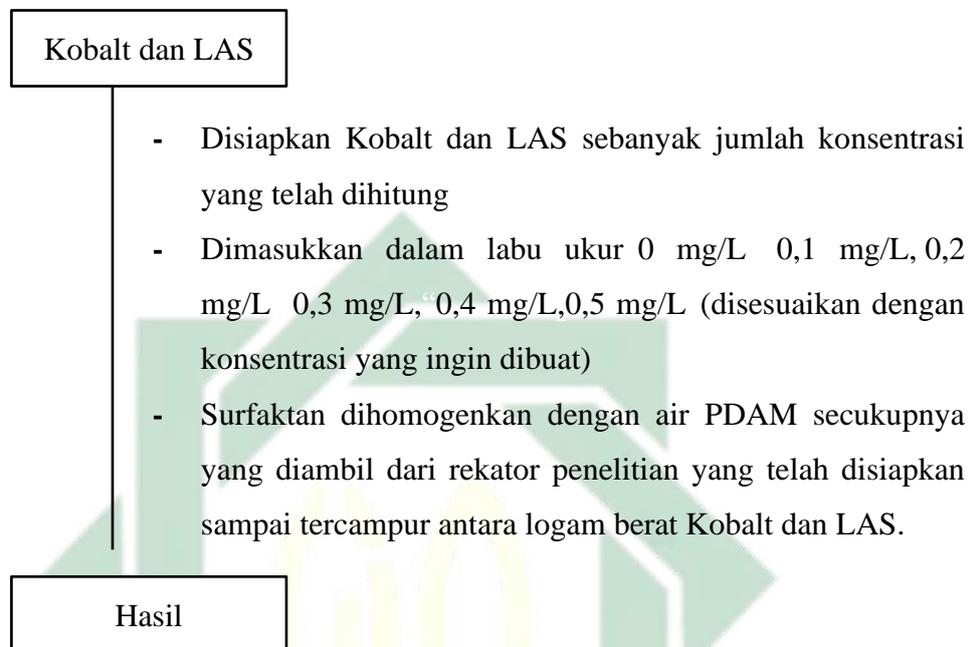
3.11 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah perlakuan dari kedua variabel yang digunakan. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah surfaktan ABS dan LAS sebagai variabel bebas, dan Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) sebagai variabel terikat.

- a. Logam Kobalt dan LAS

Berdasarkan SNI 7554.2:2011, konsentrasi larutan induk bahan uji dibuat atas dasar kisaran konsentrasi bahan uji yang akan digunakan dalam

pengujian. Tahap pembuatan larutan artifisial Kobalt dan LAS, sebagai berikut:



Gambar 3.10 Flowchart Tahapan Pembuatan Larutan Artifisial

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Dalam penelitian ini, ketika pengenceran dilakukan pada kelompok perlakuan K1 (0,1 mg/L Co, 0,1 mg/L LAS) sebanyak 10.000 ml dengan larutan induk 1000 mg/L, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan:

V_1 = Volume larutan yang dibutuhkan

N_1 = Konsentrasi limbah

V_2 = Volume air yang dibutuhkan

N_2 = Konsentrasi perlakuan

Keterangan :

$M_1 = 0,1 \text{ mg/l}$

$V_1 = 10.000 \text{ mg}$

$M_2 = 1000 \text{ mg/l}$

$V_2 = ?$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,1 \text{ mg/l} \times 10.000 \text{ ml} = 1000 \text{ mg/l} \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/l} = 1000 \text{ ml} \cdot V_2$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

Jadi 1 ml Co dan 1 ml LAS

b. Biota uji yang digunakan, yaitu Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Digunakan biota uji Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) yang mana dalam pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* yakni ikan memiliki panjang 2-3 cm (OECD, 2019) dan berusia 1-2 bulan (Hoffman, 2003). Variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 3 Tabel Pemberian Konsentrasi

	A					B					C ₀
D	AD ₁	AD ₂	AD ₃	AD ₄	AD ₅	BD ₁	BD ₂	BD ₃	BD ₄	BD ₅	

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Keterangan :

A = Kobalt (Co)

B = Linear Alkylbenzene Sulfonat (LAS)

C = Kobalt (Co) 0,0 mg/L ; LAS 0,0 mg/L dan Air PDAM

D = Air PDAM

AD₁ BD₁ =Kobalt (Co) 0,1 mg/L, LAS 0,1 mg/L dan Air PDAM

AD₂ BD₂ = Kobalt (Co) 0,2 mg/L, LAS 0,2 mg/L dan Air PDAM

AD₃ BD₃ = Kobalt (Co) 0,3 mg/L, LAS 0,3 mg/L dan Air PDAM

AD₄ BD₄ = Kobalt (Co) 0,4 mg/L, LAS 0,4 mg/L dan Air PDAM

AD₅ BD₅ = Kobalt (Co) 0,5 mg/L, LAS 0,5 mg/L dan Air PDAM

a. Parameter yang diteliti dalam penelitian ini yaitu suhu, *dissolved oxygen*, dan pH dengan dua kali pengulangan dalam satu hari.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian terdahulu diperlukan pengujian pada air pengencer yang digunakan serta limbah buatan yaitu Co (kobalt) dan LAS (Linear Alkylbenzena Sulfonat). Air pengencer digunakan sebagai air tempat hidupnya biota uji pada proses aklimatisasi dan pencampuran limbah buatan dari Co (kobalt) dan Linear Alkylbenzena Sulfonat (LAS) pada proses RFT (Range Finding Test) dan Acute Toxicity Test. Air PDAM digunakan sebagai air pengencer yang telah dianalisis di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya Kampus Gunung Anyar, Jalan Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya. Air PDAM di analisis dengan tujuan agar kondisi lingkungan baru untuk organisme uji layak digunakan sebagai tempat hidup organisme uji saat dilakukannya penelitian. Berikut merupakan hasil uji karakteristik air PDAM pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Pemberian Konsentrasi

Parameter	Air Pengencer	Kriteria Air Pengencer
pH	8,45	6 - 8,5 (*)
Suhu	21,5	21 – 25°C (*)
DO	5,9	>5 mg/L (**)

Sumber : (Hasil Analisis, 2023)

(*) (OECD, 2019)

(**) (Rachmah, 2020)

Berdasarkan hasil analisis, dapat dipastikan bahwa air pengencer yang berasal dari air sambungan kran PDAM yang berada di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya Kampus Gunung Anyar adalah layak untuk digunakan karena berada dalam ambang batas yang ditentukan.

4.2 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan kegiatan adaptasi terhadap hewan uji sebelum dilakukan tahap penelitian, guna menghindari kematian hewan uji diakibatkan oleh gangguan kejiwaan maupun gangguan fisik dan perubahan lingkungan (Oktavia, 2020). Pada pengujian ini menggunakan biota uji ikan guppy (*Poecilia reticulata*). *Poecilia reticulata* adalah hewan akuatik yang pada umumnya dipergunakan untuk uji hayati karena mempunyai respon terhadap terjadinya perubahan lingkungan (Nurrachmi, 2014).

Tahap aklimatisasi dilakukan selama 7 hari, kemudian hewan uji digunakan pada tahap selanjutnya yaitu *range finding test* dan *acute toxicity test*. Tahap aklimatisasi diwajibkan untuk membersihkan aerator yang digunakan agar kesehatan biota uji dapat terjaga. Tahap aklimatisasi dilakukan pemberian makanan pada hewan uji sebanyak dua kali dalam satu hari pada pagi hari pukul 08:00 dan sore hari pukul 15:00. Dokumentasi tahap aklimatisasi dapat dilihat pada Lampiran.

Ada beberapa proses yang dilakukan dalam tahap aklimatisasi, yang pertama adalah pemilihan hewan uji berdasarkan kriteria tertentu seperti bobot ikan, panjang ikan dan pergantian ikan. Penelitian ini menggunakan ikan guppy (*Poecilia reticulata*) dengan panjang 2 - 3 cm dan berat rata-rata 1 gram. Penetapan kriteria hewan percobaan ikan guppy dimaksudkan untuk memudahkan pengamatan selama aklimatisasi dan mengasumsikan bahwa hewan percobaan tersebut tergolong usia yang sama. Total ikan guppy yang digunakan pada masa aklimatisasi adalah 250 ekor.

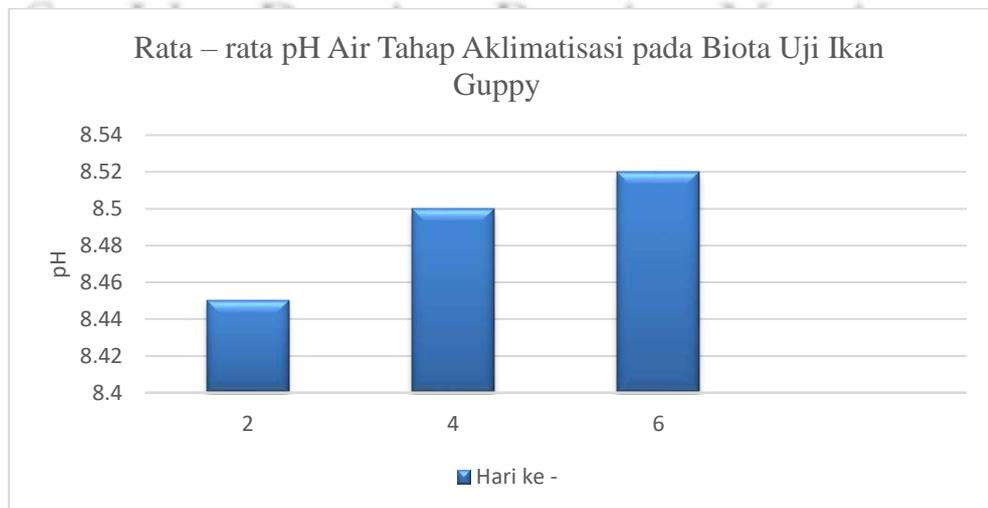
Aklimatisasi dilakukan mulai tanggal 24 Januari 2023 sampai dengan 30 Januari 2023 selama 7 hari. Faktor lingkungan yang diamati pada tahap ini terdiri dari pH, Suhu dan DO setiap 2 hari sekali sedangkan kematian ikan diamati setiap hari. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian aklimatisasi dengan lingkungan hidup hewan coba. Berikut adalah hasil rata-rata parameter pH pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Nilai pH Tahap Aklimatisasi

Hari	Tanggal	pH
1	24-Jan 2023	8,45
2	25-Jan 2023	8,48
3	26-Jan 2023	8,43
4	27-Jan 2023	8,5
5	28-Jan 2023	8,44
6	29-Jan 2023	8,52
7	30-Jan 2023	8,53

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis pH air tahap aklimatisasi, nilai pH pada hari ke-1 dan ke-2 memiliki nilai 8,45 dan 8,48 lalu pada hari ke-3 dan ke-4 memiliki nilai pH 8,43 dan 8,5 kemudian pada hari ke-5 sampai ke-7 memiliki nilai 8,44 ; 8,52 ; 8,53. Tahap aklimatisasi memiliki nilai rata-rata pH 8,5. Nilai tersebut masih berada dalam batas optimum nilai pH untuk ikan. Menurut (Ahmad dan Sri, 2018) guppy yaitu antara 6,5 - 8,5. Gambar 4.1 dibawah ini merupakan rata-rata nilai pH aklimatisasi pada hari ke-2, ke-4, dan ke-6.



Gambar 4.1 Rata – rata pH Air Tahap Aklimatisasi pada Biota Uji Ikan Guppy

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa pH media tempat tinggal ikan guppy memiliki nilai rata-rata 8,45 pada hari ke-2, kemudian meningkat menjadi 8,5 pada hari ke-4, dan mencapai 8,52 pada hari ke-6. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa pH media tempat tinggal ikan guppy masih berada dalam kisaran yang sesuai dengan standar kualitas, yaitu antara 6,5 hingga 8,5. Hal ini menunjukkan bahwa ikan guppy masih dapat mengalami pertumbuhan optimal. Oleh karena itu, tidak dapat disimpulkan bahwa kematian ikan guppy disebabkan oleh pengaruh pH. Namun, penting untuk diingat bahwa kelangsungan hidup hewan uji dapat terancam jika air yang digunakan memiliki tingkat keasaman atau kebasaan yang tidak sesuai. Perairan dengan kondisi asam atau basa dalam kehidupan biota memasuki keadaan berbahaya akibat terganggunya metabolisme dan respirasi. Nilai pH merupakan parameter penting sebagai ukuran kualitas air. Besarnya aktivitas manusia membuat pH air mudah tercemar oleh limbah domestik seperti dari tinja, limbah cair domestik, dan buangan kamar mandi (Millah, 2019). Pada penelitian ikan disebabkan oleh bahan organik yang disebabkan oleh bertambahnya limbah ikan setiap hari. Namun nilai parameter pH pada penelitian ini masih relatif baik untuk memungkinkan ikan dapat hidup secara optimal. Selain pengamatan pH, pengamatan kondisi DO pada masing-masing reaktor juga dilakukan pada tahap aklimatisasi. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui apakah DO pada ikan memenuhi baku mutu

Berikut hasil rata-rata DO selama 7 hari pengamatan, seperti pada Tabel 4.3.

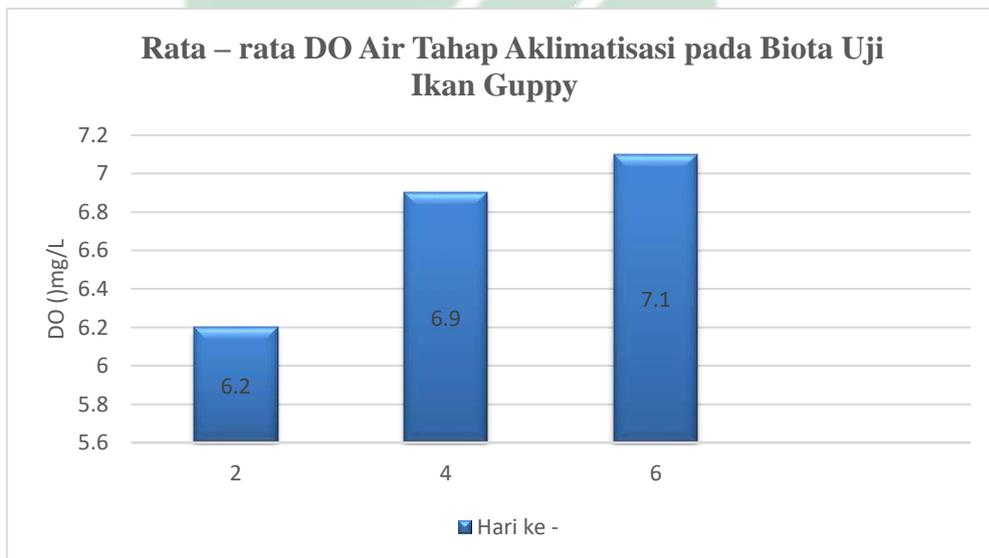
Tabel 4.3 Nilai DO Tahap Aklimatisasi

Hari	Tanggal	DO
1	24-Jan 2023	5,9
2	25-Jan 2023	6,2
3	26-Jan 2023	6,8
4	27-Jan 2023	6,9

Hari	Tanggal	DO
5	28-Jan 2023	6,9
6	29-Jan 2023	7,1
7	30-Jan 2023	7,2

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis *Dissolved Oxygen (DO)* air tahap aklimatisasi, nilai DO pada hari ke-1 dan ke-2 memiliki nilai 5,9 dan 6,2 lalu pada hari ke-3 dan ke-4 memiliki nilai DO 6,8 dan 6,9 kemudian pada hari ke-5 sampai ke-7 memiliki nilai 6,9 ; 7,1 ; 7,2. Tahap aklimatisasi memiliki nilai rata-rata DO 6,71 mg/L. Nilai tersebut masih berada dalam batas optimum nilai pH untuk ikan. Menurut (Ibrahim dkk, 2016) ikan guppy merupakan salah satu komponen penting dalam ekosistem hewan air, ikan dapat terkena serangan stress hypoxia dalam jaringan, dan mudah terserang penyakit hingga mengalami kematian. Batas optimum *Dissolved Oxygen* air ikan guppy yaitu tidak boleh kurang dari 3 mg/L. Gambar 4.2 dibawah ini merupakan rata-rata nilai DO aklimatisasi pada hari ke-2, ke-4, dan ke-6.



Gambar 4. 2 Rata – rata DO Air Tahap Aklimatisasi pada Biota Uji Ikan Guppy

Selama periode aklimatisasi, terjadi fluktuasi nilai Kebutuhan

Oksigen Terlarut (DO). Pada hari ke-2, nilai DO mencapai 6,2 mg/L, kemudian meningkat menjadi 6,9 mg/L pada hari ke-4, dan mencapai 7,1 mg/L pada hari ke-6. Untuk pertumbuhan ikan yang optimal, diperlukan tingkat oksigen terlarut yang lebih tinggi dari 5 mg/L. Namun, jika nilai DO mencapai 5 mg/L, masih dianggap baik untuk kehidupan ikan (Putri dkk, 2016). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pada fase aklimatisasi, kematian ikan tidak disebabkan oleh tingkat DO, karena nilai DO yang tercatat masih relatif baik untuk pertumbuhan ikan. Berikut adalah hasil rata-rata suhu air selama 7 hari pengamatan, sebagaimana terlihat pada Tabel 4.4.”

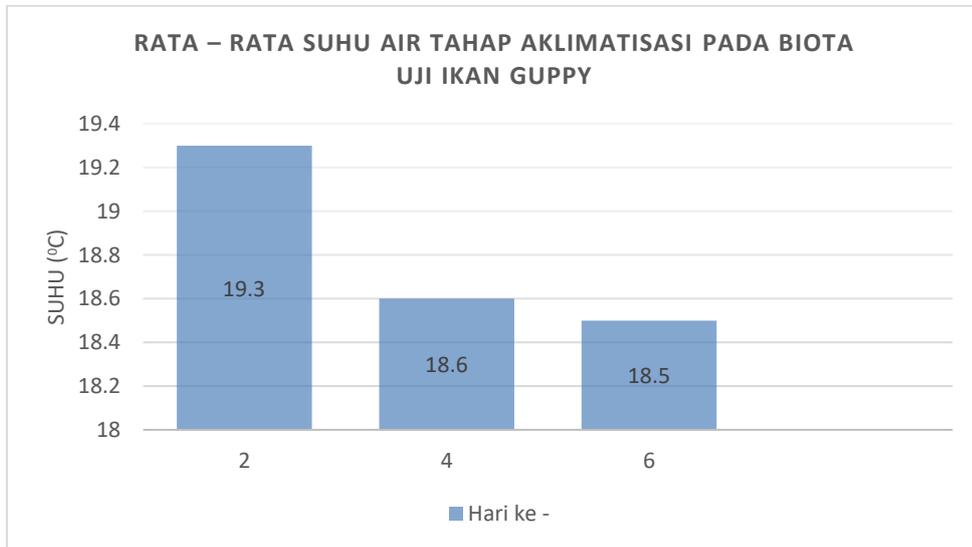
Tabel 4. 4 Tabel Suhu Tahap Aklimatisasi

Hari	Tanggal	Suhu
1	24-Jan 2023	19,5
2	25-Jan 2023	19,3
3	26-Jan 2023	18,9
4	27-Jan 2023	18,6
5	28-Jan 2023	18,6
6	29-Jan 2023	18,6
7	30-Jan 2023	18,5

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis suhu air tahap aklimatisasi, nilai suhu pada hari ke-1 dan ke-2 memiliki nilai 19,5 dan 19,3 lalu pada hari ke-3 dan ke-4 memiliki nilai suhu 18,9 dan 18,6 kemudian pada hari ke-5 sampai ke-7 memiliki nilai 18,6 ; 18,6 ; 18,5. Tahap aklimatisasi memiliki nilai rata-rata suhu 18,9 °C. Namun, ikan guppy sangat toleran terhadap suhu 18 °C – 25 °C. Kondisi yang ideal untuk kehidupan ikan adalah suhu antara 25°C hingga 32°C. Namun, pada rentang suhu 18°C hingga 25°C, biota uji masih dapat bertahan hidup, meskipun nafsu makannya akan menurun sehingga pertumbuhan ikan terhambat (Zai, 2019). Gambar 4.3 dibawah ini merupakan

rata-rata nilai DO aklimatisasi pada hari ke-2, ke-4, dan ke-6.



Gambar 4.3 Rata – rata Suhu Air Tahap Aklimatisasi pada Biota Uji Ikan Guppy

Akuarium kaca berukuran 30 cm x 20 cm x 20 cm digunakan sebagai reaktor selama fase aklimatisasi. Reaktor yang digunakan sebanyak 2 reaktor, dengan masing-masing reaktor diisi dengan 125 ekor ikan guppy. Pada fase aklimatisasi, disediakan aerator per akuarium agar oksigen terlarut bagi kehidupan ikan dapat terpenuhi, sehingga kondisi ikan guppy pada fase ini terlihat segar dan lincah saat berenang. Selama masa aklimatisasi terlihat bahwa kadar pH, suhu dan DO perairan mengalami peningkatan dan penurunan setiap harinya. Parameter suhu media ikan guppy diperoleh dari nilai rata-rata yaitu pada hari ke-2 mencapai 19,3 °C, pada hari ke-4 mencapai 18,6 °C dan pada hari ke-6 naik menjadi 18,5 °C. Suhu yang baik untuk kehidupan ikan adalah 25 °C – 32°C, pada suhu 18 °C – 25 °C biota uji masih dapat bertahan tetapi nafsu makannya menurun sehingga pertumbuhan ikan terhambat (Zai, 2019). Pengamatan suhu suboptimal dapat disimpulkan bahwa suhu berpengaruh terhadap kematian ikan, namun pada pengamatan tidak terdapat kematian ikan selama periode aklimatisasi dikarenakan perlakuan pada periode aklimatisasi cukup terpenuhi sehingga tidak terjadi kematian pada biota uji.

4.3 Range Finding Test

Tahap uji jarak merupakan tahap awal penelitian. Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan sekumpulan nilai konsentrasi yang akan digunakan pada tahapan selanjutnya (Adlina, 2014). Toksin yang diberikan adalah limbah Co dan LAS buatan. Kisaran konsentrasi racun pada tahap ini adalah 0 mg/l; 0,1 mg/l Co dan 0,1 mg/l LAS; 0,2 mg/l Co dan 0,2 mg/l LAS; 0,3 mg/l Co dan 0,3 mg/l LAS; 0,4 mg/L Co dan 0,4 mg/L yang terakhir LAS; 0,5 mg/L Co dan 0,5 mg/L LAS dari total volume. Ventilasi digunakan selama fase ini untuk menghindari kematian ikan karena kekurangan oksigen.

Dalam penelitian ini, digunakan toksin yang dicampur dengan Pengencer. Penggunaan Pengencer dalam penelitian ini disesuaikan dengan kriteria habitat hewan uji, sehingga kematian ikan tidak disebabkan oleh Pengencer yang digunakan dalam penelitian. Pengenceran dilakukan dengan mengalikan konsentrasi racun dengan total volume air dalam reaktor. Kemudian, total volume air dalam reaktor dikurangi dengan total volume limbah buatan yang akan digunakan. Berikut ini adalah contoh perhitungannya:

- a. Volume air = 10.000 ml
- b. Limbah buatan (0,1 mg/L Co dan 0,1 mg/L LAS), maka terlebih dahulu disiapkan larutan induk dengan konsentrasi 1000 mg/L, perhitungannya sebagai berikut :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Keterangan :

$$M_1 = 0,1 \text{ mg/l}$$

$$V_1 = 10.000 \text{ mg}$$

$$M_2 = 1000 \text{ mg/l}$$

$$V_2 = ?$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,1 \text{ mg/l} \times 10.000 \text{ ml} = 1000 \text{ mg/l} \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/l} = 1000 \text{ ml} \cdot V_2$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

Jadi 1 ml Co dan 1 ml LAS

Oleh karena itu, limbah mengandung 0,1 mg/l Co dan 0,1 mg/l LAS, total 2 ml limbah buatan per reaktor.

$$\begin{aligned} \text{c. Air pengencer} &= 10.000 \text{ ml} - 2 \text{ ml} \\ &= 9.998 \text{ ml} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui perbandingan pencampuran antara zat beracun atau limbah buatan Co dan LAS dengan air pengencer pada periode uji pengukuran jarak dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Variasi konsentrasi limbah artifisial Co dan LAS pada range finding test

Konsentrasi limbah	Volume air total (ml)	Air limbah artifisial yang ditambahkan (ml)	Air PDAM yang ditambahkan (ml)
0 mg/L	10.000	0	10,000
0,1 mg/L Co 0,1 mg/L LAS	10.000	2	9.998
0,2 mg/L Co 0,2 mg/L LAS	10.000	4	9.996
0,3 mg/L Co 0,3 mg/L LAS	10.000	6	9.994
0,4 mg/L Co 0,4 mg/L LAS	10.000	8	9.992
0,5 mg/L Co 0,5 mg/L LAS	10.000	10	9990

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tahap ini, digunakan 10 ekor ikan per reaktor dan dilakukan perlakuan dengan menambahkan racun ke dalam air pengencer sehingga total volume air mencapai 10 liter. Pengujian dan pengukuran dilakukan selama 96 jam atau 4 hari.

Pada tahap ini, juga dilakukan analisis terhadap parameter lingkungan seperti pH, suhu, dan kebutuhan oksigen terlarut (DO) setiap dua hari sekali. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengetahui kualitas air yang memiliki dampak signifikan terhadap kelangsungan hidup organisme uji. Parameter lingkungan, seperti pH pada limbah Co dan LAS buatan, memiliki sifat asam yang dapat menjadi penyebab kematian bagi biota uji.

Kematian ikan guppy, hewan uji dalam penelitian ini, disebabkan oleh lingkungan yang tidak mendukung aktivitas dan kelangsungan hidup mereka. Data penelitian terkait dapat ditemukan di Lampiran. Tabel 4.6 menunjukkan hasil rata-rata pH media air tempat tinggal ikan guppy.

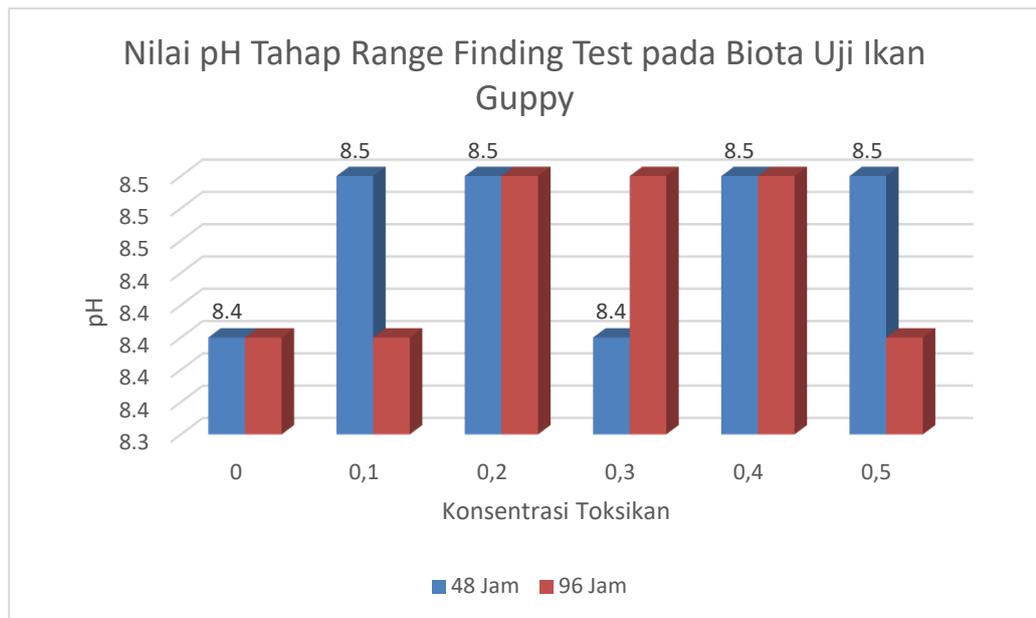
Tabel 4. 6 Nilai pH Tahap Range Finding Test Biota Uji Ikan Guppy

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksikan (ppm)						Baku Mutu pH
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
1	31-Jan	8,5	8,43	8,44	8,5	8,43	8,43	6,5 - 8,5
2	1-Feb	8,44	8,5	8,52	8,44	8,5	8,52	
3	2-Feb	8,48	8,45	8,52	8,52	8,44	8,5	
4	3-Feb	8,43	8,48	8,53	8,53	8,52	8,45	

Sumber: (Hasil Analisis, 2023), (Ahmad dan Sri, 2018)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis pH air tahap *range finding test*, nilai *range finding test* pada hari ke-1 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai pH 8,5 dan 8,43, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH 8,44 dan 8,5, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai pH yang sama yaitu 8,43. Pada hari ke-2 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai pH 8,44 dan 8,5, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH 8,52 dan 8,44, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai pH 8,5 dan 8,52. pada hari ke-3 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai pH 8,48 dan 8,45, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH sama yaitu 8,52, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai pH 8,44 dan 8,5. pada hari ke-4 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai pH 8,43 dan 8,48, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH yang sama yaitu 8,53, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki

nilai pH 8,52 dan 8,45. Nilai tersebut masih berada dalam batas optimum nilai pH untuk ikan. Menurut (Ahmad dan Sri, 2018) guppy yaitu antara 6,5 - 8,5. Gambar 4.4 dibawah ini merupakan grafik nilai pH aklimatisasi pada hari ke-2 dan ke-4.



Gambar 4. 4 Nilai Rata-rata pH Biota Uji Ikan Guppy Tahap Uji Toksisitas Pencarian Kisaran pada Limbah Artifisial Co dan LAS

Dari pengamatan di atas, dapat diketahui bahwa pH dalam limbah Co dan LAS buatan yang dicampur dengan air pengenceran pada ikan guppy di setiap reaktor meningkat seiring dengan peningkatan nilai konsentrasi toksin. Dalam data tersebut terlihat bahwa pada waktu 48 jam dan 96 jam, pH stabil pada nilai 8,44 dan mengalami penurunan ke 8,43 pada konsentrasi 0 mg/L (kontrol). Pada konsentrasi 0,1 mg/L, pH meningkat dari 8,5 menjadi 8,48. Pada konsentrasi 0,3 mg/L, pH meningkat dari 8,44 menjadi 8,53. Pada konsentrasi 0,4 mg/L, pH meningkat dari 8,5 menjadi 8,52. Sedangkan pada konsentrasi 0,5 mg/L, pH menurun dari 8,52 menjadi 8,45.

Selain parameter pH, terdapat faktor lingkungan lain yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota uji, yaitu tingkat keberadaan oksigen terlarut (DO). Untuk memenuhi kebutuhan oksigen dalam kehidupan ikan

guppy, digunakan aerator sebagai alat bantu dalam penelitian ini. Tujuan penggunaan aerator adalah untuk mencegah kematian ikan akibat rendahnya kadar DO di bawah ambang batas yang diperlukan. Untuk informasi lengkap mengenai data DO pada tahap pengujian jarak, dapat dilihat di Lampiran. Berikut ini adalah data rata-rata oksigen terlarut pada penelitian mengenai limbah Co dan LAS buatan pada biota uji ikan guppy, yang dapat ditemukan dalam Tabel 4.7 sebagai berikut:

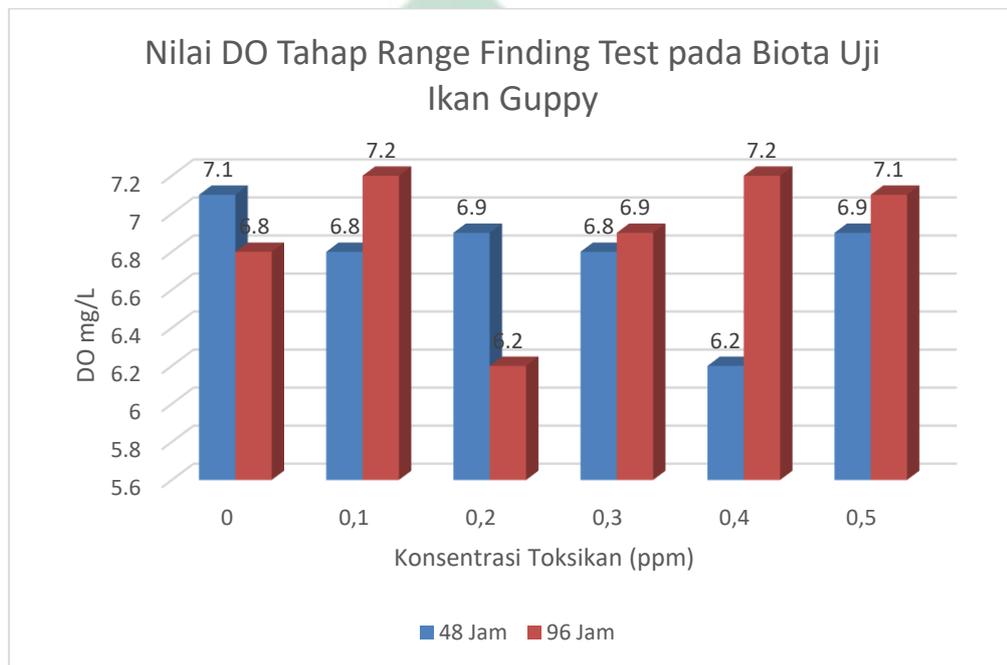
Tabel 4. 7 Nilai DO Tahap Range Finding Test Biota Uji Ikan Guppy

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksikan (ppm)					Baku Mutu DO
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	
1	31-Jan	6,9	6,2	6,2	6,2	5,9	6,8
2	1-Feb	7,1	6,8	6,9	6,8	6,2	6,9
3	2-Feb	6,2	6,9	5,9	6,9	6,9	6,9
4	3-Feb	6,8	7,2	6,2	6,9	7,2	7,1

Sumber: (Hasil Analisis, 2023), (Ibrahim dkk, 2016)*

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis *dissolved oxygen* air tahap *range finding test*, nilai *range finding test* pada hari ke-1 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai DO 6,9 dan 6,2, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO yang sama yaitu 6,2, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai DO yaitu 5,9 dan 6,8. Pada hari ke-2 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai DO 7,1 dan 6,8, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 6,9 dan 6,8, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai DO 6,2 dan 6,9. pada hari ke-3 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai DO 6,2 dan 6,9, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 5,9 dan 6,9, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai DO sama yaitu 6,9. pada hari ke-4 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai DO 6,8 dan 7,2, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 6,2 dan 6,9, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai DO 7,2 dan 7,1. Ikan guppy merupakan salah satu komponen penting dalam

ekosistem hewan air, ikan dapat terkena serangan stress hypoxia dalam jaringan, dan mudah terserang penyakit hingga mengalami kematian. Batas optimum *Dissolved Oxygen* air ikan guppy yaitu tidak boleh kurang dari 3 mg/L (Ibrahim dkk, 2016). Gambar 4.5 dibawah ini merupakan grafik nilai DO *range finding test* pada hari ke-2 dan ke-4 terhadap lima konsentrasi yang digunakan.



Gambar 4.5 Nilai DO Biota Uji Ikan Guppy Tahap Range Finding Test pada Limbah Artifisial Co dan LAS

Tekanan udara yang dialirkan ke aerator bervariasi, sehingga nilai oksigen terlarut (DO) meningkat dan menurun setiap harinya. Namun, kebutuhan oksigen terlarut (DO) pada tahap uji jarak masih mencukupi untuk lingkungan hidup ikan guppy. Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa nilai Dissolved Oxygen (DO) tidak stabil pada waktu 48 jam dan 96 jam. Pada konsentrasi 0 mg/L, DO mengalami penurunan dari 7,1 mg/L menjadi 6,8 mg/L. Pada konsentrasi 0,1 mg/L, DO mengalami kenaikan dari 6,8 mg/L menjadi 7,2 mg/L. Pada konsentrasi 0,2 mg/L, DO mengalami penurunan dari 6,9 mg/L menjadi 6,2 mg/L. Pada konsentrasi 0,3 mg/L, DO mengalami

kenaikan dari 6,8 mg/L menjadi 6,9 mg/L. Pada konsentrasi 0,4 mg/L, DO mengalami peningkatan dari 6,2 mg/L menjadi 7,2 mg/L. Sedangkan pada konsentrasi 0,5 mg/L, DO mengalami kenaikan dari 6,9 mg/L menjadi 7,1 mg/L.

Kandungan oksigen terlarut (DO) dalam air merupakan faktor penting dalam kehidupan ikan, karena digunakan untuk proses respirasi, aktivitas berenang, dan metabolisme energi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan. Kandungan DO dalam air juga dipengaruhi oleh suhu air. Pada suhu yang tinggi, kadar DO cenderung menurun, sementara pada suhu yang rendah, kadar DO cenderung meningkat. Penurunan kadar DO dapat terjadi akibat penguapan pada suhu yang tinggi (Rohmani, 2014). Pada lapisan permukaan air, nilai DO cenderung lebih tinggi karena adanya proses difusi antara air dan udara bebas, serta terjadinya fotosintesis oleh tumbuhan air. Namun, dengan meningkatnya kedalaman, kadar DO cenderung menurun karena berkurangnya proses fotosintesis (Salmin, 2005). Pada tahap uji rentang, kadar oksigen terlarut dalam masing-masing reaktor berkisar antara 7,0 hingga 8,4 mg/L. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kematian ikan tidak dipengaruhi oleh kadar oksigen terlarut (DO) yang terjadi dalam penelitian ini.

Suhu merupakan faktor lingkungan yang memiliki dampak signifikan terhadap kelangsungan hidup biota uji. Kesejahteraan ikan dalam lingkungan hidupnya dipengaruhi oleh suhu dan kadar oksigen terlarut (DO). Namun, perlu dicatat bahwa suhu dan DO memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Berikut adalah nilai rata-rata suhu air limbah artifisial kobalt dan LAS pada biota uji ikan guppy, yang dapat ditemukan dalam Tabel 4.8.

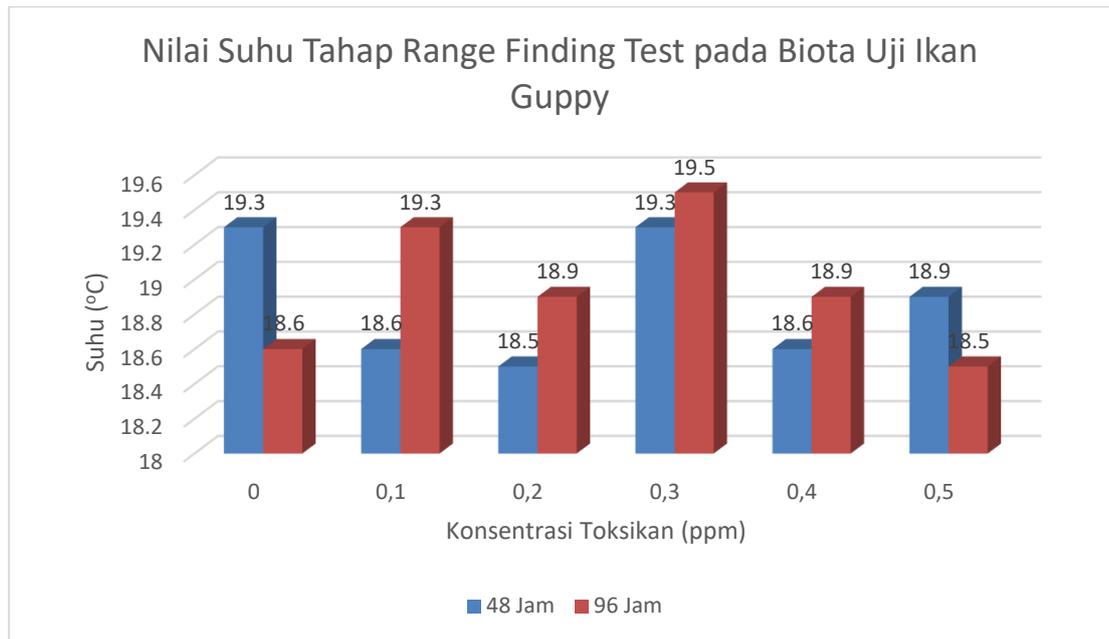
Tabel 4. 8 Nilai Suhu Tahap Range Finding Test Biota Uji Ikan Guppy

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksikan (ppm)						Baku Mutu Suhu
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
1	31-Jan	19,5	18,9	18,6	19,5	18,6	19,3	25 °C – 32°C

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksikan (ppm)						Baku Mutu Suhu
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
2	1-Feb	19,3	18,6	18,5	19,3	18,6	18,9	
3	2-Feb	18,6	19,5	19,3	18,9	19,3	18,6	
4	3-Feb	18,6	19,3	18,9	19,5	18,9	18,5	

Sumber: (Hasil Analisis, 2023), (Zai, 2019)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis suhu air tahap *range finding test*, nilai suhu *range finding test* pada hari ke-1 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai suhu 19,5 °C dan 18,9 °C, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu 18,6 °C dan 19,5 °C, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai suhu 18,6 °C dan 19,3 °C. Pada hari ke-2 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai suhu 19,3 °C dan 18,6 °C, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu 18,5°C dan 19,3°C, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai suhu 18,6°C dan 18,9 °C. pada hari ke-3 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai suhu 18,6 °C dan 19,5 °C, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu 19,3°C dan 18,9°C, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai suhu 18,9°C dan 18,5°C. pada hari ke-4 konsentrasi 0 mg/L dan 0,1 mg/L memiliki nilai suhu 18,6°C dan 19,3°C, kemudian pada konsentrasi 0,2 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu 18,9°C dan 19,5 °C, lalu pada konsentrasi 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L memiliki nilai suhu 18,9°C dan 18,5 °C. Tahap *range finding test* memiliki nilai rata-rata suhu 18,9 °C. Namun, ikan guppy sangat toleran terhadap suhu 18 °C – 25 °C. Suhu yang baik untuk kehidupan ikan adalah 25 °C – 32°C, pada suhu 18 °C – 25 °C biota uji masih dapat bertahan tetapi nafsu makannya menurun sehingga pertumbuhan ikan terhambat (Zai, 2019). Gambar 4.6 dibawah ini merupakan grafik nilai suhu *range finding test* pada hari ke-2 dan ke-4 terhadap lima konsentrasi yang digunakan.



Gambar 4. 6 Nilai Suhu Biota Uji Ikan Guppy Tahap *Range Finding Test* pada Limbah Artifisial Co dan LAS

Berdasarkan pengamatan tersebut, terlihat bahwa suhu dalam percampuran limbah artifisial kobalt dan LAS pada tahap range finding test mengalami penurunan. Rentang suhu yang diamati berkisar antara 25°C hingga 32°C. Nilai suhu dipengaruhi oleh suhu ruangan di tempat penelitian. Pada rentang suhu tersebut, ikan guppy masih mampu bertahan hidup dan beradaptasi dengan kondisi lingkungannya. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) juga dipengaruhi oleh nilai suhu ruangan. Penurunan nilai DO terjadi ketika suhu meningkat, dan sebaliknya.

Terlihat variasi suhu dalam rentang konsentrasi mulai dari 0 (kontrol) hingga konsentrasi tertinggi 0,5 mg/L. Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 0 mg/L, nilai suhu pada waktu 48 jam dan 96 jam mengalami penurunan dari 19,2°C menjadi 18,6°C. Pada konsentrasi 0,1 mg/L, suhu naik dari 18,6°C menjadi 19,2°C. Pada konsentrasi 0,2 mg/L, suhu tetap konstan pada 18,5°C. Pada konsentrasi 0,3 mg/L, suhu meningkat dari 19,3°C menjadi 19,5°C. Pada konsentrasi 0,4 mg/L, suhu meningkat dari 18,6°C menjadi 18,9°C. Pada konsentrasi 0,5 mg/L, suhu meningkat dari 19,3°C menjadi

19,5°C. Berdasarkan hasil suhu tersebut, dapat disimpulkan bahwa kematian ikan dipengaruhi oleh suhu yang rendah di bawah 25°C, yang mengakibatkan penurunan nafsu makan ikan. Suhu yang ideal berada dalam rentang 25°C hingga 32°C.

Selain mengamati kondisi lingkungan ikan seperti pH, kadar oksigen dan suhu, juga perlu dilakukan pengamatan kematian ikan guppy setiap hari. Observasi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya dampak bahaya Co dan LAS buatan yang jatuh pada ikan pada tahap uji coba pengumpan. Kematian ikan pada tahap ini menargetkan jumlah kematian hingga 100% kemudian dipersempit hingga 50% dari kematian ikan karena dijadikan konsentrasi untuk tahap berikutnya yaitu tahap pengujian toksisitas akut. Spesifikasi kematian ikan pada tahap range-finding meliputi ciri-ciri seperti pemudaran warna ikan, pengelupasan sisik ikan, dan hilangnya organ ikan di area mata. Untuk data mortalitas lengkap pada hewan percobaan ikan guppy lihat (Lampiran C.4). Sedangkan nilai kematian rata-rata pada tahap uji rentang dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

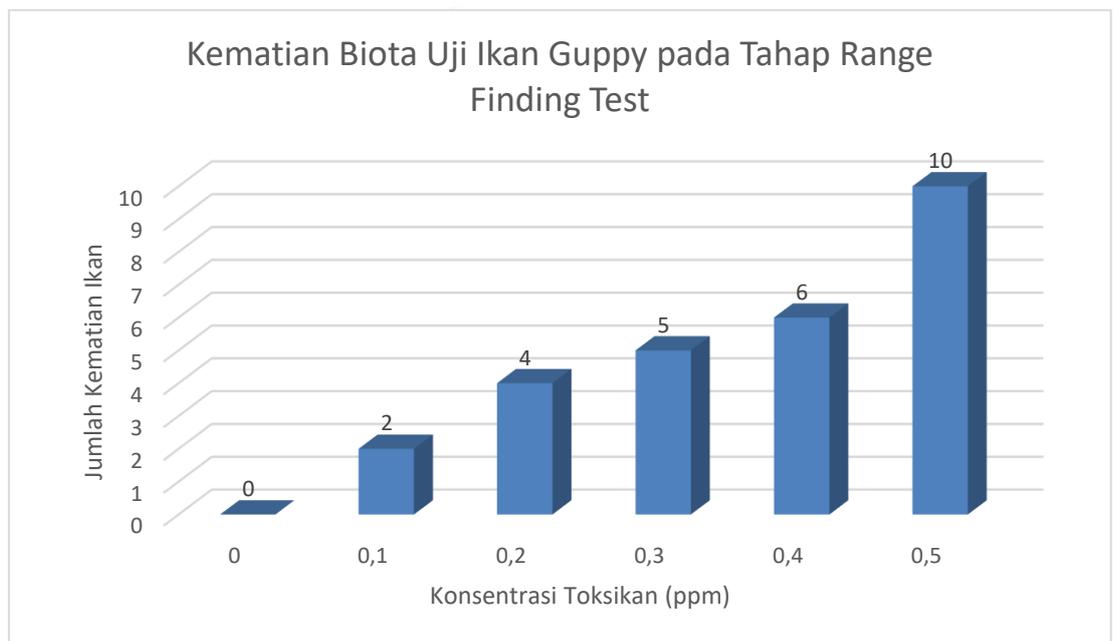
Tabel 4. 9 Kematian Biota Uji Ikan Guppy pada Tahap Range Finding Test

Kosentrasi Toksikan	Kematian Biota Uji (ekor)
0	0
0,1	2
0,2	4
0,3	5
0,4	6
0,5	10

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel diatas menunjukkan kematian biota uji pada tahap range *finding test* pada konsentrasi toksikan Co dan LAS 0 mg/L tidak terjadi kematian biota uji, pada konsentrasi 0,1 mg/L memiliki kematian sebanyak 2 ekor ikan guppy, lalu pada konsentrasi 0,2 mg/L memiliki kematian ikan guppy sebanyak 4 ekor, kemudian pada konsentrasi 0,3 mg/L mengalami kematian ikan guppy sebanyak 5 ekor, pada konsentrasi toksikan 0,4 mg/L terdapat kematian ikan guppy sejumlah lebih dari 50% ikan yaitu 6 ekor, dan yang

memiliki kematian paling besar terdapat pada konsentrasi toksikan 0,5 mg/L yaitu sebanyak 10 ekor ikan. Dari hasil diatas menunjukkan konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu konsentrasi kematian yang dibawah 50% yaitu antara konsentrasi 0 mg/L sampai 0,3 mg/L. Gambar 4.7 dibawah ini menunjukkan grafik kematian biota uji pada tahap *range finding test*.



Gambar 4. 7 Rata-rata kematian biota uji ikan guppy pada tahap range finding test

Berdasarkan pengamatan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kematian ikan guppy terjadi dengan tingkat keparahan yang bervariasi tergantung pada konsentrasi limbah artifisial Co dan LAS. Kematian ikan guppy mencapai 100% pada konsentrasi 0,5 mg/L Co dan 0,5 mg/L LAS, sementara konsentrasi di bawah 0,4 mg/L mengakibatkan kematian ikan sebanyak 50%. Pada konsentrasi 0 mg/L (kontrol), tidak terjadi kematian pada biota uji. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah artifisial tersebut memiliki efek berbahaya terhadap organisme hidup di perairan, dengan kandungan Co dan LAS yang melampaui batas mutu yang ditetapkan. Semakin tinggi konsentrasi limbah artifisial Co dan LAS yang terpapar pada ikan guppy, maka tingkat mortalitasnya juga semakin tinggi dalam waktu uji 96 jam. Kematian ikan pada

setiap reaktor penelitian dengan konsentrasi yang sama dapat bervariasi karena adanya perbedaan daya tahan tubuh pada setiap individu ikan. Ikan guppy yang mati pada tahap ini mengalami kehilangan mata, sisik, dan mengeluarkan lendir. Selama berada dalam reaktor yang mengandung limbah artifisial Co dan LAS, gerakan ikan guppy menjadi melambat dibandingkan saat berada dalam tahap aklimatisasi dengan gerakan yang lincah.

Hasil dari tahap range finding test limbah artifisial Co dan LAS menunjukkan variasi konsentrasi yang akan digunakan dalam tahap selanjutnya, yaitu acute toxicity test. Konsentrasi tersebut meliputi rentang antara 0,1 mg/L Co dan 0,1 mg/L LAS hingga 0,3 mg/L Co dan 0,3 mg/L LAS. Pemilihan rentang konsentrasi tersebut dilakukan karena tingkat kematian ikan pada konsentrasi tersebut berada di bawah 50%, yang sesuai dengan kriteria uji toksisitas akut. Selanjutnya, tiga konsentrasi tersebut akan diperkecil menjadi lima konsentrasi, yaitu 0,05 mg/L Co dan 0,05 mg/L LAS; 0,1 mg/L Co dan 0,1 mg/L LAS; 0,15 mg/L Co dan 0,15 mg/L LAS; 0,2 mg/L Co dan 0,2 mg/L LAS; serta konsentrasi terakhir yaitu 0,3 mg/L Co dan 0,3 mg/L LAS.

4.4 Uji Toksisitas Akut (*Acute Toxicity Test*)

Tahap ini dilakukan setelah tahap uji pengukuran jarak. Pada tahap uji toksisitas akut, perlakuan yang dilakukan serupa dengan tahap sebelumnya, yaitu tahap uji range finding. Waktu pemaparan limbah terhadap biota uji tetap selama 96 jam, dan pengamatan dilakukan terhadap jumlah kematian ikan hingga mencapai 50% dari jumlah hewan uji yang digunakan. Konsentrasi pada tahap ini merupakan penurunan dari konsentrasi pada tahap pengukuran jarak terbatas. Pengujian toksisitas akut dilakukan dengan metode duplo, di mana pengujian dilakukan secara ganda pada setiap konsentrasi. Tujuan dari penerapan metode duplo adalah untuk menghindari kemungkinan kecelakaan di lapangan seperti kebocoran atau kerusakan pada reaktor, serta untuk memastikan apakah konsentrasi dan perlakuan yang sama menghasilkan jumlah kematian ikan yang konsisten.

Pada tahap ini pemberian pakan ikan dihentikan, sekaligus pencarian tujuan untuk mencegah berkembangnya kuman dari pakan yang tidak termakan dan kotoran ikan. Sisa makanan dan kotoran ikan dapat menjadi sumber penyakit yang timbul akibat bakteri dan toksin (APHA, 2000). Pada tahap uji toksisitas digunakan konsentrasi toksikan yang berbeda yaitu 0 mg/L, 0,05 mg/L Co dan 0,05 LAS; 0,1 mg/L Co dan 0,1 LAS, 0,15 mg/L Co dan 0,15 LAS; 0,25 mg/L Co dan 0,25 LAS; 0,3 mg/L Co dan 0,3 LAS. Diperkirakan dengan adanya berbagai konsentrasi limbah buatan manusia dapat mengakibatkan kematian sejumlah ikan mendekati 50% dari jumlah hewan uji yang digunakan.”

Pada tahap uji toksisitas, persamaan perlakuannya adalah tahap uji range finding, yaitu H. toksin yang digunakan dicampur dengan air hasil pengenceran dari PDAM. Penggunaan air pengenceran disesuaikan dengan kriteria lingkungan hidup biota agar tidak terjadi kematian biota melalui air pengenceran yang digunakan. Data konsentrasi limbah buatan pada masing-masing reaktor dapat diambil dari contoh perhitungan sebagai berikut:

- a. Volume air total = 10.000 ml.
- b. Limbah artifisial (0,05 mg/L Co dan 0,05 mg/L LAS), maka dilakukan pembuatan larutan induk terlebih dahulu dengan konsentrasi 1000 mg/L, berikut ini perhitungannya:

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$0,05 \text{ mg/L} \times 10.000 \text{ ml} = 1000 \text{ mg/L} \times V2$$

$$500 \text{ ml} = 1000 V2$$

$$V2 = 0,5 \text{ ml}$$

$$0,1 \text{ mg/L Co} = 0,5 \text{ ml}$$

$$0,1 \text{ mg/L LAS} = 0,5 \text{ ml}$$

Jadi, Limbah 0,5 mg/L Co dan 0,5 mg/L LAS yaitu memiliki total 1 ml limbah artifisial per reaktor.

- c. Air PDAM = 10.000 ml - 1 ml
= 9.999 ml

Acute toxicity test pada limbah artifisial Co dan LAS dapat dilihat pada tabel

4.10 sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Variasi konsentrasi limbah artifisial Co dan LAS pada Uji Toksisitas Akut

Konsentrasi limbah	Volume air total (ml)	Air limbah artifisial yang ditambahkan (ml)	Air PDAM yang ditambahkan (ml)
0 mg/L	10.000	0	10,000
0,05 mg/L Co 0,05 mg/L LAS	10.000	1	9.999
0,1 mg/L Co 0,1 mg/L LAS	10.000	2	9.998
0,15 mg/L Co 0,15 mg/L LAS	10.000	3	9.997
0,25 mg/L Co 0,25 mg/L LAS	10.000	5	9.995
0,3 mg/L Co 0,3 mg/L LAS	10.000	6	9994

Tujuan dari penggunaan perlakuan duplo adalah untuk mencegah kebocoran dan kerusakan pada aerator, serta untuk menentukan apakah konsentrasi dan perlakuan yang sama menghasilkan tingkat kematian ikan yang serupa. Pada setiap reaktor, digunakan 10 ekor ikan guppy sebagai hewan uji. Selama penelitian, pemantauan terhadap jumlah kematian ikan dilakukan setiap hari, sementara analisis parameter lainnya seperti pH, suhu, dan oksigen dilakukan setiap 2 hari sekali. Menurut Mangkoediharjo (1999, dalam Rohmani, 2014), sifat fisik dan kimia toksin, serta sifat fisik dan kimia-biologis, merupakan faktor yang mempengaruhi kematian organisme uji seperti ikan guppy. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berperan dalam menyebabkan kematian ikan.

Penelitian ini diperlukan pengamatan terhadap parameter pH air.

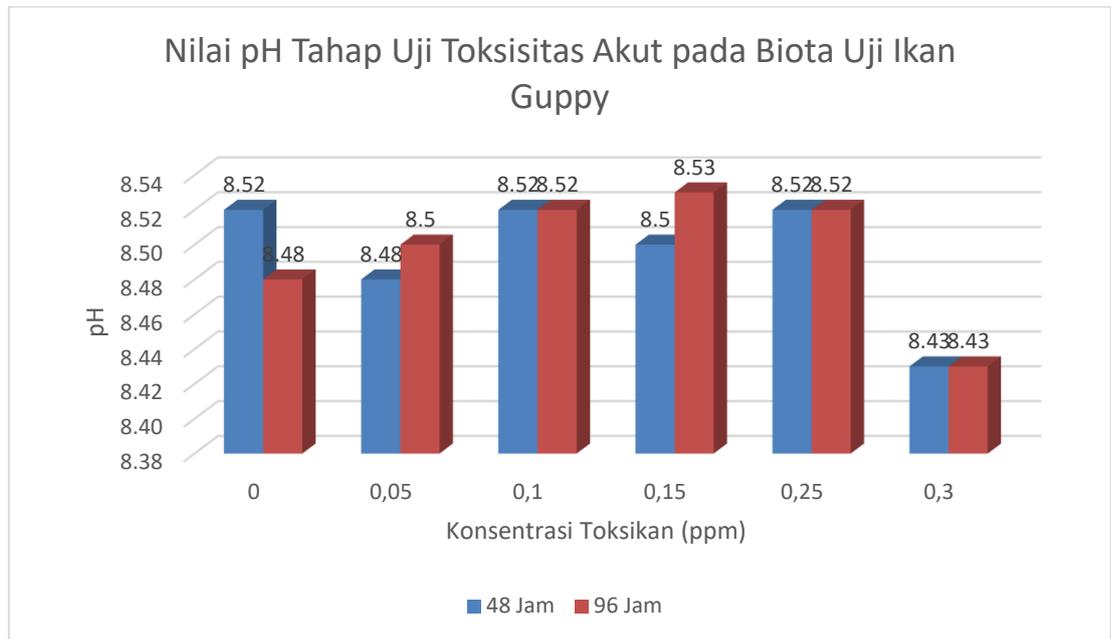
Pencemar lingkungan pada limbah artifisial Co dan LAS bersifat basa karena mengandung bahan pembuat detergen yaitu LAS. Semakin tinggi konsentrasi polutan, semakin basa nilai pH. Data pengamatan pH selama uji toksisitas akut dapat dilihat pada (Lampiran). Untuk mengetahui nilai pH rata-rata selama penelitian dengan paparan Co dan LAS, lihat Tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Nilai pH Tahap Uji Toksisitas Akut Pada Biota Ikan Guppy

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksikan (ppm)						Baku Mutu pH
		0	0,05	0,1	0,15	0,25	0,3	
1	4-Feb	8,52	8,48	8,52	8,52	8,52	8,43	6,5 - 8,5
2	5-Feb	8,53	8,43	8,53	8,53	8,44	8,52	
3	6-Feb	8,45	8,43	8,44	8,44	8,52	8,53	
4	7-Feb	8,48	8,5	8,52	8,52	8,52	8,43	

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis pH air tahap uji toksisitas akut, nilai pH uji toksisitas akut pada hari ke-1 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai pH 8,52 dan 8,48, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai pH sama yaitu 8,52, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH 8,52 dan 8,43. Pada hari ke-2 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai pH 8,53 dan 8,43, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai pH sama yaitu 8,53, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH 8,44 dan 8,52. pada hari ke-3 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai pH 8,45 dan 8,43, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai pH sama yaitu 8,44, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH 8,52 dan 8,53. pada hari ke-4 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai pH 8,48 dan 8,5, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai pH sama yaitu 8,52, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai pH 8,52 dan 8,43. Nilai tersebut masih berada dalam batas optimum nilai pH untuk ikan. Menurut (Ahmad dan Sri, 2018) guppy yaitu antara 6,5 - 8,5. Gambar 4.8 dibawah ini merupakan grafik nilai pH aklimatisasi pada hari ke-2 dan ke-4.



Gambar 4. 8 Nilai pH Biota Uji Ikan Guppy Acute Toxicity Test pada Limbah Artifisial Co dan LAS

Kadar derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang mempengaruhi kualitas perairan dan kelangsungan hidup biota di dalamnya. Berdasarkan pengamatan, terlihat bahwa pH limbah artifisial Co dan LAS pada ikan guppy mengalami fluktuasi naik dan turun pada setiap tingkatan konsentrasi toksin. Semakin tinggi konsentrasi toksin, pH air cenderung naik atau turun namun masih berada dalam batas normal. Pada konsentrasi 0 mg/L hingga 0,01 mg/L, pH pada waktu 48 jam berkisar antara 8,53, 8,43, dan 8,44, kemudian pada waktu 96 jam, nilainya adalah 8,48, 8,5, dan 8,52. Pada konsentrasi 0,15 mg/L, pH pada waktu 48 jam adalah 8,44, dan mengalami peningkatan menjadi 8,53 pada waktu 96 jam. Pada konsentrasi 0,25 mg/L, pH stabil pada pengamatan 48 jam dengan nilai 8,44, sementara pada waktu 96 jam mengalami peningkatan menjadi 8,52. Konsentrasi tertinggi yaitu 0,3 mg/L memiliki nilai pH sebesar 8,52 dan 8,43. Berdasarkan pengamatan pH pada tahap uji toksisitas akut, nilai pH masih berada dalam kisaran kriteria 6,5-9,0, sehingga dapat disimpulkan bahwa kematian ikan tidak dipengaruhi oleh pH air.

Kehidupan ikan akan terpengaruh ketika keasaman air rendah

sehingga air bersifat asam dan sebaliknya yaitu ketika air bersifat basa. pH sangat tinggi, sehingga air bersifat basa. Perubahan pH air yang tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan akan berpengaruh buruk terhadap biota uji ikan guppy. Namun, spesies ikan tertentu bereaksi berbeda, sehingga pengaruhnya terhadap organisme juga berbeda (Daelami, 2001).

Pada tahap uji toksisitas akut, analisis parameter DO dan pH dilakukan setiap 2 hari sekali untuk memastikan apakah kandungan oksigen terlarut dalam air memenuhi standar yang ditetapkan. Untuk memenuhi kebutuhan oksigen terlarut, aerator dan tubing dipasang pada setiap reaktor yang berisi biota uji sehingga udara dapat diinfuskan ke dalam air. Hasil data uji toksisitas akut untuk parameter oksigen terlarut (DO) dapat ditemukan di Lampiran D.2. Nilai rata-rata oksigen terlarut (DO) setelah 48 jam dan 96 jam dapat dilihat pada Gambar 4.12 sebagai berikut.

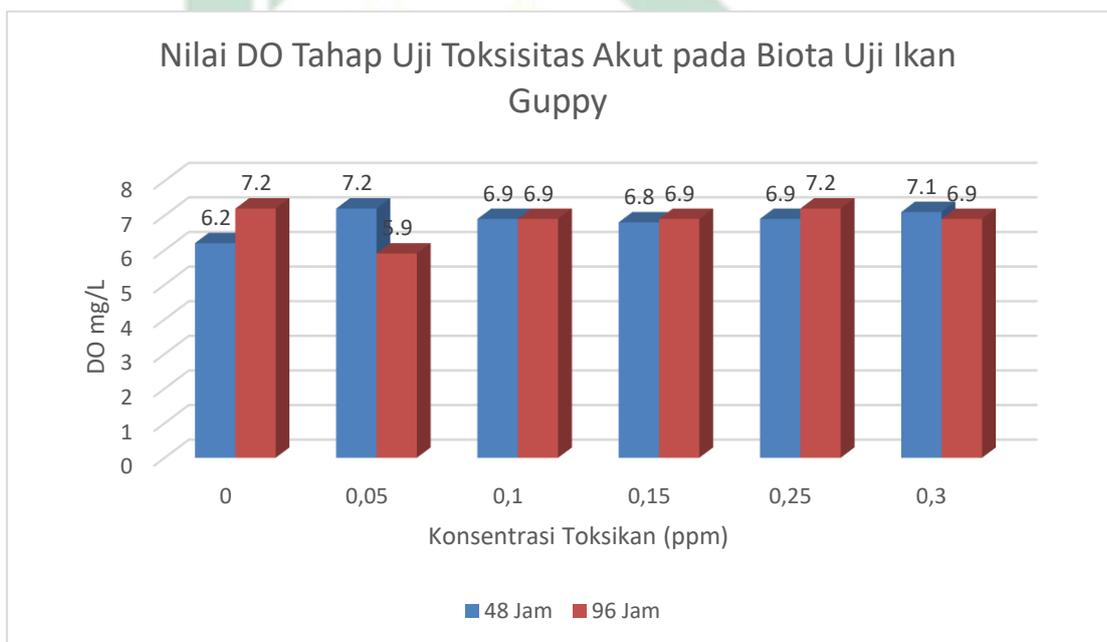
Tabel 4. 12 Nilai DO Tahap Uji Toksisitas Akut pada Biota Uji Ikan Guppy

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksikan (ppm)						Baku Mutu DO
		0	0,05	0,1	0,15	0,25	0,3	
1	4-Feb	5,9	6,9	6,9	6,2	6,8	6,9	> 3 mg/L
2	5-Feb	6,2	7,2	6,9	6,8	6,9	7,1	
3	6-Feb	6,9	6,9	6,2	6,9	6,9	6,2	
4	7-Feb	7,2	5,9	6,9	6,9	7,2	6,9	

Sumber: (Hasil Analisis,2023)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis DO air tahap uji toksisitas akut, nilai DO uji toksisitas akut pada hari ke-1 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai DO 5,9 dan 6,9, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai DO 6,9 dan 6,2, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 6,8 dan 6,9. Pada hari ke-2 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai DO 6,2 dan 7,2, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai DO 6,9 dan 6,8, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 6,9 dan 7,1. pada hari ke-3 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai DO sama yaitu 6,9, kemudian pada konsentrasi

0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai DO 6,2 dan 6,9, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 6,9 dan 6,2. pada hari ke-4 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai DO 7.2 dan 5,9, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai DO sama yaitu 6,9, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai DO 7,2 dan 6,9. Ikan guppy merupakan salah satu komponen penting dalam ekosistem hewan air, ikan dapat terkena serangan stress hypoxia dalam jaringan, dan mudah terserang penyakit hingga mengalami kematian. Batas optimum *Dissolved Oxygen* air ikan guppy yaitu tidak boleh kurang dari 3 mg/L (Ibrahim dkk, 2016). Gambar 4.9 dibawah ini merupakan grafik nilai DO *range finding test* pada hari ke-2 dan ke-4 terhadap lima konsentrasi yang digunakan.



Gambar 4. 9 Nilai DO Biota Uji Ikan Guppy Tahap Acute Toxicity Test pada Limbah Artifiisial Co dan LAS

Parameter konsentrasi oksigen terlarut (DO) memegang peranan penting dalam menentukan tingkat pengolahan air limbah. Nilai DO dalam air dipengaruhi oleh suhu air. Terdapat hubungan terbalik antara kelarutan oksigen dan suhu air (Nugroho, 2006). Dari gambar yang disajikan di atas, terlihat bahwa konsentrasi oksigen terlarut (DO) dalam limbah buatan Co dan LAS berada dalam kondisi yang optimal, dengan nilai terendah sebesar 5,2 mg/L

dan nilai tertinggi sebesar 7,2 mg/L untuk pertumbuhan ikan. Nilai DO tersebut masih berada dalam rentang yang baik bagi kehidupan ikan, yaitu antara 7,0 mg/L hingga 8,5 mg/L. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kematian ikan tidak dipengaruhi oleh parameter DO, karena selama pengujian, kebutuhan oksigen tercukupi melalui penggunaan aerator pada setiap reaktor uji. Hal ini memastikan peningkatan kebutuhan oksigen dalam air. Kehidupan organisme ikan sangat tergantung pada ketersediaan oksigen, karena berpengaruh pada proses pernapasan. Selain memantau pH dan konsentrasi oksigen terlarut, parameter suhu juga perlu dipantau pada interval waktu 48 jam dan 96 jam.

Proses laju metabolisme pada biota dipengaruhi oleh faktor suhu. Suhu berdampak pada kadar oksigen terlarut yang kemudian berinteraksi dengan keadaan lingkungan perairan dengan mempengaruhi faktor-faktor lain dalam parameter kualitas perairan. Dipercayai bahwa peningkatan suhu yang menyertai penurunan DO untuk proses ini disebabkan oleh peningkatan metabolisme dan respirasi organisme di dalam air, yang menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Proses penguraian bahan organik terjadi karena adanya peningkatan suhu yang berdampak pada peningkatan respirasi dan metabolisme (Dhiba et al., 2019).

Penampilan fisik hewan uji memiliki perbedaan, sehingga ketika terjadi perubahan suhu yang tidak memenuhi kriteria perairan maka aktivitas ikan akan terganggu, dan dampak buruknya akan menyebabkan kematian hewan uji. Kisaran suhu optimal untuk kehidupan di perairan tropis adalah antara 25°C dan 32°C. Ikan masih dapat bertahan hidup pada suhu antara 18°C dan 25 °C, namun nafsu makannya akan berkurang. Suhu dari 12°C hingga 18°C berbahaya bagi ikan, sedangkan suhu di bawah 12°C menyebabkan ikan tropis mati karena kedinginan (Zai, 2019).

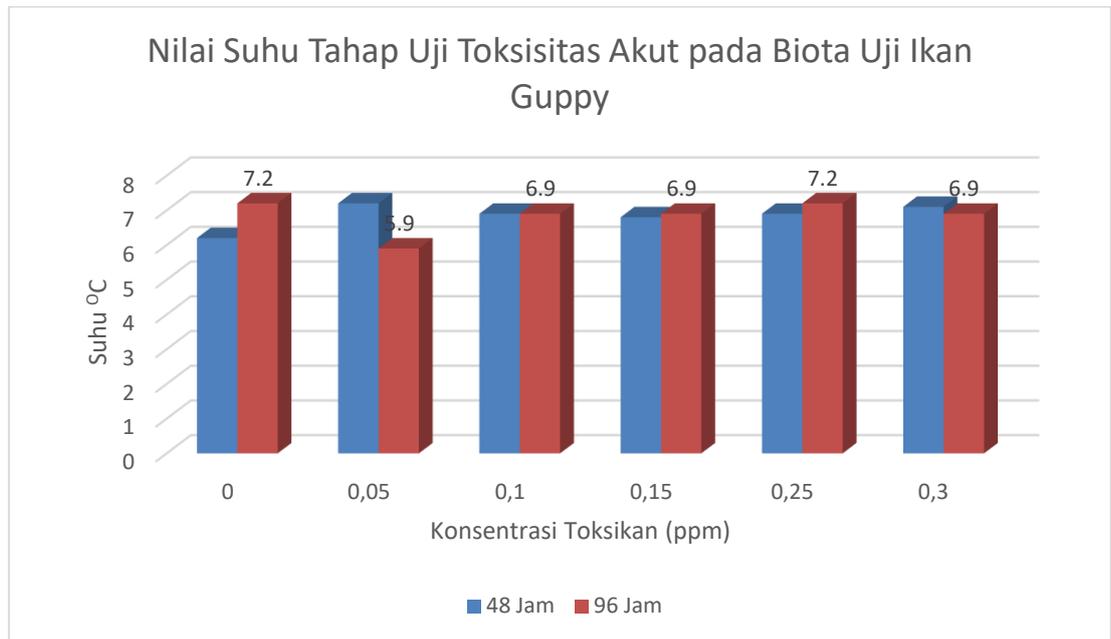
Hasil kajian nilai suhu yang lebih detail dapat dilihat pada (Lampiran). Sedangkan pada Tabel 4.13, nilai suhu rata-rata limbah Co dan LAS buatan pada tahap uji toksisitas akut ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Nilai Suhu Tahap Uji Toksisitas Akut pada Biota Uji Ikan Guppy

Hari	Tanggal	Konsentrasi Toksik (ppm)						Baku Mutu Suhu
		0	0,05	0,1	0,15	0,25	0,3	
1	4-Feb	19,5	18,6	19,5	19,3	18,9	18,6	25 °C – 32°C
2	5-Feb	19,5	18,6	19,3	18,9	18,6	18,6	
3	6-Feb	19,3	18,9	19,3	18,5	19,3	19,3	
4	7-Feb	18,6	18,6	18,6	19,3	18,9	18,9	

Sumber: (Hasil Analisis,2023)

Pada tabel diatas merupakan hasil analisis suhu air tahap uji toksisitas akut, nilai suhu uji toksisitas akut pada hari ke-1 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai suhu 19,5°C dan 18,6°C, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai suhu 19,5°C dan 19,3°C, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu 18,9°C dan 18,6°C. Pada hari ke-2 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai suhu 19,5°C dan 18,6°C, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai suhu 19,3°C dan 18,9°C, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu sama yaitu 18,6°C. pada hari ke-3 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai suhu 19,3°C dan 18,9°C, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai suhu 19,3°C dan 18,5°C, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu yang sama yaitu 18,9°C. pada hari ke-4 konsentrasi 0 mg/L dan 0,05 mg/L memiliki nilai pH 8,48 dan 8,5, kemudian pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L memiliki nilai suhu 18,6°C dan 19,3°C, lalu pada konsentrasi 0,25 mg/L dan 0,3 mg/L memiliki nilai suhu sama yaitu 18,9°C . Namun, ikan guppy sangat toleran terhadap suhu 18 °C – 25 °C. Suhu yang baik untuk kehidupan ikan adalah 25 °C – 32°C, pada suhu 18 °C – 25 °C biota uji masih dapat bertahan tetapi nafsu makannya menurun sehingga pertumbuhan ikan terhambat (Zai, 2019). Gambar 4.10 dibawah ini merupakan grafik nilai suhu uji toksisitas akut pada hari ke-2 dan ke-4 terhadap lima konsentrasi yang digunakan.



Gambar 4. 10 Nilai Rata-rata Suhu Biota Uji Ikan Guppy Tahap Acute Toxicity Test pada Limbah Artifisial Co dan LAS

Dari pengamatan di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata suhu pada tahap uji toksisitas akut mengalami variasi naik turun. Pada rentang konsentrasi 0 mg/L (kontrol) hingga 0,15 mg/L, terjadi penurunan suhu dari 24 jam hingga 96 jam. Pada konsentrasi 0 mg/L, suhu awal sebesar 19,5°C menurun menjadi 18,6°C. Konsentrasi 0,05 mg/L memiliki suhu yang sama sebesar 18,6°C. Pada konsentrasi 0,1 mg/L, suhu awal sebesar 19,3°C turun menjadi 18,6°C pada 96 jam. Konsentrasi 0,15 mg/L mengalami penurunan suhu awal sebesar 18,9°C, kemudian meningkat menjadi 19,3°C. Untuk konsentrasi 0,25 mg/L hingga 0,3 mg/L, suhu tetap relatif konstan dari 24 jam hingga 96 jam dengan suhu awal 18,6°C dan kemudian mengalami sedikit peningkatan menjadi 18,9°C pada 96 jam.

Dapat disimpulkan bahwa kematian ikan tidak dipengaruhi oleh suhu karena suhu yang diamati pada uji toksisitas akut berada dalam kisaran yang optimal untuk pertumbuhan ikan. Kisaran suhu optimal di perairan tropis adalah antara 28°C dan 32°C. Pada suhu ini, konsumsi oksigen mencapai 2,2 mg/l jam berat badan. Suhu juga memiliki hubungan dengan konsentrasi oksigen terlarut (DO) dalam air (Zai, 2019). Berikut adalah rata-rata akumulasi

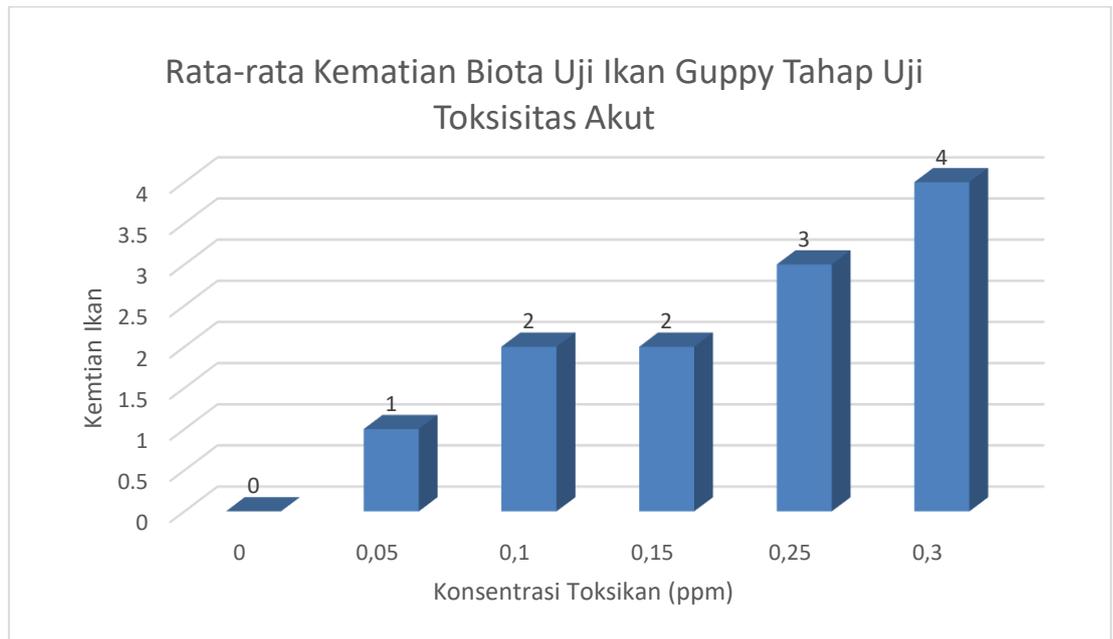
nilai kematian ikan guppy pada setiap hari selama 4 hari dalam uji toksisitas akut dengan paparan limbah buatan Co dan LAS, seperti yang terlihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Rata-rata Kematian Biota Uji Ikan Guppy Tahap Uji Toksisitas Akut

Konsentrasi (ppm)	Kematian
0	0
0,05	1
0,1	2
0,15	2
0,25	3
0,3	4

Sumber: (Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel di atas menunjukkan kematian biota uji pada tahap uji toksisitas akut pada konsentrasi toksikan Co dan LAS 0 mg/L tidak terjadi kematian biota uji, pada konsentrasi 0,05 mg/L memiliki kematian sebanyak 1 ekor ikan guppy, lalu pada konsentrasi 0,1 mg/L memiliki kematian ikan guppy sebanyak 2 ekor, kemudian pada konsentrasi 0,15 mg/L mengalami kematian ikan guppy sebanyak 2 ekor, pada konsentrasi toksikan 0,25 mg/L terdapat kematian ikan guppy sejumlah 3 ekor, dan yang memiliki kematian paling besar terdapat pada konsentrasi toksikan 0,3 mg/L yaitu sebanyak 4 ekor ikan. Dari hasil diatas menunjukkan konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu konsentrasi kematian yang dibawah 50% yaitu antara konsentrasi 0 mg/L sampai 0,3 mg/L. Gambar 4.7 dibawah ini menunjukkan grafik kematian biota uji pada tahap *range finding test*.



Gambar 4. 11 Grafik rata-rata Kematian Ikan Guppy pada Tahap Acute Toxicity Test Limbah Artifisial Co dan LAS

Berdasarkan pengamatan di atas, dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah Co dan LAS buatan pada ikan guppy memiliki dampak pada tingkat kematian biota uji. Pada konsentrasi 0 mg/L, tidak terjadi kematian total pada 10 ekor ikan guppy. Pada konsentrasi 0,05 mg/L, terjadi rata-rata kematian 1 ekor ikan. Pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L, terjadi rata-rata kematian 2 ekor ikan. Pada konsentrasi 0,25 mg/L, terjadi rata-rata kematian 3 ekor ikan, dan pada konsentrasi 0,3 mg/L, terjadi 4 ekor ikan guppy yang mati.

4.5 Perhitungan LC₅₀

Metode yang digunakan untuk memprediksi tingkat bahaya suatu zat terhadap biota uji adalah dengan menghitung Lethal Concentration (LC), yaitu konsentrasi bahan kimia tertentu yang menyebabkan kematian terus menerus pada biota uji. Dalam penelitian ini, LC₅₀ dihitung untuk mengevaluasi efek paparan zat beracun pada ikan. Peningkatan konsentrasi zat beracun umumnya menyebabkan peningkatan tingkat kematian pada biota uji. Dengan

menghitung nilai LC50, dapat diketahui sejauh mana dampak paparan zat beracun pada ikan. Hasil perhitungan LC50 dapat digunakan untuk mengklasifikasikan zat tersebut sebagai beracun atau tidak. Zat beracun dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap kehidupan organisme air (Wiconsin, 2004).

Metode uji toksisitas LC50-96 jam digunakan untuk menentukan konsentrasi yang diperlukan untuk membunuh 50% biota uji selama 96 jam (4 hari) paparan. Tujuan dari metode ini adalah untuk memahami pengaruh bahan kimia terhadap biota uji dan mengidentifikasi tingkat bahaya yang mungkin ditimbulkan jika bahan kimia tersebut dikonsumsi oleh manusia (Nuha dkk., 2016). Dalam penelitian ini, perhitungan statistik digunakan untuk melakukan analisis. Metode analisis probit digunakan untuk menghitung nilai LC50-96 jam, yang merupakan hasil komputasi yang membantu dalam menentukan tingkat konsentrasi yang berpotensi berbahaya bagi biota uji.

Berikut hasil perhitungan pada penelitian uji toksisitas limbah Co dan LAS buatan pada biota uji ikan guppy pada tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Perhitungan Nilai LC₅₀-96 jam dengan Metode Probit

ppm	log ppm	probit	mati (%)	mati	Total
0.05	2.70	3.72	10%	1	10
0.1	3.00	4.16	20%	2	10
0.15	3.18	4.16	20%	2	10
0.25	3.40	4.48	30%	3	10
0.3	3.48	4.75	40%	4	10

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan data di atas, diperoleh persamaan garis lurus yang menghubungkan variabel Y (nilai probit dari presentase kematian) dan variabel X (log konsentrasi). Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai $Y = ax + b$. Berikut adalah Tabel 4.16 yang menunjukkan nilai-nilai yang terkait dengan persamaan tersebut.

Tabel 4. 16 Parameter Estimates

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	5.267	0.16	32.46	0.00006	4.75	5.78
log ppm	1.192	0.18	6.57	0.01	0.61	1.77

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dalam tabel yang disajikan di atas, terdapat dua variabel yang disebut sebagai konsentrasi dan intercept. Estimasi nilai untuk variabel ini adalah 1,192 untuk nilai konsentrasi (a) dan 5,267 untuk nilai intercept (b). Selanjutnya, nilai Y (probit) diperoleh dari tabel transformasi persentase menjadi probit dengan nilai sebesar 5. Angka ini diperoleh dari persentase kematian 50% pada biota uji. Setelah mendapatkan persamaan garis lurus, langkah selanjutnya adalah mencari nilai LC₅₀ untuk limbah artifisial Co dan LAS. Informasi terkait ini dapat ditemukan dalam Tabel 4.17 berikut ini:

Tabel 4. 17 Nilai LC₅₀-96 jam pada Limbah Artifisial Co dan LAS

	<i>Coefficients</i>	satuan
Intercept	5.267	b
log ppm	1.192	a
Persamaan	$y=ax+b$	
	$5=1.192x+5.267$	
x =	-0.22391737	
LC ₅₀ = antilog(x)	0.60	ppm

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai LC₅₀ dari limbah artifisial Co dan LAS terhadap ikan guppy yaitu 0,6 mg/L.

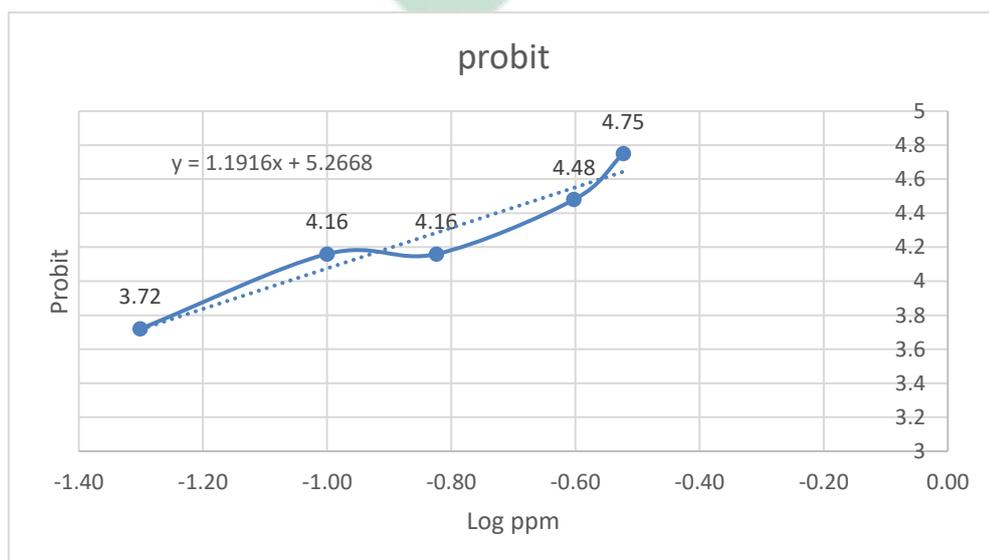
Tabel 4. 18 Tabel Kriteria Toksisitas LC₅₀

No	Kriteria	Nilai	Keterangan
1	I	LC ₅₀ ≤ 0,05 mg/L	Berbahaya
2	II	LC ₅₀ > 0,05 mg/L ≤ 0,5 mg/L	Peringatan
3	III	LC ₅₀ > 0,5 mg/L ≤ 2 mg/L	Awas

No	Kriteria	Nilai	Keterangan
4	IV	LC ₅₀ > 2 mg/L	Apabila terdapat hasil menunjukkan kategori IV dapat menggunakan pelabelan kategori III Relatif tidak membahayakan

Sumber: (US Environtmen Protection Agency, 2004)

Dari tabel yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa nilai LC50 (konsentrasi mematikan 50%) limbah buatan Co dan LAS terhadap ikan guppy adalah 0,6 mg/L. Berdasarkan klasifikasi USEPA tahun 2004, konsentrasi tersebut masuk ke dalam kategori toksisitas kelas III, yang menandakan bahwa limbah tersebut memiliki potensi bahaya yang signifikan bagi makhluk hidup. Nilai LC50 sebesar 0,5 mg/L diklasifikasikan sebagai "awas" karena efek yang merugikan. Berikut adalah tabel dan grafik yang menunjukkan nilai-nilai LC50 berdasarkan persamaan $Y = ax + b$.



Gambar 4.14 Grafik regresi limbah artifisial Co dan LAS terhadap ikan guppy (Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan grafik di atas, dapat diamati bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah yang diberikan pada ikan guppy, tingkat kematian juga meningkat. Namun, pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 0,15 mg/L, terlihat bahwa terdapat jumlah kematian ikan yang sama, yaitu 2 ekor rata-rata.

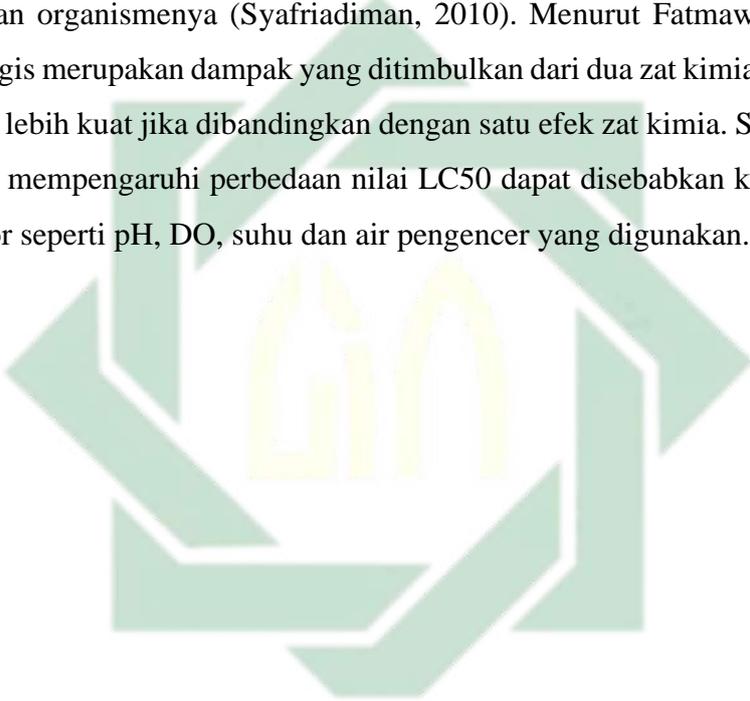
Uji toksisitas pada campuran limbah buatan Co dan LAS menghasilkan nilai LC50 sebesar 0,6 mg/L, yang tergolong dalam kategori III karena melebihi nilai batas 0,5 mg/L. Perbedaan nilai LC50 dengan penelitian sebelumnya dapat disebabkan oleh adanya percampuran limbah buatan Co dan LAS, sedangkan penelitian sebelumnya tidak melibatkan percampuran limbah tersebut. Efek yang terjadi akibat percampuran dua zat kimia tersebut adalah efek sinergis. Menurut Fatmawati (2014), efek sinergis terjadi ketika dua zat kimia memiliki efek yang lebih kuat dibandingkan dengan efek masing-masing zat secara terpisah. Selain itu, terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi perbedaan nilai LC50, antara lain pH, oksigen terlarut (DO), suhu, dan jenis air pengencer yang digunakan dalam pengujian.

Berdasarkan analisis data dan pembahasan penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Berdasarkan perhitungan menggunakan regresi probit, ditemukan bahwa nilai LC50 limbah artifisial Co dan LAS terhadap ikan guppy adalah 0,6 mg/L. Nilai LC50 dari percampuran Co dan LAS tersebut diklasifikasikan sebagai toksik dan masuk ke dalam kategori III, karena nilai LC50 melebihi batas 0,5 mg/L. Oleh karena itu, perlu diwaspadai efek toksisitasnya.

Penelitian terdahulu oleh Silmi (2018) mengenai pengujian toksisitas akut logam berat Kobalt (CO) terhadap biota uji *Daphnia magna* memiliki nilai LC dengan nilai $r = 0,983$ menunjukkan bahwa konsentrasi logam sangat kuat mempengaruhi nilai LC. Penelitian terdahulu oleh Fikri (2018) hasil penelitian menunjukkan bahwa LAS memberikan efek toksik terhadap kelangsungan hidup benih Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp*) dan memberikan pengaruh berupa kerusakan pada histology insang. Kadar surfaktan LAS yang mampu ditoleransi oleh benih ikan uji yaitu tidak lebih dari 10% dari nilai LC50 yaitu 3,303 mg/l. Kerusakan insang paling parah berada di konsentrasi tertinggi yaitu

99,98 mg/l yang telah mencapai nekrosis. Kerusakan jaringan insang meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi surfaktan LAS.

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). Menurut Fatmawati, 2014 efek sinergis merupakan dampak yang ditimbulkan dari dua zat kimia memiliki efek yang lebih kuat jika dibandingkan dengan satu efek zat kimia. Selain itu, faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai LC50 dapat disebabkan karena berbagai faktor seperti pH, DO, suhu dan air pengencer yang digunakan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan dalam penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan dengan regresi probit didapatkan Nilai LC₅₀ limbah artifisial Co dan LAS terhadap ikan guppy adalah 0,6 mg/L.
2. Tingkat toksisitas percampuran Co dan LAS dapat diklasifikasikan sebagai kategori III dengan nilai LC₅₀ yang melebihi 0,5 mg/L, yang memerlukan kewaspadaan.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya dan temuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jika menggunakan percampuran limbah artifisial yang sama, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan tentang kandungan toksin yang terdapat dalam tubuh ikan dengan menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana dampak paparan limbah terhadap ikan dan potensi pengaruhnya jika ikan tersebut dikonsumsi oleh manusia.
2. Diperlukan studi yang berkaitan dengan sungai, terutama di daerah yang mengalami pencemaran akibat Co dan LAS, untuk mengendalikan dan mengontrol situasi tersebut. Tindakan ini perlu dilakukan dengan hati-hati karena kemungkinan dampak negatifnya terhadap kehidupan organisme perairan yang ada.
3. Dibutuhkan penelitian dengan menggunakan zat toksik yang serupa, namun menggunakan organisme uji yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiani, K. (2017). Uji Toksisitas Akut Semut Jepang (*Tenebrio sp.*) Terhadap Mencit Putih Betina. 98. Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi Surakarta. Skripsi
- Andria, A. F., & Rahmaningsih, S. (2018). Kajian Teknis Faktor Abiotik pada Embung Bekas Galian Tanah Liat PT. Semen Indonesia Tbk. untuk Pemanfaatan Budidaya Ikan dengan Teknologi KJA. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 10(2), 95–105.
- APHA. (2005). *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. 21 th ed. Washington DC: American Public Health.
- Apriyani, N., Setyaningrum, E. and Susanto, G.N. (2019) ‘Pengaruh *Bacillus thuringiensis israelensis* Sebagai Larvasida Vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) Terhadap Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)’, *BioWallacea: Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research)*, 6(1). doi:10.33772/biowallacea.v6i1.8747.
- BPOM. (2014). *Pedoman Uji Toksisitas Non Klinik Secara In Vivo*.
- Djohan, D. (2016) ‘Akumulasi dan Toksisitas Effluen yang Mengandung Kromium pada Ikan Gupi (*Poecilia reticulata*)’, *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, pp. 8–19. doi:10.24002/biota.v14i1.653.
- Edwin, T., Ihsan, T. and Pratiwi, W. (2017) ‘Uji Toksisitas Akut Logam Timbal (Pb), Krom (Cr) dan Kobalt (Co) terhadap *Daphnia Magna*’, *Jurnal Dampak*, 14(1), p. 33. doi:10.25077/dampak.14.1.33-40.2017.
- Faradisha, N., Elystia, S. and Yenie, E. (2015) ‘Uji Toksisitas Akut Effluent Pengolahan Lindi TPA Muara Fajar Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio L*) Dengan Metode Renewal Test’, 2(2), p. 4.
- Farisah, E. (2019) Efektivitas Ekstrak Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dalam Meningkatkan Viabilitaas PBMC yang Dipapar Kobalt (Co). Skripsi.
- Husni, H. (2016). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu. Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas.
- Ihsan, T., Edwin, T. and 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), p. 98. doi:10.25077/dampak.14.2.98-103.2017.
- Rachmah, Yunita Nur. (2020). Uji Toksisitas Akut Linear Alkylbenzene Sulfonate (Las) Dan Timbal (Pb) Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*). Skripsi
- Mahsyar, N. (2017). Analisis Kualitas Air Dan Metode Pengendalian Pencemaran Air Sungai Bangkala Kabupaten Jenepotnto. Universitas Muhammadiyah Makassar. Skripsi
- Mohsenpour, R. et al. (2020a) 'In vitro effects of silver nanoparticles on gills morphology of female Guppy (*Poecilia reticulata*) after a short-term exposure', *Microscopy Research and Technique*, 83(12), pp. 1552–1557. doi:10.1002/jemt.23549.
- Mohsenpour, R. et al. (2020b) 'In vitro effects of silver nanoparticles on gills morphology of female Guppy (*Poecilia reticulata*) after a short-term exposure', *Microscopy Research and Technique*, 83(12), pp. 1552–1557. doi:10.1002/jemt.23549.
- Ngafifuddin, M., Sunarno, S. and Susilo, S. (2017) 'Penerapan Rancang Bangun pH Meter Berbasis Arduino Pada Mesin Pencuci Film Radiografi Sinar-x', *Jurnal Sains Dasar*, 6(1), p. 66. doi:10.21831/jsd.v6i1.14081.
- Panjaitan, Y.K., Suchyo, S. and Rondonuwu, F.S. (2016) 'Guppy fish (*Poecilia reticulata*) population structure in Gajah Putih River, Surakarta, Central Java', *Bonorowo Wetlands*, 6(2), pp. 103–109. doi:10.13057/bonorowo/w060204.
- Pratiwi, Y.P. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1): 59-65
- Purbalisa, W. and Dewi, T. (2019) 'Remediasi Tanah Tercemar Kobalt (Co) Menggunakan Bioremediator Dan Amelioran', *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 6(2), pp. 1237–1242. doi:10.21776/ub.jtsl.2019.006.2.4.
- Radhi, M. and zulfikri (2019) Toksisitas Limbah Pakan (Amoniak) Terhadap Kesehatan Ikan. preprint. Open Science Framework. doi:10.31219/osf.io/f2uy9.
- Reznick, D.N. and Travis, J. (2019) 'Experimental Studies of Evolution and Eco-Evo Dynamics in Guppies (*Poecilia reticulata*)', *Annual Review of Ecology*,

- Evolution, and Systematics, 50(1), pp. 335–354. doi:10.1146/annurev-ecolsys-110218-024926.
- Rosita, E. Winny R.M dan Andi Z. (2013). Efektivitas Fitoremediasi Kangkung air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) Terhadap Penyerapan Oerthopospat Pada Deterjen Ditinjau Dari Detensi Waktu Dan Konsentrasi Orthopospat Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Jurnal
- Salako, A.F, dkk. (2020). Comparative acute toxicity of three pyrethroids (Deltamethrin, cypermethrin and lambda-cyhalothrin) on guppy fish (*Poecilia reticulata* peters, 1859). Scientific African 9 (2020)
- Sari, A. H. W., & Ulinuha, D. (2016). Uji Toksisitas Akut Detergen yang Mengandung Bahan Aktif LAS (Linear Alkil benzena Sulfonat) Terhadap Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). 6.
- Silmi, A. (2018) ‘Pengujian Toksisitas Akut Logam Timbal (Pb), Krom (Cr)’, 2, p. 8.
- Singh, A. and Zahra, D.K. (2017). LC₅₀ Assessment Of Cypermethrin in Heteropneustes Fossilis: Probit analysis. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies
- Sri Retno. (2009). Teknologi Pengolahan Air Yang Mengandung Linear Alkil Benzen Sulfonat (LAS) Dan Amonia Dengan Proses Oksidasi Lanjut Dan Filtrasi Membran. Skripsi Universitas Indonesia.
- Supu, I., Usman, B. and Basri, S. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda. Jurnal Dinamika. Vol. 07. No. 1
- USEPA. (2002). Method for Measuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms. Washington, DC. Camp Dresser & McKee, Inc.
- USEPA. (2004). Chemical Hazard Classification and Labeling: Comparison of OPP Requirement and The GHS. Washington, DC. Camp Dresser & McKee, Inc.
- Wiguna, I Made Candra. dkk. (2020). Penurunan Kekeruhan, Kadar Las Dan Fosfat Limbah Cucian Rumah Tangga Dengan Metode Kombinasi Pengolahan Koagulasi Dan Proses Oksidasi Lanjut Sistem UV/H₂O₂. IJACR, Vol 2 No 2
- Wisconsin. (2004). Aquatic Life Toxicity Testing Methods Manual 2 nd (Edition: Departemen of Natural Resources Washington, DC.)

- Wulandari. (2018). Teknologi Pengolahan Air Yang Mengandung Linear Alkil Benzen Sulfonat (Las) Dan Amonia Dengan Proses Oksidasi Lanjut Dan Filtrasi Membran. Skripsi Universitas Indonesia.
- Yudo, Satmoko. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai Dki Jakarta. JAI Vol. 2 , No.1
- Ziyad Sami, B.F. et al. (2022) ‘Machine learning algorithm as a sustainable tool for dissolved oxygen prediction: a case study of Feitsui Reservoir, Taiwan’, Scientific Reports, 12(1), p. 3649. doi:10.1038/s41598-022-06969-z.

