

TA/TL/2024/1798

TUGAS AKHIR

UJI TOKSISITAS AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT TERHADAP ZEBRAFISH (DANIO RERIO) DENGAN MENGUNAKAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



GIGIN ADE SAFITRI
(20513193)

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023/2022**

TUGAS AKHIR

UJI TOKSISITAS AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT TERHADAP ZEBRAFISH (DANIO RERIO) DENGAN MENGGUNAKAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Drajat Strata (S1) Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh:

GIGIN ADE SAFITRI

20513193

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing:



Any Juliani, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal:

**Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan**



Any Juliani, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal:

TUGAS AKHIR

UJI TOKSISITAS AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT TERHADAP ZEBRAFISH (DANIO RERIO) DENGAN MENGUNAKAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 24 Juni 2024

Disusun Oleh:

GIGIN ADE SAFITRI

20513193

Tim Penguji:



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



Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng



Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 29 Mei 2024

Yang membuat pernyataan

The image shows a handwritten signature in black ink on the left. To its right is a square electronic stamp with a pink and white QR code border. Inside the stamp, there is a Garuda emblem at the top, the word 'METERAI' in the middle, and the number '10000' at the bottom, indicating a 10,000 Rupiah electronic stamp.

Gigin Ade Safitri

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warabmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya Tugas Akhir yang dilaksanakan dengan judul “Uji Toksisitas Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Terhadap Zebrafish (*Danio rerio*) Dengan Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET)” dapat terselesaikan. Dalam penyusunan Tugas Akhir, penulis telah mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Ibu Ayati dan Bapak Musrahim (alm) yang selalu mendoakan dan memberikan kepercayaan kepada penulis, meskipun bapak hanya bisa menemani sampai pertengahan jalan, tetapi semua yang telah penulis lakukan sampai saat ini dipersembahkan untuk kedua orang tua tercinta. Terimakasih atas doa, cinta, dan segala bentuk yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kakak-kakak yang penulis sayangi, Ce Yani, A Opan, Ce Oom, Ce Asih, Ce Fini, A Dede, Teh Iis, A Ajat, A Budi, A Aziz, yang selalu memberikan dukungan dan motivasi, sehingga adik bungsu kalian bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Any Juliani S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah sabar dan selalu memberikan masukan, arahan, serta dukungan selama penyusunan Tugas Akhir, dan Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng. dan Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan serta arahan selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Ibu Any Juliani S.T., M.Sc. (Res.Eng.) selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan Bapak Adam Rus Nugroho., S.T., M.T, selaku koordinator Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah

memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan bagi penulis.

6. Laboran di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dan memberikan arahan kepada penulis selama bekerja di Laboratorium.
7. Kepada Deya, selaku keponakan yang bisa menjadi sahabat penulis, terimakasih selalu bisa mendengarkan keluh kesah, selalu bisa diajak kemanapun, dan selalu memastikan penulis dalam keadaan baik. Semoga Deya dan penulis bisa menjadi kebanggaan keluarga untuk kedepannya, serta kepada keponakan penulis yang menggemaskan Delis, Tama, Iki, Radev, Refan, Daniyal, terimakasih selalu menghibur penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
8. Kepada penulis sendiri yang telah berjuang dan bertahan sampai hari ini, serta menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
9. Rekan penulis, Dini dan Hasna yang telah memberikan motivasi, dukungan, bantuan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih sudah berjuang sejauh ini dan selalu bersama sama
10. Kepada Ivan yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan selalu memastikan penulis dalam keadaan baik.
11. Keluarga Besar Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
12. Seluruh pihak yang telah memberikan do'a, dukungan, dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat ditindaklanjuti dengan pengimplementasian saran.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, Mei 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'G' followed by several vertical strokes and a horizontal line at the bottom.

Gigin Ade Safitri

ABSTRAK

Industri penyamakan kulit salah satu industri dengan penggunaan air dan bahan kimia dalam jumlah banyak. Pada proses penyamakan kulit terdapat tiga tahapan utama yaitu *pra-penyamakan (beamhouse)*, penyamakan (*tanning*), dan yang terakhir pasca penyamakan (*posttanning*). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai toksisitas akut pada limbah industri penyamakan kulit baik *effluent* maupun *influen* menggunakan metode WET. *Metode Whole Effluent Toxicity (WET)* merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis kadar toksisitas yang pada air limbah, baik sesudah maupun sebelum dilakukan pengolahan pada IPAL di industri tersebut. Zebrafish dijadikan hewan uji pada penelitian ini dikarenakan *zebrafish* memiliki gen yang mirip dengan mamalia atau manusia. Nilai toksisitas IPAL air limbah industri penyamakan kulit di PT. X pada Kawasan industri Sitimulyo, Piyungan, Bantul untuk contoh uji effluent dikategorikan ke dalam *non toxic* dengan nilai LC_{50} 71,0566 dan nilai Tua sebesar 1,4073. Untuk contoh uji influent dikategorikan ke dalam *toxic* dengan nilai LC_{50} 4.0241 dan nilai Tua sebesar 24,8496. Hasil parameter kimia contoh uji effluent yang telah diuji seperti BOD, COD, ammonia, sulfida, dan krom masih melebihi baku mutu. Parameter lainnya seperti TDS, TSS, minyak lemak, dan nitrogen total telah memenuhi baku mutu.

Kata Kunci : Air Limbah, Penyamakan Kulit, Toksisitas, *Whole Effluent Toxicity, Zebrafish*.

ABSTRACT

The leather tanning industry is one of the industries that uses large amounts of water and chemicals. In the leather tanning process there are three main stages, namely *for-tanning (beamhouse)*, *tanning (tanning)*, and finally *post-tanning (post tanning)*. This study aimed to determine the acute toxicity value of waste from the leather tanning industry *effluent* nor *influence* using the WET method. *Metode Whole Effluent Toxicity (WET)* is a method used to analyze the toxicity levels in wastewater, both after and before processing at the WWTP in the industry. Zebrafish were used as test animals in this study because *zebrafish* have genes similar to mammals or humans. Toxicity value of waste water from the leather tanning industry at PT. X in the Sitimulyo, Piyungan, Bantul industrial area for effluent test examples is categorized into *nontoxic* with LC value₅₀ 71.0566 and the TUa value is 1.4073. Examples of influent tests are categorized into: *toxic* with LC value₅₀ 4.0241 and the TUa value is 24.8496. The results of the chemical parameters of the effluent test samples that have been tested, such as BOD, COD, ammonia, sulfide and chromium, still exceed the quality standards. Other parameters such as TDS, TSS, fatty oil and total nitrogen have met quality standards.

Keywords : Waste Water, Tannery, Toxicity, *Whole Effluent Toxicity, Zebrafish.*

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	1
TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah Industri Penyamakan Kulit	5
2.2 Toksisitas	11
2.4 Uji Parameter	16
2.5 Penelitian Terdahulu	20
BAB III.....	25
METODE PENELITIAN.....	25

3.1	Diagram Alir Metode Penelitian	25
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.3	Alat dan Bahan	27
3.5	Sampling Air Limbah.....	28
3.6	Hewan Uji	29
3.7	Uji Parameter	29
3.8	Aklimatisasi Hewan Uji	31
3.9	Uji Pendahuluan	32
3.10	Uji Toksisitas	33
3.11	Analisis Data	34
BAB IV		36
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA		36
4.1	Karakteristik Air Limbah Penyamakan Kulit	36
4.2	Toksisitas Akut	38
4.2.1	Uji Pendahuluan	39
4.2.2	Uji Toksisitas	42
4.2.3	Konsentrasi Kematian (LC ₅₀).....	44
4.2.4	Toxic Unit acute (Tua)	45
4.3	Pengaruh Kualitas Air Limbah Penyamakan Kulit terhadap Kematian Hewan Uji	47
BAB V		51
KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran.....	51
Lampiran I.....		52

Aklimatisasi Hewan Uji.....	52
LAMPIRAN II	53
UJI TOKSISITAS.....	53
Lampiran III	59
Analisis Data Kematian <i>Zebrafish</i>	59
Lampiran IV.....	63
Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit	63
Lampiran V	75
Dokumentasi.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Permen LH RI Nomor 5 Tahun Tahun 2014	9
Tabel 2 2 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.....	10
Tabel 2 3 Baku Mutu Air Limbah PERDA DIY Nomor 7 Tahun 2016.....	10
Tabel 2 4 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 2 5 Data Uji Pendahuluan Effluent	53
Tabel 2 6 Data Uji Pendahuluan Influent.....	54
Tabel 2 7 Data Kematian Populasi Uji Toksisitas Effluent	54
Tabel 2 8 Data Kematian Populasi Uji Toksisitas Influent.....	55
Tabel 2 9 Data Uji Toksisitas Effluent.....	55
Tabel 2 10 Data Uji Toksisitas Influent	57
Tabel 3 1 Parameter Uji Air Limbah di Lokasi Pengambilan Contoh Uji.....	28
Tabel 3 2 Parameter Uji Air Limbah Penyamakan Kulit.....	30
Tabel 3 3 Contoh Data Kematian Hasil Metode Analisis Uji Toksisitas.....	34
Tabel 3 4 Konsentrasi dan Nilai Probit Air Limbah Effluent IPAL Penyamakan Kulit	59
Tabel 3 5 Persamaan Linear Effluent Air Limbah Penyamakan Kulit Metode Probit	59
Tabel 3 6 Konsentrasi dan Nilai Probit Air Limbah Influent IPAL Penyamakan Kulit	61
Tabel 3 7 Persamaan Linear Influent Air Limbah Penyamakan Kulit Metode Probit	61
Tabel 4 1 Hasil Uji Parameter Karakteristik Air Limbah Penyamakan Kulit.....	36
Tabel 4 2 Hasil Pengujian Parameter Limbah Penyamakan Kulit.....	37
Tabel 4 3 Parameter Fisika Selama Uji Pendahuluan	41
Tabel 4 5 Hasil Nilai LC50	44
Tabel 4 6 Hasil Nilai TUa	45

Tabel 4 7 Kategori Toksisitas	46
Tabel 4 8 Data Pengujian BOD.....	63
Tabel 4 9 Standar KHP COD	65
Tabel 4 10 Data Pengujian COD.....	66
Tabel 4 11 Data Parameter TSS	67
Tabel 4 12 Data Parameter TDS	67
Tabel 4 13 Konsentrasi Larutan Baku Nitrit	68
Tabel 4 14 Data Parameter Nitrit	68
Tabel 4 15 Konsentrasi Larutan Nitrat.....	69
Tabel 4 16 Data Parameter Nitrat.....	70
Tabel 4 17 Data Parameter Minyak Lemak	70
Tabel 4 18 Larutan Standar Ammonia Total.....	71
Tabel 4 19 Data Parameter Ammonia Total	71
Tabel 4 20 Data Parameter Sulfida	72
Tabel 4 21 Larutan Standar Krom Total	73
Tabel 4 22 Data Parameter Krom Total	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3 2 Proses Aklimatisasi Hewan Uji.....	31
Gambar 3 3 Diagram Alir Uji Pendahuluan dan Uji Toksisitas.....	32
Gambar 3 4 Diagram Alir Metode Analisis Uji Toksisitas.....	35
Gambar 4 1 Hasil Pengukuran Parameter Fisika Pada Saat Aklimatisasi	38
Gambar 4 2 Uji Toksisitas Influent.....	42
Gambar 4 3 Uji Toksisitas Effluent	42
Gambar 4 4 Zebrafish sebelum terpapar limbah (a); Zebrafish setelah terpapar limbah (b).....	48
Gambar 4 5 Kurva Absorbansi COD	66
Gambar 4 6 Kurva Absorbansi Nitrit	68
Gambar 4 7 Kurva Absorbansi Nitrat	69
Gambar 4 8 Kurva Absorbansi Ammonia Total	71
Gambar 4 9 Kurva Absorbansi Krom Total.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri penyamakan kulit yaitu sebuah industri utama dari berbagai industri kulit secara luas. Produk industri penyamakan kulit yaitu jaket, dompet, sepatu, serta garmen lainnya. Pasar industri kulit luar negeri memiliki ketertarikan terhadap industri kulit di Indonesia, seperti produk sarung tangan. Sarung tangan khusus golf produk Indonesia diminati konsumen internasional khususnya di Amerika, Jepang dan Eropa dengan persentase 36,3% (Pratiwi, 2019).

Proses utama dari industri penyamakan kulit yaitu *pra*-penyamakan (*beamhouse*), penyamakan (*tanning*), dan yang terakhir pasca penyamakan (*posttanning*) (Kuncoro, 2022). Air limbah produksi penyamakan kulit termasuk ke dalam limbah berbahaya dan beracun karena air limbah tersebut mengandung zat kimia yang bersifat toksik dan karsinogenik contohnya sulfida, krom heksavalen, amonia, garam krom (III) dan senyawa sulfur (Permana, 2018). Effluent limbah industri penyamakan kulit pada umumnya akan diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai, laut ataupun badan air lainnya, sehingga hasil buangan limbah tersebut akan berdampak terhadap komponen abiotik serta biotik di dalamnya. Larutan kromium sulfat yang diserap dalam proses produksi penyamakan kulit yaitu berkisar 60% - 70%, sehingga apabila masuk ke dalam badan air tanpa diolah terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran berat yang mengakibatkan kerusakan ekosistem di dalamnya dan jika tidak sengaja masuk ke dalam jaringan tubuh manusia, maka akan menimbulkan bahaya bagi kesehatan (Insyiraah, 2014).

Hasil pengolahan limbah cair pada industri penyamakan kulit masih memungkinkan memiliki kadar toksisitas yang tinggi, maka perlu pengujian toksisitas terhadap hewan uji atau melibatkan organisme uji yang digunakan untuk mengetahui kadar toksisitas atau memantau kualitas air limbah tersebut.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah yang akan dibuang ke badan air harus memenuhi standar baku mutu tersebut.

Salah satu uji toksisitas yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET). *Whole Effluent Toxicity* (WET) merupakan pengujian untuk mengetahui dampak zat pencemar terhadap biota dalam badan air. WET dinilai efektif dalam mengetahui tingkat bahaya dari pencampuran kombinasi senyawa kimia yang ada dalam air limbah terhadap hewan uji (Epa et al., 2000). Kemampuan WET dalam pengujian hanya memiliki tingkat kesalahan sebesar 0,05% (Epa et al., 2000) dan kelebihan dapat mengukur efek biologis dari zat kimia yang berada dalam air limbah.

Uji toksisitas pada industri penyamakan kulit dilakukan bertujuan untuk membantu dalam mengidentifikasi serta mengukur tingkat bahaya yang berasal dari limbah yang dihasilkan, hal tersebut dilakukan dikarenakan pada proses penyamakan kulit menggunakan berbagai macam bahan kimia contohnya kromium dan sulfida (Ziki, 2018). Setelah dilakukan pengukuran tingkat toksisitas, akan diketahui pula dampak yang akan ditimbulkan pada tanaman, hewan, bahkan manusia. Selain itu, uji toksisitas juga akan mempermudah perusahaan untuk mematuhi peraturan yang ada pada daerah maupun peraturan nasional, sehingga perusahaan akan mengelola limbah secara bertanggung jawab dengan tetap mempertahankan reputasi perusahaan.

Hewan uji yang dapat digunakan sebagai bioindikator pada metode WET yaitu *Zebrafish* (*Danio rerio*). Selain itu, *zebrafish* digunakan sebagai organisme model pengembangan pada bidang kesehatan dan toksikologi lingkungan pada beberapa tahun terakhir (Yuniarto et al., 2017). *Zebrafish* merupakan organisme yang hidup di air tawar dan memiliki kepekaan terhadap perubahan lingkungan. *Zebrafish* juga mempunyai struktur anatomi yang mirip dengan mamalia, seperti jantung, limpa, otak, usus, hati, testis, ovarium, pankreas dan kandungan empedu (Hardianti et al., 2021).

Menurut (Ahmad Affandi & Yusoff Ishak, 2019) dalam pengujian WET Limbah Penambangan Timah menyatakan bahwa uji WET merupakan suatu

pengujian yang bertujuan untuk mengevaluasi dampak toksisitas dari limbah timah terhadap organisme akuatik dan juga Kesehatan manusia. Pengujian tersebut menggunakan zebrafish dikarenakan zebrafish merupakan ikan yang mudah berkembangbiak dan mempunyai waktu generasi yang singkat, serta zebrafish banyak digunakan dalam studi ekotoksikologi. Menurut (Li et al., 2023) menyatakan bahwa zebrafish telah ditetapkan sebagai model atau indikator toksisitas akut karena kemudahan budidaya serta genetic yang mirip dengan manusia, sehingga dapat mempermudah untuk mengetahui dampak toksikologi yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa hubungan antara parameter fisika dan kimia terhadap nilai uji toksisitas pada air limbah industri penyamakan kulit dengan menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET)?
2. Bagaimana cara menentukan nilai LC_{50} pada air limbah industri menggunakan hewan uji *Danio rerio*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis parameter fisik dan kimia terhadap nilai uji toksisitas pada air limbah industri penyamakan kulit dengan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET).
2. Untuk menentukan nilai LC_{50} pada air limbah industri penyamakan kulit menggunakan hewan uji *Danio rerio*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dapat memberikan sumbangan terhadap ilmu teknik lingkungan terhadap permasalahan air limbah, khususnya parameter toksikologi.

b. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan menjadi rekomendasi optimalisasi dan evaluasi

kinerja IPAL Industri Penyamakan Kulit pada PT.X

1.6 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan sebagai berikut:

- a. Pengujian toksisitas akut dilakukan pada contoh uji limbah industri penyamakan kulit PT.X baik influen maupun efluen.
- b. Pengujian toksisitas akut dilakukan menggunakan metode uji *Whole Effluent Toxicity* (WET) dengan parameter yang akan diuji yaitu nilai LC_{50} .
- c. Air yang digunakan untuk pengenceran sampel uji pada pengujian toksisitas merupakan air aquades.
- d. Organisme yang digunakan yaitu *Zebrafish (Danio rerio)* yang berukuran 1 – 2 cm.
- e. Pada proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji toksisitas dilakukan pengukuran pH, suhu, DO, dan kematian ikan setiap harinya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Industri Penyamakan Kulit

Kulit salah satu jenis hasil ternak yang saat ini dimanfaatkan sebagai suatu produk perdagangan dengan harga yang cukup tinggi dengan kualitas yang baik. Produk kulit dibedakan menjadi 2 golongan yaitu kulit samak dan kulit mentah. Menurut (Insyiraah, 2014), kulit mentah yaitu suatu bahan baku yang berasal dari tubuh hewan yang baru ditanggalkan sampai kulit hewan tersebut melalui proses-proses pengawetan atau siap samak. Kulit terbuat dari reaksi serat kolagen dalam kulit hewan, serta tannin, krom, tawas atau zat penyamak lainnya. Untuk mengubah kulit hewan menjadi sebuah produk, kulit tersebut harus melewati beberapa proses yaitu proses rumah-balok yang dimana kulit hewan akan dibersihkan dan kemudian dipersiapkan untuk operasi penyamakan (Insyiraah, 2014).

Penyamakan kulit merupakan sebuah proses untuk mengubah kulit mentah yang mudah rusak karena faktor fisik, kimia, maupun biologi menjadi kulit yang lebih stabil terhadap faktor tersebut atau kulit tersamak atau leather. Prinsip mekanisme penyamakan kulit menurut (Insyiraah, 2014) yaitu dengan memasukkan bahan penyamak ke dalam jaringan serat kulit yang akan menjadi ikatan kimia antara bahan penyamak dengan serat kulit. Zat penyamak dapat berupa penyamak sintesis, minyak, nabati, dan mineral.

Berdasarkan (Kuncoro, 2022) proses penyamakan kulit yaitu terdiri dari:

a. Pra-Penyamakan (*Beamhouse*)

Pada proses ini, kulit mentah segar dipersiapkan untuk diubah menjadi kulit yang siap untuk disamak. Tahapan yang ada pada proses ini yaitu:

1) Perendaman (*Soaking*)

Soaking bertujuan untuk menghilangkan segala kotoran pada kulit hewan seperti kotoran, darah, larutan garam, dan protein terlarut.

2) Pengapuran (*Liming*)

Liming bertujuan untuk menghilangkan bagian kulit hewan yang tidak dibutuhkan untuk proses penyamakan seperti kulit.

3) Penghilangan Kapur (*Deliming*)

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kapur dan mengembalikan ukuran kulit akibat pembengkakan karena menggunakan bahan kimia asam lemah (*lactic acid*).

4) Pengikisan Protein (*Bating*)

Bating berhubungan dengan proses deliming

5) Pengikisan Minyak dan Lemak

6) Pengasaman (*Pickling*)

Pickling bertujuan untuk mengawetkan kulit mentah sebelum dipersiapkan untuk proses penyamakan.

b. Penyamakan (*Tanning*)

Pada proses *tanning*, proses utama penyamakan kulit berlangsung. Bahan penyamak yang digunakan yaitu krom sulfat karena krom sulfat dapat memberikan sifat stabil terhadap protein (*collagen*) dari kulit, sehingga kulit akan mengalami perubahan sifat fisik, kimia, biologis, dan mekanik. Kulit yang telah melewati proses penyamakan akan lebih kebal terhadap bakteri dan suhu tinggi.

c. Pasca Penyamakan (*Posttanning*)

Tahapan terakhir dari penyamakan kulit yaitu *posttanning* yang bertujuan untuk menyempurnakan kulit samak yang telah terbentuk. Tahapan atau proses yang ada dalam *posttanning* yaitu:

1) *Pressing*

Bertujuan sebagai penghilang kelembaban kulit.

2) Penyamakan Sekunder (*Retanning*)

Bertujuan sebagai penyempurna sifat kulit sehingga lebih kuat untuk menghindari kerusakan.

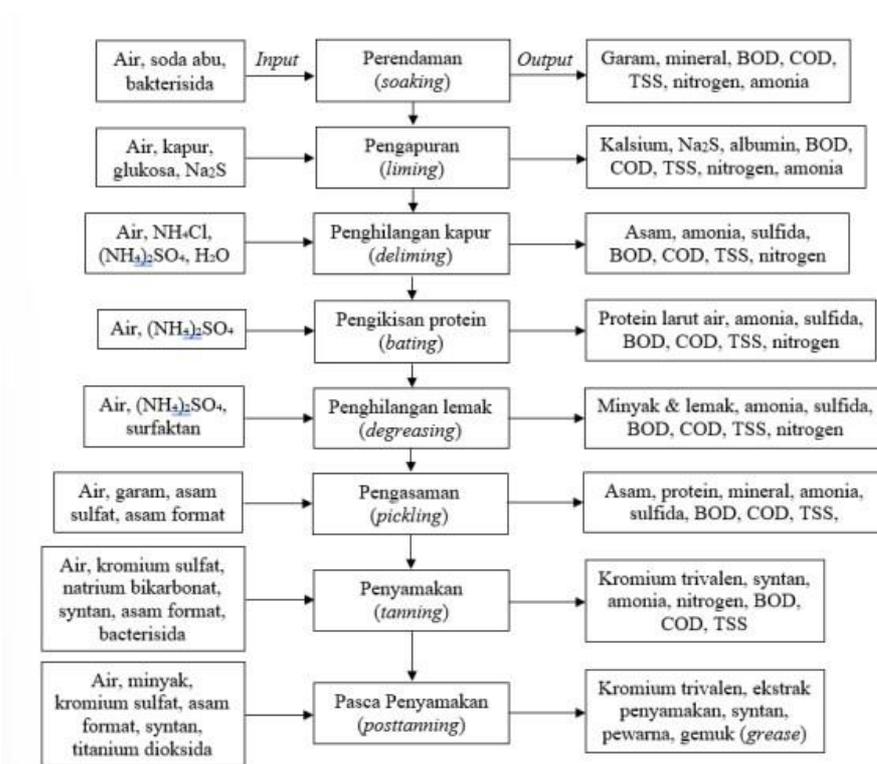
3) Pewarnaan (*Dyeing*)

Tahapan ini merupakan proses pewarnaan dasar untuk kulit samak.

4) Peminyakan (*Fatliquoring*)

Fatliquoring bertujuan untuk memberikan minyak emulsi sebagai penjaga kelembapan kulit sehingga dapat memberikan efek lentur pada kulit.

Berikut merupakan diagram alir proses produksi penyamakan kulit:



Gambar 2 1 Diagram Alir Proses Produksi Penyamakan Kulit

Sumber : Kuncoro & Soedjono, 2022

Industri penyamakan kulit yaitu industri yang mengolah kulit mentah menjadi sebuah produk kulit jadi yang melewati beberapa tahapan dengan penggunaan air dalam jumlah besar. Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang didukung perkembangannya sebagai penghasil devisa non migas, karena pada industri ini menghasilkan produk yang berkualitas dan dibutuhkan oleh manusia seperti jaket, dompet, dan sarung tangan. Namun, dibalik produk yang dihasilkan tersebut memiliki dampak negatif karena industri ini menghasilkan limbah cair dengan kuantitas yang besar dan mengandung berbagai polutan organik yang bersumber dari bahan baku serta polutan kimia dari bahan pembuatan proses produksi. Pada proses penyamakan 1 ton kulit mentah dapat menghasilkan air limbah sebanyak 30 – 35 m³ (Kuncoro, 2022)

Bahan kimia yang digunakan pada proses produksi penyamakan kulit yaitu kapur, ammonium sulfat, asam sulfat, garam dapur, natrium sulfida, dan krom. Limbah yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit menghasilkan limbah padat dan juga limbah cair. Krom merupakan logam yang memiliki kelarutan yang tinggi dan bersifat toksik, karsinogenik, dan korosif (Permana, 2018). Limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut memberikan dampak negatif bagi lingkungan karena dapat mencemari dan menurunkan kualitas lingkungan, sehingga apabila lingkungan tercemar dapat memberikan dampak buruk juga bagi kesehatan manusia. Limbah cair hasil industri penyamakan kulit atau bahan pencemar yang dihasilkan yaitu TSS, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), amoniak, dan Krom total (Cr) (Insyiraah, 2014). Pada proses penyamakan, larutan kromium sulfat hanya mampu diserap oleh kulit sekitar 60% - 70% sehingga sisanya akan terbawa dalam limbah cair dan membuat limbah krom termasuk ke dalam penyumbang limbah terbanyak (Kuncoro, 2022).

Menurut (Maryudi et al., 2021) sifat kromium sulfat yang tidak dapat terdegradasi oleh alam akan menimbulkan pencemaran lingkungan

yang serius. Semakin banyak logam kromium sulfat di lingkungan maka akan semakin besar kemungkinan terjadinya keracunan pada makhluk hidup khususnya manusia karena beredampingan langsung dengan bahan pencemar tersebut. Salah satu cara untuk mengurangi kromium sulfat di lingkungan yaitu dengan penggunaan kembali atau memanfaatkan kembali senyawa logam tersebut sebagai bahan baku proses produksi penyamakan kulit, sehingga logam kromium yang dibuang ke lingkungan dapat memenuhi baku mutu yang telah diatur oleh pemerintah pada lampiran II Permen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berikut merupakan baku mutu untuk industri penyamakan kulit:

Tabel 2 1 Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Permen LH RI Nomor 5 Tahun Tahun 2014

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Menggunakan Daun-daunan	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	50	2,0	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2,0
Krom Total (Cr)	0,60	0,024	0,10	0,004
Minyak dan Lemak	5,0	0,20	5,0	0,20
Nitrogen Total (sebagai N)	10	0,40	15	0,60
Amonia Total	0,5	0,02	0,50	0,02
Sulfida (sebagai S)	0,8	0,032	0,50	0,02
pH	6,0 - 9,0		6,0 - 9,0	
Debit limbah paling tinggi	40 m ³ per ton bahan baku		40 m ³ per ton bahan baku	

Tabel 2.2 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016

Parameter	Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Daun - Daun	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	50	2	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	50	2	50	2
Kromium Total	0,5	0,02	0,1	0,004
Minyak dan Lemak	5	0,2	5	0,2
Nitrogen Total	10	0,4	15	0,6
Amonia Total	0,5	0,02	0,5	0,02
Sulfida	0,5	0,02	0,5	0,02
TDS	2000	80	2000	80
Suhu	±3°C terhadap suhu udara		±3°C terhadap suhu udara	
pH	6 - 9		6 - 9	
Debit limbah paling tinggi	40 m ³ per ton bahan baku		40 m ³ per ton bahan baku	

Menurut (Permana, 2018) proses pengolahan industry penyamakan kulit terdiri atas bak pemisahan padatan kasar yang dapat menyaring volume padatan 2 – 3 kg yang bergantung pada jenis kulit yang telah diproses. Kedua terdapat bak homogenisasi yang bertujuan untuk mencampurkan semua jenis limbah cair yang dihasilkan secara merata dan homogen serta menjadi antisipasi apabila terdapat peningkatan volume limbah cair. Ketiga yaitu bak flokulasi koagulasi. Keempat terdapat bak pengendap pertama yang berfungsi untuk mengurangi kadar polutan BOD sebesar 40% - 60% ; COD 59% - 62% ; TSS 55% - 60% dan N-amonia berikisar 54% - 89%. Selanjutnya yaitu bak biologi yang dapat mengurangi kadar polutan sebesar 9-% - 96% ; COD 90% ; TSS 90% ; dan N-amonia 93% - 98% dan terakhir yaitu bak pengendap kedua. Pengolahan limbah industry penyamakan kulit secara biologi bekerja lebih efektif dibandingkan dengan sistem anaerob karena pada pada sistem anaerob akan mengeluarkan bau yang sangat tajam sehingga dapat

mengganggu indra penciuman bagi pekerja maupun daerah pemukiman disekitarnya (Novi Prihantini, 2008).

2.2 Toksisitas

Toksikologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari cedera atau kerusakan pada suatu organisme yang disebabkan oleh substansi, materi, dan energi. Toksisitas merupakan kemampuan zat racun untuk merusak apabila masuk ke dalam senyawa atau tubuh organ yang dapat menimbulkan dampak negatif seperti perubahan fungsi dasar dan bentuk secara akut, kronis, ataupun sub kronis. Dampak tersebut dapat bersifat *reversible* maupun *irreversible*. Toksisitas berkaitan dengan potensi yang menimbulkan efek negatif bagi makhluk hidup yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis toksikan, konsentrasi toksikan, sifat lingkungan, spesies biota, dan durasi pemaparan (Pratiwi, 2014).

Tujuan pengujian toksisitas akut dalam perairan yaitu untuk mengetahui kadar toksisitas pada effluent atau badan air penerima yang dapat menyebabkan toksisitas akut. Penggunaan kontrol dan badan air penerima tanpa dilakukan pengenceran maupun dilakukan satu seri pengenceran merupakan suatu penentuan toksisitas terhadap badan air penerima. Pengenceran yang dilakukan pada uji toksisitas umumnya tidak menggunakan air kran karena pada air kran mengandung klor, kecuali telah dilakukan proses deklorinasi. (Insyiraah, 2014).

Menurut (Guthrie dan Jerome, 1980) menjelaskan istilah untuk menggambarkan dampak yang disebabkan dari toksikan yaitu:

a. Akut

Pada organisme air dilakukan pengujian dengan jangka waktu 4 hari atau 96 jam, sedangkan pada hewan mamalia dilakukan pada jangka waktu 24 jam sampai 2 minggu. Respon akut menimbulkan efek parah dan terjadi secara singkat. Jumlah kematian hewan uji umumnya digunakan untuk menentukan pengaruh bahan toksik tersebut.

b. Sub akut

Respon sub akut organisme merupakan respon yang tidak terlalu parah jika dibandingkan dengan respon akut. Respon sub akut membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menjadi kronis.

c. Kronis

Respon kronis merupakan respon yang terjadi secara terus menerus dalam waktu yang lama yaitu 1% sampai 10% dari total waktu hidup organisme.

d. Letal

Respon letal yaitu respon yang langsung menyebabkan kematian terhadap organisme.

e. Sub Letal

Pada sub letal, respon yang diberikan berada di bawah level letal.

Uji toksisitas level I disebut juga dengan uji jangka pendek. Uji toksisitas dilakukan pada organisme akuatik atau terestrial yang bergantung pada relevansi. Uji toksisitas dilakukan dalam kurun waktu 24 – 96 jam dan dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama dilaksanakan untuk mengetahui rentang dosis kasar LD/LC 50/100 yang ingin dicari (Winda Munvika, 2018). Tahap kedua dilaksanakan untuk menentukan LD/LC dengan menggunakan metode *probit*, *trimmed spearman karber*, *spearman karber*, *graphical*, dan *least square*. Dosis terendah yaitu dosis yang tidak menimbulkan dampak kematian ataupun gejala keracunan, sedangkan dosis tertinggi adalah dosis yang menyebabkan kematian organisme uji (100%). Konsentrasi atau dosis tersebut terbagi menjadi dua bagian yaitu LC₅₀ (*Lethal Concentration*₅₀) dan LD₅₀ (*Lethal Dose*₅₀) (Khotimah et al., 2018).

LC₅₀ merupakan konsentrasi median dari suatu zat beracun yang berada dalam air (terlarut) yang dapat memberikan dampak kematian sebanyak 50% dari organisme uji pada suatu waktu pengamatan tertentu dan relatif pendek, yaitu seperti LC₅₀ 24 jam sampai LC₅₀96 jam sampai waktu hidup hewan uji (Insyiraah, 2014). LC₅₀ umumnya dilakukan pada ikan atau organisme air lainnya. Sedangkan LD₅₀ yaitu dosis dapat mematikan 50%

dari organisme dan tidak sesuai jika dilakukan pada organisme akuatik karena hanya menunjukkan jumlah obat atau racun yang diberi pada tubuh melalui injeksi. LD₅₀ umumnya hanya dilakukan kepada tikus atau anjing yang digunakan sebagai spesies tes. Uji toksisitas menggunakan metode WET dapat dilakukan dengan 3 cara. Pertama uji *static non renewal*, dimana hewan uji akan dipaparkan dalam larutan uji yang sama selama durasi pengujian. Kedua uji *static renewal*, yaitu hewan uji dipaparkan dalam larutan baru dengan konsentrasi contoh uji yang sama selama 24 jam, dan yang ketiga adalah uji *flow through* (Epa & of Water, 2002). Setelah mendapatkan hasil LC₅₀ maka selanjutnya dilakukan perhitungan TUa. Toxic Unit acute (TUa) yaitu nilai yang digunakan untuk mengetahui nilai tingkat toksisitas akut dari suatu unsur. Setelah mendapatkan nilai LC₅₀ maka dapat menentukan nilai TUa yang dimana semakin tinggi nilai LC₅₀ maka semakin rendah nilai TUa yang didapatkan (Permana, 2018).

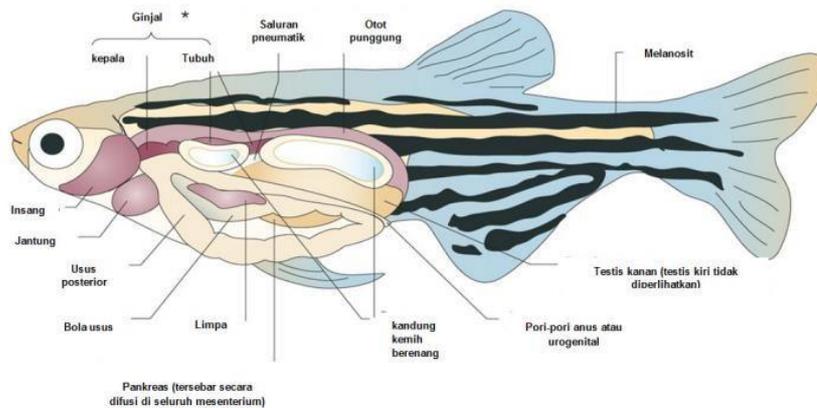
Kekurangan dari metode WET ini adalah tidak terdapat penilaian sifat bahan kimiatertentu seperti potensi bioakumulasi serta tidak dapat mengidentifikasi komponen toksik secara spesifik (Khotimah et al., 2018). Pengenceran dalam metode ini yaitu 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100% dan kontrol (Fleming, 2004). Sedangkan untuk faktor pengenceran yaitu 0,5 untuk keonsentrasi uji. Tujuan pengenceran adalah untuk mengetahui secara akurat mengenai hubungan dan respon serta meningkatkan ketepatan perkiraan konsentrasi dari hubungan tersebut (Epa et al., 2000). Umumnya, WET diukur dengan cara multi konsentrasi atau beberapa konsentrasi (tes definitif) yang merupakan satu kontrol dan minimum lima konsentrasi yang berbeda yang bertujuan untuk memberikan informasi dosis respon (Winda Munvika, 2018).

2.3 Hewan Uji (*Zebrafish*)

Spesies *Danio* terbagi menjadi 4 yaitu *Danio* besar, *Danio choprae*, *Danio albolineatus*, dan *Danio rerio*. *Zebrafish* yang memiliki nama ilmiah *Danio rerio* merupakan jenis ikan yang memiliki ukuran kecil tidak lebih dari 30 mm (William et al., 2017). Beberapa tahun terakhir, *zebrafish* sering

digunakan untuk model organisme dalam beberapa penelitian seperti genetika vertebrata, pengembangan, regenerasi, dan toksikologi. *Zebrafish* berasal dari India dan Bangladesh, banyak ditemukan di sungai- sungai negara India dan Asia Selatan. *Zebrafish* memiliki kurang lebih 45 spesies di duniayang termasuk ke dalam famili *Cyprinidae*. Garis pada tubuh *zebrafish* berasal dari beberapa tipe sel pigmen dan berfungsi sebagai alat adaptasi dengan cara kamuflase. Garis yang berwarna hitam dan biru berasal dari dua sel pigmen yaitu *iridiofor* dan *melanofor*. Garis lain yang berwarna kuning perak terdiri atas sel pigmen *xantofor* dan *iridiofor* (Yuniarto et al., 2017).

Habitat *zebrafish* yaitu di alam liar dengan perairan yang memiliki aliran air yang pelan dan minim predator. Sedangkan untuk habitat *zebrafish* di laboratorium yaitu harus dengan kondisi air yang jernih, basa dengan pH 8, dan kondisi suhu antara 20°C - 33°C. *Zebrafish* beraktivitas pada siang hari dan mampu membaca bahaya yang akan mengancamnya, sehingga perilakunya sangat dapat terlihat seperti menjadi gelisah, penurunan nafsu makan, peningkatan agresi, dan tidak bergerak (Yuniarto et al., 2017). *Zebrafish* memiliki kemiripan anatomi dengan mamalia seperti ovarium, kantung empedu, ginjal, usus, pankreas, jantung, testis, limpa, hati, dan otak. Selain itu, *zebrafish* juga memiliki fisiologis mata yang sama dengan manusia karena bentuknya didominasi oleh sel kerucut. Berikut merupakan struktur anatomi *zebrafish*:



Gambar 2 2 Struktur Anatomi *Zebrafish*

Sumber : Yuniarto et al., 2017

Kelebihan menggunakan *zebrafish* sebagai model peneliti yaitu memiliki kemampuan untuk menghasilkan ratusan embrio saat bertelur, dan pembiakannya hanya membutuhkan waktu yang sebentar. Selain itu, *zebrafish* juga sangat mudah untuk dipelihara, harga yang terjangkau, serta memiliki gen yang mirip dengan mamalia atau manusia (Yuniarto et al., 2017). Kemampuan dari *zebrafish* lainnya yaitu memiliki naluri yang bervariasi yaitu dapat merasakan sensasi sentuhan, keseimbangan, dan rasa (Williamet al., 2017). Kekurangan menggunakan *zebrafish* adalah adanya ketidaksamaan pada beberapa organ manusia seperti sistem pernapasan, dan sistem reproduksi.

Menurut (Sudradjat et al., 2019), *zebrafish* dapat dikembangkan sebagai alat uji coba toksisitas lebih cepat, dapat diandalkan dan dapat mengurangi biaya penelitian karena sejak larva *zebrafish* berumur sampai lima hari sesudah fertilisasi sudah dapat diterima sebagai alternatif hewan coba. Siklus hidup *zebrafish* diawali dengan telur yang kemudian menjadi larva dan hingga menjadi *zebrafish* dewasa. Satu jam setelah pembuahan embrio, *zebrafish* mempunyai sel kutub yang terdapat di atas satu sel kuning telur dan terbentuk melalui pembelahan sel. Setelah 25 jam pasca pembuahan, embrio tersebut mempunyai organ yang belum sempurna namun sumbu tubuh yang jelas. Pasca 48 jam, embrio tumbuh dengan organ

utama seperti jantung dan mata. Pertumbuhan *zebrafish* hanya membutuhkan waktu yang singkat dengan usia dewasa terdapat pada bulan ketiga, dan memiliki umur rata-rata 2 – 3 tahun. Bentuk tubuh *zebrafish* jantan dan betina dapat dibedakan dari bentuk dan corak tubuh. *Zebrafish* betina memiliki ukuran badan yang lebih besar dan memiliki corak putih yang mendominasi. Sedangkan *zebrafish* jantan memiliki bentuk tubuh yang lebih kecil atau ramping dengan corak kuning yang lebih banyak, serta sirip anus yang lebih besar (Yuniarto et al., 2017).

2.4 Uji Parameter

Beberapa parameter kualitas air limbah penyamakan kulit yang akan diuji adalah sebagai berikut:

a. Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan SNI 06-6989.11-2004, metode pengukuran pH adalah suatu pengukuran aktivitas ion hydrogen secara elektrometri atau potensiometri. Alat untuk mengukur pH yaitu pH meter dan akan menunjukkan angka derajat keasaman dari contoh uji. Mengukur pH juga dilakukan dengan menggunakan pH universal dengan menampilkan warna yang sesuai dan menunjukkan pH contoh uji bersifat asam atau basa.

b. *Dissolved Oxygen* (DO)

Berdasarkan SNI 06-6989.14-2004, dalam menentukan oksigen terlarut, contoh uji akan bereaksi dengan ion mangan (II) dalam kondisi basa dan akan menjadi hidroksida mangan dengan valensi yang tinggi (Mn IV). Keberadaan ion iodide (I) dalam kondisi asam, maka ion mangan (IV) akan berubah menjadi ion mangan (II) kembali hal tersebut disebabkan karena terjadinya pembebasan iodin (I₂). Iodine yang terbentuk tersebut kemudian dititrasi dengan natrium tiosulfat serta indikator amilum. Setelah proses titrasi selesai, maka kandungan oksigen terlarut dapat ditentukan.

c. Temperature

Menurut SNI 06-6989.23-2005, air raksa yang terdapat di thermometer

akan menyusut sesuai dengan suhu contoh uji. Suhu air dapat dibaca dengan menggunakan skala termometer ($^{\circ}\text{C}$).

d. *Total Suspended Solid (TSS)*

Berdasarkan SNI 6989.72-2009, pengujian TSS langkah pertama yaitu dengan memanaskan kertas saring dalam oven pada suhu 105°C selama satu jam. Selanjutnya kertas saring tersebut dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang untuk mengetahui berat kosong (W_0). Setelah diketahui beratnya maka, ambil sejumlah contoh uji yang kemudian disaring pada kertas saring tersebut, dan akan meninggalkan residu yang tertahan pada kertas saring. Kertas saring yang terdapat residu kemudian dipanaskan kembali menggunakan oven dengan suhu dan waktu yang sama untuk mengetahui perbedaan kenaikan pada kertas saring.

e. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Berdasarkan SNI 6989.72-2009, pengujian TDS langkah pertama yaitu dengan memanaskan cawan penguap dalam oven pada suhu 180°C selama satu jam. Selanjutnya kertas saring tersebut dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang untuk mengetahui berat kosong (W_0). Setelah diketahui beratnya maka, hasil saringan contoh uji dari TSS dipanaskan kembali menggunakan oven dengan suhu dan waktu yang sama untuk mengetahui perbedaan kenaikan pada cawan penguap.

f. *Minyak Lemak*

Berdasarkan SNI 6989.10-2009, pengujian minyak lemak langkah pertama yaitu dengan memanaskan tempat penyimpanan contoh uji dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit. Selanjutnya tempat penyimpanan contoh uji tersebut dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang untuk mengetahui berat kosong (W_0). Pengujian minyak lemak yang terkandung dalam contoh uji yaitu dengan mengambil sejumlah contoh uji kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian diekstraksi menggunakan n-heksana dalam

corong pisah tersebut yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dalam contoh uji. Selanjutnya contoh uji tersebut diekstraksi, lalu didestilasi dalam desikator. Residu yang menempel pada tempat penyimpanan contoh uji ditimbang untuk mengetahui perbedaan kenaikan berat pada tempat penyimpanan contoh uji untuk mendapatkan hasil berat minyak lemak.

g. Sulfida

Menurut SNI 6989.75-2009, pengujian sulfida dengan cara mengukur sejumlah larutan iodine 0,0250 N, lalu tambahkan HCL 6N secara kuantitatif. Setelah pengukuran selesai, lakukan titrasi dengan menggunakan natrium tiosulfat sampai berwarna kuning cerah, lalu tambahkan beberapa tetes amilum sampai berwarna biru. Setelah penambahan amilum, titrasi kembali menggunakan natrium tiosulfat sampai berwarna jernih.

h. *Biochemical Oxygen Demand (BOD₅)*

Menurut SNI 6989.72-2009, contoh uji dicampurkan dengan air bebas sulfida, kemudian diinkubasi dalam ruangan gelap dengan suhu 20°C selama 5 hari. Perhitungan kandungan nilai BOD dapat dihitung dengan menggunakan selisih oksigen terlarut 0 hari dan 5 hari.

i. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Menurut SNI 06-6989.15-2009, contoh uji untuk pengujian COD dioksidasi dengan campuran dikromat dan asam sulfat. Selanjutnya di refluks selama 2 jam dengan suhu 180°C.

j. Nitrogen Total

Pengujian N-Total dilakukan dengan pengujian nitrat dan nitrit. Hasil pengujian nitrat dan nitrit tersebut ditambahkan, maka akan menghasilkan nilai N-Total.

k. Kromium Total

Menurut SNI 06-6989.23-2009, pengujian kromium dilakukan dengan penambahan HNO₃ pekat yang kemudian dipanaskan, lalu ditambahkan air bebas mineral, dan diukur menggunakan SSA.

1. Amonia Total

Menurut SNI 06-6989.30-2009, pengujian ammonia total dengan cara contoh uji yang mengandung ammonia akan beraksi dengan fenol dan hipoklorit yang dikatalis oleh natrium nitropusida yang membentuk senyawa biru indofenol.

2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan kajian-kajian dari penelitian sebelumnya terkait topik yang akan diujikan tersebut. Dapat dilihat pada tabel 2.3 mengenai penelitian terkait yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

Tabel 2 4 Penelitian Terdahulu

Referensi	Hewan Uji	Limbah	Hasil
Permana, 2018	Udang Galah	Penyamakan Kulit	LC ₅₀ Influent = 7,437% LC ₅₀ Effluent = 32,660% TUa Influent = 13,45 TUa Effluent = 3,06 Air limbah penyamakan kulit membuat udang galah mengalami perubahan warna menjadi hitam dan pucat padakerapak udang atau lambung. Perubahan tersebut disebabkan karena keberadaan logam berat yang tidak terdegradasi dan terakumulasi dalam tubuh. Hal tersebut menyebabkan proses metabolisme tubuh terganggu, sehingga membuat kerja enzim terhalang.
Nugraha, 2018	Daphnia sp	Penyamakan Kulit	LC ₅₀ Mixing = 80,47% LC ₅₀ Effluent = 39,83%

Referensi	Hewan Uji	Limbah	Hasil
			<p>TUa Mixing = 1,23</p> <p>TUa Effluent = 1,11</p> <p>Contoh uji pada kolam mixing memiliki nilai TUa yang lebih tinggi dibandingkan contoh uji effluent. Hal tersebut disebabkan karena pada contoh uji mixing mencampurkan influent dying dengan influent kromium. Daphnia yang telah terpapar limbah terjadi perubahan perilaku yang sebelumnya aktif menjadi pasif, dan pada tubuh Daphnia terdapat gelambir yang menyebabkan terbatasnya gerak tubuh Daphnia sehingga menyebabkan kematian.</p>
Grazella, 2018	Ikan Mas	IPL Piyungan	<p>LC₅₀ Influent = 1,633%</p> <p>LC₅₀ Effluent = 8,740%</p> <p>TUa Influent = 61,246</p> <p>TUa Effluent = 11,442</p> <p>Uji toksisitas di IPL Piyungan yang menggunakan ikan mas sebagai hewan uji mengalami kematian akibat turunnya kadar oksigen, keracunan amonia, logam berat dan konsentrasi lindi. Semakin tinggi konsentrasi lindi maka</p>

Referensi	Hewan Uji	Limbah	Hasil
			akan semakin tinggi kematian terhadap ikan mas. Hal tersebut disebabkan karena IPL Piyungan telah mengalami proses pengolahan yang menyebabkan adanya racun yang telah tereduksi.
Affandi & Ishak, 2019	Ikan Zebra	Penambangan Timah	<p>$LC_{50} = 14,21\%$</p> <p>Uji toksisitas terhadap air limbah pertambangan timah menyebabkan kematian zebrafish akibat pH yang rendah sehingga menyebabkan kerusakan insang.</p>
Kartikasari, dkk, 2020	Daphnia sp	IPL TPA Piyungan	<p>LC_{50} Influent = 0,482%</p> <p>LC_{50} Effluent = 2,752%</p> <p>TUa Influent = 203,33</p> <p>TUa Effluent = 36,33</p> <p>Pengaruh air lindi terhadap daphnia dapat mengubah perilaku daphnia yang aktif menjadi pasif. Air lindi memiliki kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi dan menyebabkan timbulnya lendir pada tubuh daphnia sehingga menyebabkan peningkatan kematian pada daphnia karena kekurangan oksigen.</p>

Referensi	Hewan Uji	Limbah	Hasil
Siwi, 2021	Udang Galah	Limbah Tenun Troso	<p>LC₅₀ R1, R2, R3, R4 = 794,7%; 791,7%; 3,67%; 7,18%</p> <p>TUa R1, R2, R3, R4 = 0,126; 0,126; 27,23; 13,92</p> <p>Pengaruh air lindi terhadap daphnia dapat mengubah perilaku daphnia yang aktif menjadi pasif. Air lindi memiliki kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi dan menyebabkan timbulnya lendir pada tubuh daphnia sehingga menyebabkan peningkatan kematian pada daphnia karena kekurangan oksigen.</p>
Li et al., 2023	Ikan Zebra	Limbah Kokas	<p>Air limbah kokas memiliki kandungan senyawa kimia kompleks seperti fenol, sianida, dan hidrokarbon aromatic polisiklik (PAH). Pengujian toksisitas pada air limbah tersebut menyebabkan kematian 50% serta mengubah bentuk morfologi zebrafish.</p>

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh (Nugraha et al., 2018; Permana, 2018), telah dilakukan pengujian toksisitas dengan metode *whole effluent toxicity* (WET) pada air limbah industri penyamakan kulit dengan hewan uji masing masing daphnia sp dan udang galah. Dalam penelitian ini digunakan hewan uji yang berbeda yaitu zebrafish untuk mengetahui perbedaan kondisi fisiologis dan perilaku pada masing-masing hewan uji. Perbedaan hewan uji tersebut kemudian akan dibandingkan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada masing-masing hewan uji yang telah terpapar air limbah penyamakan kulit dikarenakan pada masing-masing hewan uji memiliki organ tubuh yang berbeda. Zebrafish dipilih dalam penelitian ini dikarenakan zebrafish memiliki gen yang mirip dengan mamalia dan manusia (Yuniarto et al., 2017).

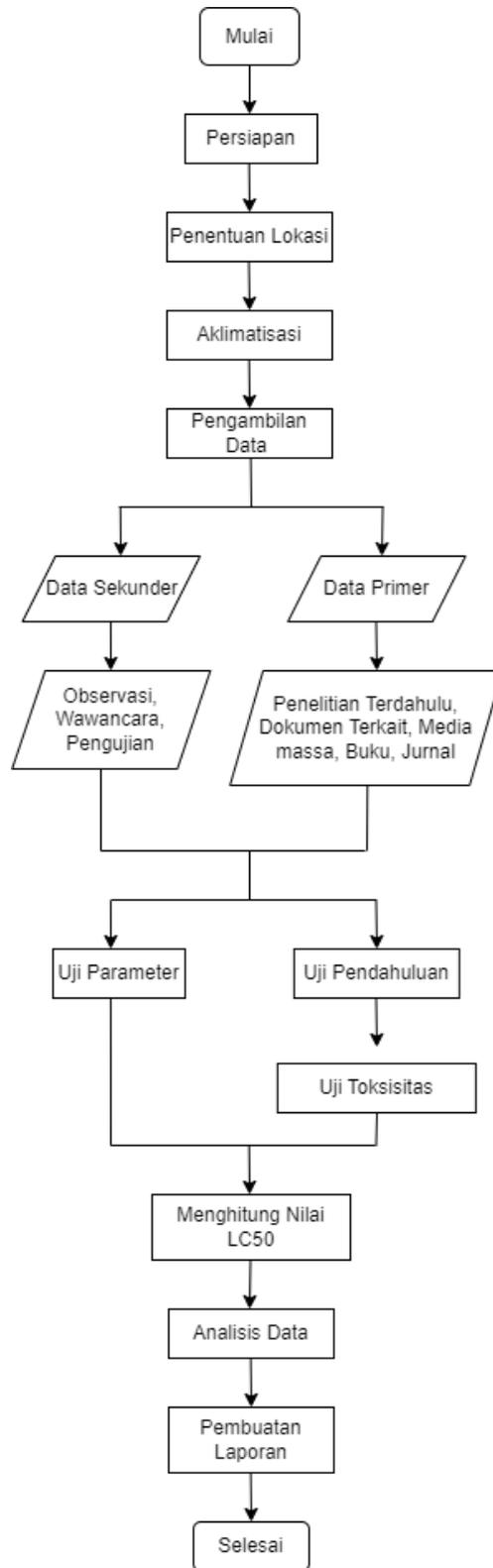
Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ahmad Affandi & Yusoff Ishak, 2019; Li et al., 2023) telah dilakukan pengujian pada zebrafish namun menggunakan sumber air limbah yang berbeda yaitu dengan menggunakan air limbah penambangan timah dan air limbah kokas. Pada penelitian ini menggunakan sumber limbah industri penyamakan kulit dikarenakan industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri terbesar di Indonesia dan menghasilkan limbah cair yang banyak dan berbahaya karena bersifat karsinogenik, sehingga apabila dibuang langsung ke badan air maka akan sangat berbahaya bagi ekosistem perairan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan. Berikut merupakan diagram alir metode penelitian yang dilakukan:



Gambar 3 | Diagram Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan penentuan lokasi sampling untuk air limbah yang akan digunakan. Setelah mendapatkan lokasi, selanjutnya yaitu melakukan aklimatisasi hewan uji selama 14 hari, selama aklimatisasi berjalan, dilakukan juga sampling air limbah untuk mendapatkan contoh uji serta data lainnya yang diperlukan dalam pengujian ini. Proses sampling merujuk pada SNI 6989.59-2008 tentang metode pengambilan contoh uji. Setelah mendapatkan contoh uji, maka selanjutnya dilakukan uji pendahuluan, dan kemudian uji toksisitas. Dalam melakukan uji toksisitas juga diiringi dengan pengujian parameter dengan parameter yang diuji yaitu BOD₅, COD, TSS, TDS, minyak lemak, sulfida, krom total, ammonia total, dan N-total. Data parameter tersebut kemudian dianalisis.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di dua lab berbeda yaitu Lab Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, untuk uji parameter kimia, dan Lab Studi Farmasi untuk proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji toksikologi. Sampel air yang digunakan berasal dari IPAL Industri Penyamakan Kulit PT.X, Jalan Sitimulyo, Piyungan, Yogyakarta. Penelitian dilakukan selama bulan Januari sampai Mei 2024.

3.3 Alat dan Bahan

a. Alat

- DO meter
- pH meter
- Light meter
- Thermometer
- Erlenmayer
- Gelas Ukur
- Pipet
- Tangki atau bak uji atau reaktor dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 20 cm

- Gayung bertangkai panjang
- Botol penyimpanan air limbah

b. Bahan

- 250 ekor *Zebrafish*
- Limbah effluent industry penyamakan kulit
- Aquades

3.5 Sampling Air Limbah

Sampling air limbah industry penyamakan kulit mengambil pada IPAL effluent atau tempat penampungan air limbah yang mengalir dari beberapa proses penyamakan sebelum dialirkan ke pihak ketiga yaitu IPAL komunal industry yang dikelola oleh DLH setempat. Sampling air yang dilakukan mengacu pada SNI 6989.59.2008 tentang air dan air limbah bagian 59, yaitu metode pengambilan contoh air limbah. Tempat penyimpanan limbah harus memenuhi persyaratan yang telah dijelaskan pada SNI tersebut yaitu terbuat dari bahan gelas atau plastic poli etilen (PE), atau poli propilen (PP), atau poli tetra fluora etilen (PTEE) yang dimana tempat penyimpanan tersebut dapat ditutup dengan kuat dan rapat, tidak mudah pecah, dan bebas kontaminan, serta tidak berinteraksi dengan contoh.

Saat sampling air limbah, dilakukan juga pengujian *in situ* untuk parameter suhu, oksigen terlarut, serta pH. Parameter tersebut dapat cepat berubah sehingga parameter tersebut harus cepat diujikan dan tidak perlu diawetkan (SNI 6989.59.2008). Berikut merupakan parameter *in situ* pada lokasi pengambilan contoh uji:

Tabel 3 1Parameter Uji Air Limbah di Lokasi Pengambilan Contoh Uji

No	Parameter	Satuan	Metode	Acuan
1	pH	-	pH meter	SNI 06-6989.11-2004
2	Temperature	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
3	DO	Mg/L		SNI 06-6989.14-2004

3.6 Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan *zebrafish* berukuran 1 – 2 cm (OECD,2019). *Zebrafish* memiliki kemiripan anatomi dengan mamalia seperti ovarium, kantung empedu, ginjal, usus, pankreas, jantung, testis, limpa, hati, dan otak. Selain itu, *zebrafish* juga memiliki fisiologis mata yang sama dengan manusia karena bentuknya didominasi oleh sel kerucut.

Kelebihan menggunakan *zebrafish* sebagai model peneliti yaitu memiliki kemampuan untuk menghasilkan ratusan embrio saat bertelur, dan pembiakannya hanya membutuhkan waktu yang sebentar. Selain itu, *zebrafish* juga sangat mudah untuk dipelihara, harga yang terjangkau, serta memiliki gen yang mirip dengan mamalia atau manusia (Yuniarto et al., 2017). Kemampuan dari *zebrafish* lainnya yaitu memiliki naluri yang bervariasi yaitu dapat merasakan sensasi sentuhan, keseimbangan, dan rasa (Williamet al., 2017). Kekurangan menggunakan *zebrafish* adalah adanya ketidaksamaan pada beberapa organ manusia seperti sistem pernapasan, dan sistem reproduksi.

3.7 Uji Parameter

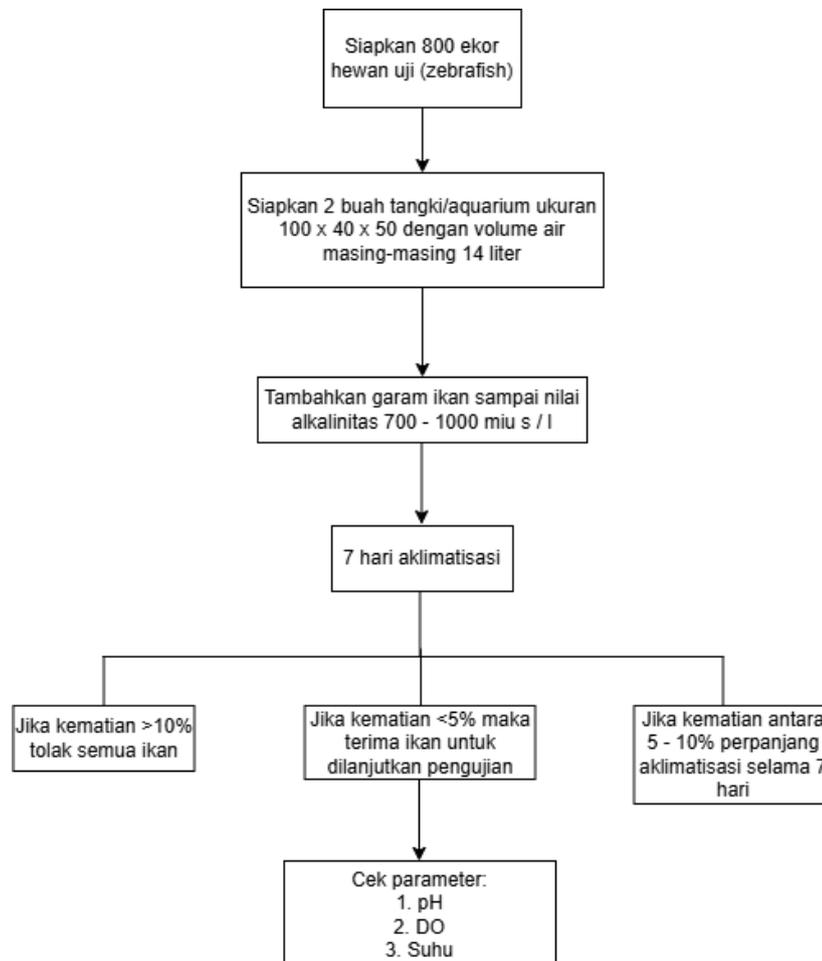
Parameter yang diuji mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Industri Penyamakan Kulit yaitu, BOD₅, COD, TSS, sulfida, krom total, N-total, ammonia total, minyak lemak, dan pH, suhu, dan DO. Lokasi yang digunakan berada di Yogyakarta, maka berpacu juga kepada Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 dengan penambahan parameter TDS. Berikut merupakan parameter uji air limbah industri penyamakan kulit:

Tabel 3 2 Parameter Uji Air Limbah Penyamakan Kulit

Parameter	Satuan	Metode	Acuan
pH	-	pH meter	SNI 06-6989.11-2004
Suhu	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
DO	Mg/L	Titration secara iodometri (modifikasi azida)	SNI 06-6989.14-2004
TSS	Mg/L	Gravimetri	SNI 6989.72-2009
TDS	Mg/L	Gravimetri	SNI 6989.72-2009
Minyak Lemak	Mg/L	Gravimetri	SNI 6989.10-2009
Sulfida	Mg/L	Iodometri	SNI 6989.75-2009
BOD ₅	Mg/L	Titration secara iodometri (modifikasi azida)	SNI 6989.72-2009
COD	Mg/L	Refluks tertutup secara titrimetric	SNI 06-6989.15-2009
N-Total	Mg/L	Nitrat dan Nitrit	SNI 6989.79-2011 dan SNI 06-6989.9-2004
Krom Total	Mg/L	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 06-6989.23-2009
Amonia Total	Mg/L	Spektrofotometer UV-Vis	SNI 06-6989.30-2009

3.8 Aklimatisasi Hewan Uji

Berikut merupakan diagram alir proses aklimatisasi hewan uji:

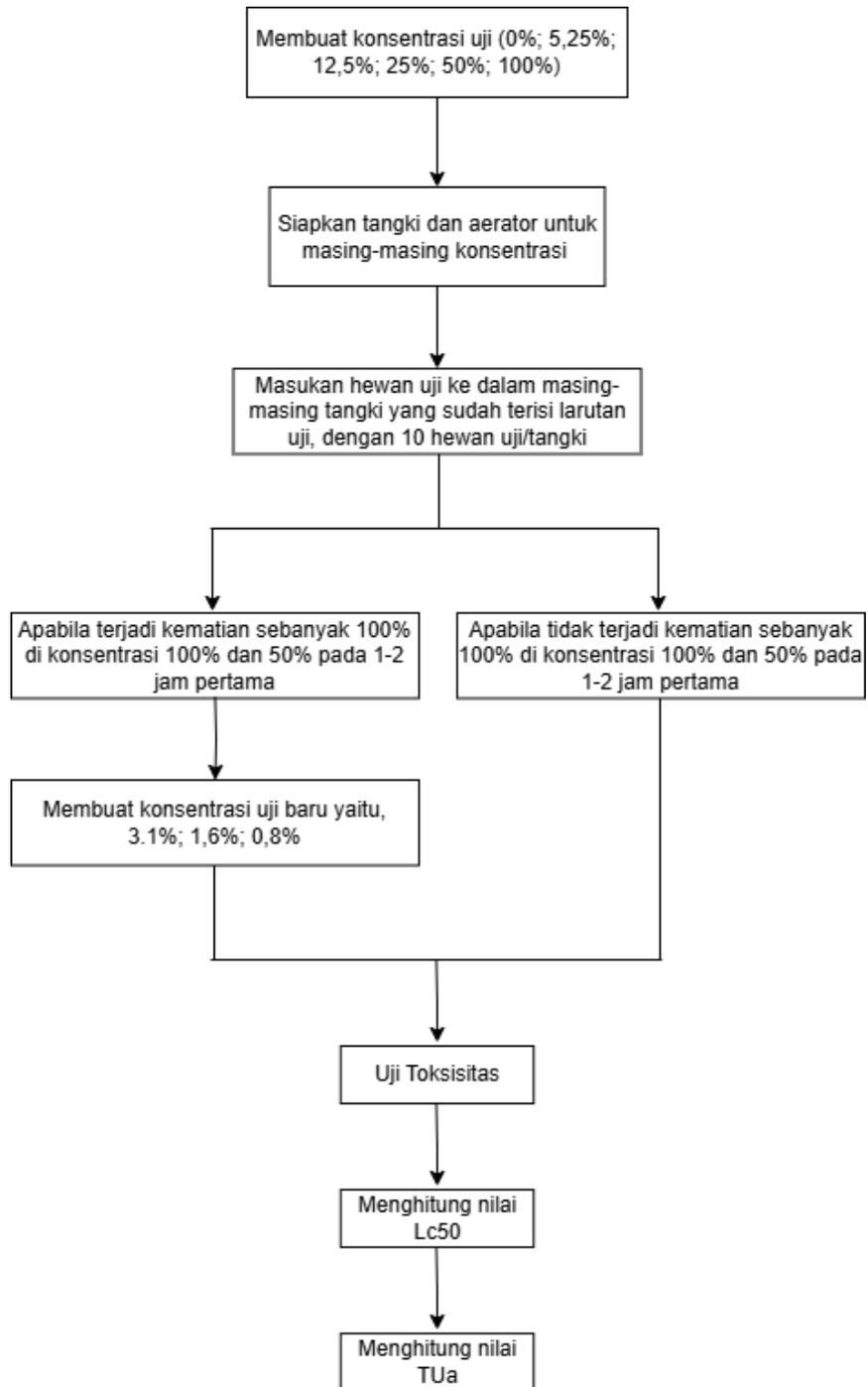


Gambar 3 2 Proses Aklimatisasi Hewan Uji

Aklimatisasi adalah suatu proses adaptasi hewan uji yang akan digunakan terhadap lingkungan baru selama 7 hari. Aklimatisasi dilakukan dalam sebuah reaktor yang terdapat alir mengalir atau sistem resirkulasi. Hewan uji diaklimatisasi pada akuarium atau bak uji. Pada tahap ini, kematian hewan uji tidak boleh lebih dari 10%. Apabila kematian hewan uji melebihi 10% dan terjadi stress, terkena jamur, serta penyakit, maka aklimatisasi diperpanjang 7 hari lagi. Selama proses aklimatisasi hal yang harus diperhatikan yaitu kadar DO dalam air, suhu air, dan pH.

3.9 Uji Pendahuluan

Berikut merupakan diagram alir uji pendahuluan sampai uji toksisitas:



Gambar 3.3 Diagram Alir Uji Pendahuluan dan Uji Toksisitas

Uji pendahuuluan dilakukan bertujuan untuk memperkirakan nilai konsentrasi yang akan digunakan pada uji toksisitas atau mendapatkan konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian pada hewan uji mendekati 50% dan kematian terkecil mendekati 50%. Pada tahap ini, dilakukan pengamatan selama 24 jam pada konsentrasi larutan 0%; 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100%, dan apabila terjadi kematian pada 1-2 jam pertama di konsentrasi 100% dan 50% maka gunakan konsentrasi baru yaitu 3,1%; 1,6%; 0,8% (USEPA, 2002). Selama pengujian dilakukan pengukuran pH, suhu, dan DO saat 0 jam dan setelah 24 jam.

Tangki yang digunakan dalam uji pendahuluan berbahan gelas borosilikat (kaca) atau yang terbuat dari plastik. Selama uji pendahuluan dilakukan proses aerasi pada semua konsentrasi, hal tersebut akan berdampak pada DO yang apabila DO rendah maka akan berdampak pada hasil uji (Fleming, 2004). Pada uji pendahuluan juga dilakukan pengukuran DO, pH, dan suhu.

3.10 Uji Toksisitas

Pada uji toksisitas dilakukan pengamatan setiap 24 jam selama 96 jam atau 4 hari. Hasil uji dapat diterima dengan keberhasilan 90%. Percobaan dilakukan terhadap Zebrafish dalam bak uji sebanyak 7 tangki dengan duplikasi minimal 3 ekor. Pengujian tersebut dilakukan dengan tipe static non renewal yaitu dengan menggunakan limbah yang sama dari awal sampai akhir pengujian (USEPA, 2000). Dalam uji toksisitas ini, digunakan 10 ekor *zebrafish* setiap masing-masing tangki konsentrasi.

Selama uji toksisitas juga dilakukan proses aerasi pada semua konsentrasi, hal tersebut akan berdampak pada DO yang apabila DO rendah maka akan berdampak pada hasil uji dan untuk menghasilkan hasil yang akurat (Fleming, 2004). Pada uji pendahuluan juga dilakukan pengukuran DO, pH, dan suhu, serta menghitung jumlah kematian hewan uji setiap 24 jam. Berdasarkan gambar 3.3 langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai LC_{50} dan TU_a untuk menganalisis data.

3.11 Analisis Data

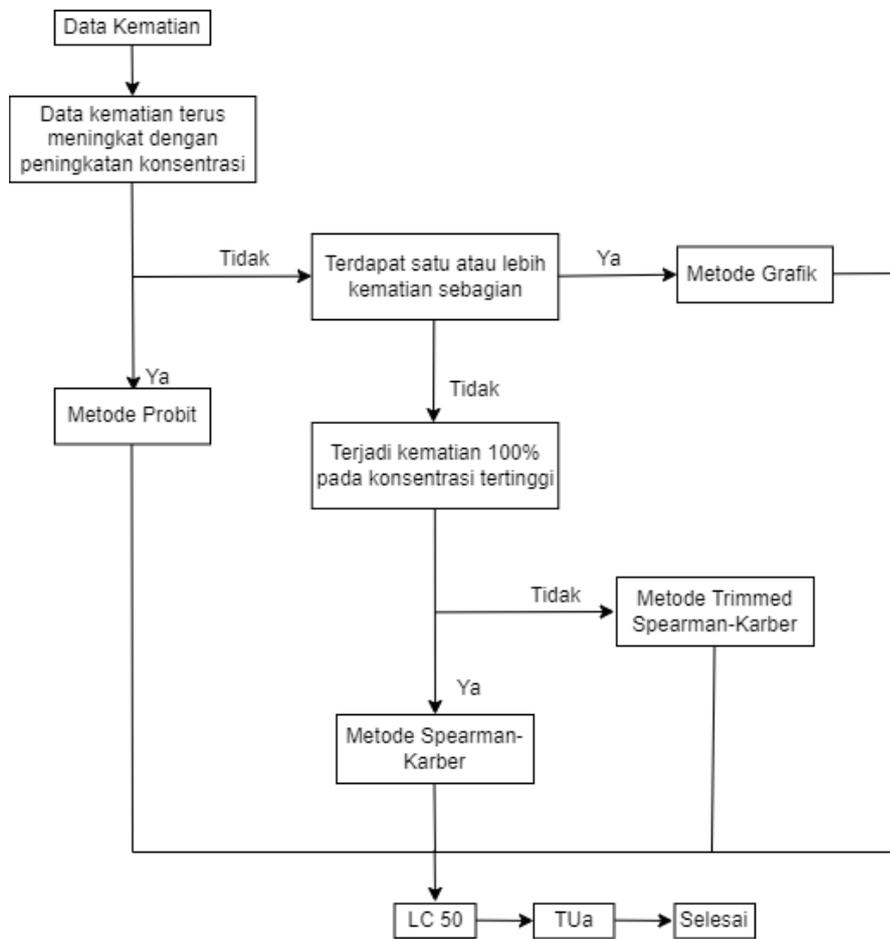
Terdapat empat metode untuk mengetahui nilai LC_{50} yaitu dengan metode probit jika terdapat kematian parsial pada ≥ 2 konsentrasi uji dan signifikan. Metode kedua yaitu spearman-karber jika terdapat kematian parsial pada ≤ 2 pada konsentrasi uji, dan terdapat kematian pada konsentrasi paling rendah dari kematian total pada konsentrasi paling tinggi. Metode ketiga yaitu trimmed spearman-karber yang terjadi jika kematian parsial pada ≤ 2 pada konsentrasi uji, dan tidak terdapat kematian pada konsentrasi terendah dan konsentrasi tertinggi. Metode terakhir adalah metode grafik yang apabila terjadi kematian parsial pada konsentrasi uji. Berikut merupakan contoh kematian yang dialami oleh beberapa metode analisis pada uji toksisitas:

Tabel 3.3 Contoh Data Kematian Hasil Metode Analisis Uji Toksisitas

Effluent Conc. (%)	Method of Analysis			
	Graphical	Spearman-Karber	Trimmed Spearman-Karber	Probit
CONTROL	1	1	1	0
6.25%	0	1	0	0
12.5%	0	0	2	3
25.0%	0	0	0	9
50.0%	20	13	0	20
100.0%	20	20	16	20

Sumber: EPA, 2002

Berikut merupakan diagram alir penentuan metode analisis yang digunakan untuk uji toksisitas:



Gambar 3 4 Diagram Alir Metode Analisis Uji Toksisitas

Sumber: USEPA, 2002

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Karakteristik Air Limbah Penyamakan Kulit

Berikut merupakan hasil uji parameter karakteristik IPAL Penyamakan Kulit pada PT. X :

Tabel 4 1 Hasil Uji Parameter Karakteristik Air Limbah Penyamakan Kulit

No	Parameter	Hasil Pengujian Effluent (mg/L)	Baku Mutu Permen LH RI Nomor 5 Tahun 2014	Baku Mutu Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016	Hasil Baku Mutu
			Kadar paling tinggi (mg/L)	Kadar paling tinggi (mg/L)	
1	pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	Memenuhi
2	BOD ₅	52,504	50	50	Melebihi
3	COD	117,206	110	110	Melebihi
4	TSS	1,050	60	50	Memenuhi
5	TDS	8,728		2000	Memenuhi
6	N Total	4,139	10	10	Memenuhi
7	Sulfida	1,8	0,8	0,5	Melebihi
8	Amonia	0,642	0,5	0,5	Melebihi
9	Krom	2,253	0,60	0,5	Melebihi
10	Minyak Lemak	0,027	5,0	5	Memenuhi

Sumber: Permen LH RI Nomor 5 Tahun dan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016

Berdasarkan uji parameter pada tabel 4.1 pengolahan limbah di PT. X terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu seperti parameter BOD₅, COD, Nitrogen Total, Sulfida, Amonia, dan Krom. Parameter yang melebihi baku mutu menjadi salah satu faktor penyebab tingginya toksisitas, semakin tinggi nilai parameter maka akan semakin toksik limbah tersebut (Permana, 2018).

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh (Senania & Yanti, 2022) menjelaskan mengenai hasil parameter limbah cair penyamakan kulit yang telah diuji yaitu sebagai berikut:

Tabel 4 2 Hasil Pengujian Parameter Limbah Penyamakan Kulit

No	Parameter	Satuan	Influent	Effluent
1	BOD5	mg/L	368	350
2	COD	mg/L	4.984	10.475
3	TSS	mg/L	502	2.028
4	Krom	mg/L	12.27	0.18
5	pH		5.85	10

Sumber: (Senania & Yanti, 2022)

Terdapat perbedaan antara hasil uji parameter pada PT. X pada tabel 4.1 dengan uji parameter (Senania & Yanti, 2022) pada tabel 4.2 di industri penyamakan kulit Sukaregang Garut. Hal tersebut didasarkan dari jumlah penggunaan bahan kimia yang digunakan akibat volume air limbah yang digunakan yang berakhir pada IPAL industry, semakin banyak volume air limbah dalam proses, maka akan semakin banyak juga bahan kimia yang digunakan. Hal lainnya dikarenakan juga pada PT. X sudah terjadi proses pengolahan untuk menurunkan kadar bahan kimia sebelum disalurkan kepada pihak ketiga, sedangkan pada sentra industry penyamakan kulit Sukaregang Garut belum mendapatkan alat teknologi daur ulang untuk proses pengolahan air limbah yang baik dan hanya bergantung pemberian sosialisasi mengenai lingkungan hidup kepada para penyamak dari pemerintah (Muttaqien, 2018).

Pada PT.X memiliki beberapa pengolahan air buangan hasil proses penyamakan kulit yaitu, penyaringan, bak pengendap awal, koagulasi dan flokulasi, bak pengendap akhir, dan berujung pada IPAL. Inlet pada industry tersebut menjadi satu dari proses *tanning* dan *re-tanning*.

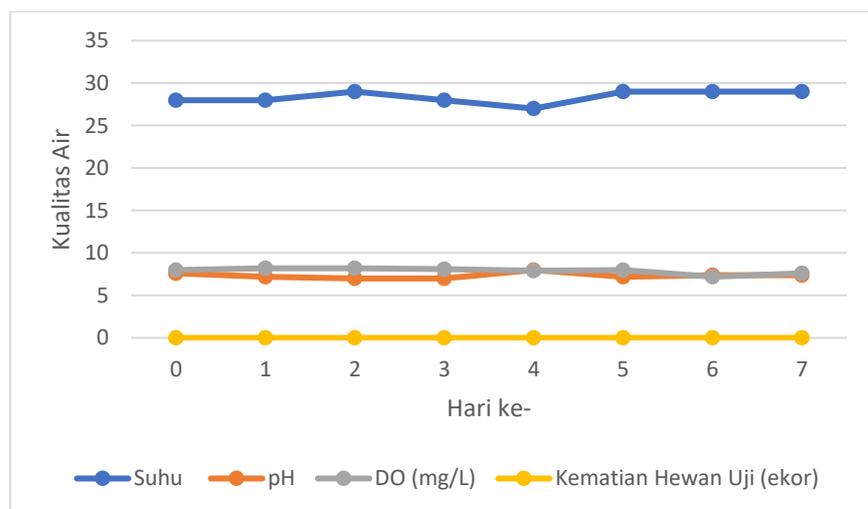
Pada inlet, terdapat proses penyaringan dan pengendapan menggunakan screen dan tabung *recovery*. Tabung *recovery* terdapat proses penambahan bahan kimia berupa *anionic flocculant* yang bertujuan untuk memisahkan krom dengan air limbah. Setelah pemisahan, krom akan

berubah bentuk menjadi padat yang dimana hasil padatan tersebut dikeringkan dan kemudian diberikan kepada pihak ketiga, sedangkan limbah cair penyamakan kulit akan langsung masuk ke dalam IPAL. IPAL terakhir yang berada di industry tersebut kemudian disalurkan ke IPAL Dinas Lingkungan Hidup terdekat melalui pipa untuk diolah kembali sebelum dibuang ke lingkungan secara aman.

Parameter kimia merupakan salah satu hal yang berpengaruh terhadap kualitas air bagi kehidupan organisme akuatik. Pembuangan limbah cair harus memenuhi baku mutu agar tidak merusak ekosistem perairan karena beberapa zat berbahaya yang dihasilkan oleh limbah akan menempel pada organisme akuatik. Limbah cair penyamakan kulit merupakan limbah berbahaya bagi organisme akuatik apabila terjadi paparan langsung karena limbah tersebut banyak mengandung bahan kimia berbahaya seperti kromium yang merupakan salah satu bahan terpenting yang digunakan dalam proses penyamakan kulit yang bertujuan untuk menghaluskan kulit hewan yang akan disamak (Senania & Yanti, 2022).

4.2 Toksisitas Akut

Berikut merupakan hasil pengukuran parameter selama proses aklimatisasi berlangsung:



Gambar 4 1 Hasil Pengukuran Parameter Uji Pada Saat Aklimatisasi

Menurut (Sholihah, 2018), zebrafish dapat hidup dalam suatu skala laboratorium dengan suhu sekitar 6,7°C - 41,7°C, pH sekitar 7 – 8, dan DO lebih dari 7,4 mg/L. Berdasarkan gambar 4.1 menjelaskan bahwa dalam proses aklimatisasi, parameter fisika yang diuji memenuhi baku mutu yaitu pH yang berkisar antara 7 – 8, suhu berkisar 27°C - 29°C, DO 7 mg/l – 8.5 mg/l, dan jumlah kematian dibawah 5% sehingga zebrafish dapat digunakan untuk tahapan selanjutnya yaitu uji pendahuluan lalu uji toksisitas.

4.2.1 Uji Pendahuluan

Berdasarkan data pada tabel 4.3, pada 1 jam pertama pengujian limbah effluent terdapat kematian zebrafish pada konsentrasi 100% sebanyak 9 ekor untuk tangki 1 dan sebanyak 6 ekor pada tangki 2. Setelah 24 jam pengujian, penambahan kematian terjadi pada tangki 1 dalam konsentrasi 100%, sehingga pada tangki 1 dengan konsentrasi 100% mati total, sedangkan pada tangki 2, jumlah kematian setelah 24 jam menambah 2 ekor, sehingga zebrafish pada tangki 2 dalam konsentrasi 100% tersisa 2 ekor.

Pengamatan fisik ikan sebelum terpapar air limbah yaitu memiliki warna badan merah atau orange dengan garis hitam yang tipis, memiliki warna bola mata hitam pekat, dan perilaku yang lincah. Selama uji pendahuluan berlangsung, terdapat perubahan fisik dan perilaku. Pada konsentrasi 100% perilaku zebrafish menjadi kehilangan keseimbangan, melayang di permukaan, dan tenggelam di dasar tangki, sedangkan perubahan fisik terlihat dari garis hitam yang menebal pada badan ikan. Pada konsentrasi 50%; 25%; 12,5%; 6,25%; dan 0% tidak terdapat kematian, tetapi pada konsentrasi 50% terdapat 3 ekor ikan yang bergerak lebih lambat. Sehingga tidak diperlukan konsentrasi baru (Epa & of Water, 2002).

Pada 1 jam pertama pengamatan limbah influent terjadi kematian sebanyak 100% pada konsentrasi 100% dan 50%. Pengamatan setelah 24 jam melakukan uji pendahuluan terjadi kematian total kembali pada konsentrasi 25% dan 12,5%, dan untuk konsentrasi 6,25% terdapat

kematian sebanyak 4 ekor zebrafish. Pengamatan fisik yang terlihat yaitu ketika zebrafish sudah mati terjadi perubahan warna pada badan zebrafish yang berubah menjadi lebih pucat. Sebelum terjadi kematian, zebrafish pada konsentrasi 100% bergerak lebih aktif dibandingkan dengan zebrafish pada tangki konsentrasi lainnya.

Pada pengujian influent terdapat kematian total pada konsentrasi 100% dan 50% pada waktu 24 jam setelah zebrafish dimasukkan ke dalam masing-masing tangki. Oleh karena itu, terjadi penambahan konsentrasi pengenceran untuk uji toksisitas selanjutnya yaitu 0,8%; 1,6%; 3,1%; 6,25% (Epa & of Water, 2002). Pengujian pada contoh uji effluent tidak mematikan 100% populasi zebrafish, sehingga tidak diperlukan konsentrasi pengenceran tambahan dan tetap menggunakan konsentrasi 0% (control) sampai 100%.

Jumlah kematian zebrafish pada uji pendahuluan terdapat persamaan dengan hewan uji lainnya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ziki, 2018 dengan hewan uji udang galah, menjelaskan bahwa konsentrasi limbah influent 100% dan pengenceran 50% dapat menyebabkan kematian total pada udang galah selama 24 jam, sedangkan pada limbah effluent, kematian total udang galah hanya terdapat pada konsentrasi 100% dan untuk konsentrasi lainnya tidak terdapat kematian.

Penelitian yang dilakukan Nugraha, 2018 dengan hewan uji daphnia sp, menjelaskan bahwa daphnia sp dapat menyebabkan kematian total pada hewan uji selama 24 jam di konsentrasi 100% dan pengenceran 50% pada uji limbah effluent dan influent. Untuk penelitian yang telah dilakukan oleh Insyiraah, 2014 dengan hewan uji ikan mas, pada konsentrasi 100%; 10%; 1%; dan 0,1% uji limbah effluent terdapat kematian pada konsentrasi 100% dengan jumlah kematian 70% dan konsentrasi pengenceran 10% dengan jumlah kematian 40%.

Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan dan berdasarkan data penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa, kadar toksisitas mematikan

pada contoh uji influent yaitu terdapat pada konsentrasi 100% dan 50% untuk ketiga hewan uji tersebut, sedangkan pada contoh uji effluent hanya pada konsentrasi 100% kadar toksisitas yang dapat mematikan hewan uji.

Nilai DO, Suhu, dan pH salah satu pengaruh terhadap kematian zebrafish. Terlihat pada tabel 4.3 menjelaskan bahwa nilai DO selama uji pendahuluan berlangsung sangat rendah yaitu dibawah kemampuan zebrafish hidup dalam perairan. Menurut (*Sholiha, 2018*), zebrafish dapat hidup dalam suatu skala laboratorium dengan suhu sekitar 6,7°C - 41,7°C, pH sekitar 7 – 8, dan DO lebih dari 7,4 mg/L. Selain parameter fisika, parameter kimia yang terkandung dalam air limbah berpengaruh juga terhadap kematian zebrafish. Berikut merupakan data parameter fisika selama uji pendahuluan berlangsung:

Tabel 4 3 Parameter Fisika Selama Uji Pendahuluan

Konsentrasi	Influent			Effluent Tanki 1			Effluent Tangki 2		
	pH	DO	Suhu	pH	DO	Suhu	pH	DO	Suhu
%		mg/L	°C		mg/L	°C		mg/L	°C
0	8	7.44	28.9	6	5.33	21.6	6	5.76	21.8
6.25	4	7.99	28.7	6	6.31	21.9	6	5.38	21.1
12.5	4	7.96	28.6	6	5.5	22.5	6	5.2	22.2
25	4	7.24	28.8	6	4.54	22.8	6	4.45	22.4
50	4	6.39	28.9	7	3.75	23	7	3.11	22.7
100	4	6.35	28.9	8	2.85	24.2	8	1.13	23.7

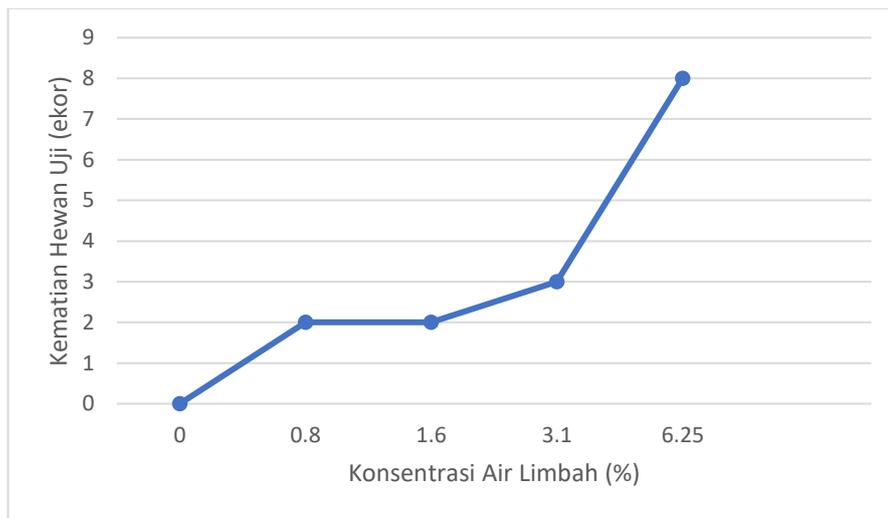
Berikut merupakan data kematian zebrafish selama uji pendahuluan:

Tabel 4 4 Data Kematian Hewan Uji Pada Uji Pendahuluan

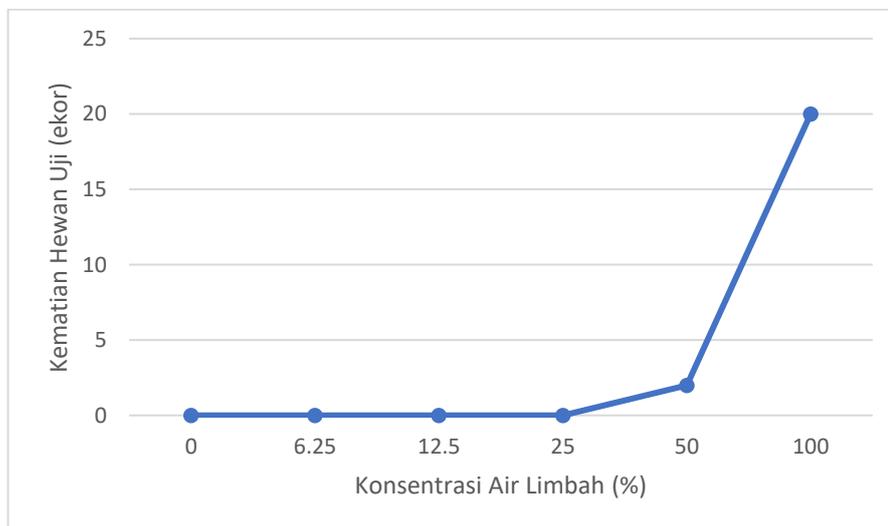
Waktu / Konsentrasi	100%		50%		25%		12.50%		6.25%	
	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef
30 Menit	10	8	10	0	8	0	2	0	1	0
1 Jam	0	7	0	0	2	0	2	0	1	0
2 Jam	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0
24 Jam	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	10	18	10	0	10	0	10	0	4	0

4.2.2 Uji Toksisitas

Uji toksisitas dilakukan selama 96 jam dihitung mulai dari setelah uji pendahuluan selesai. Selama uji toksisitas, kematian hewan uji dicatat setiap 24 jam. Berikut merupakan data kematian selama uji toksisitas berlangsung:



Gambar 4 2 Uji Toksisitas Influent



Gambar 4 3 Uji Toksisitas Effluent

Jumlah kematian terlihat pada gambar 4.3 dengan jumlah tertinggi kematian pada uji toksisitas contoh uji effluent yaitu pada konsentrasi 100% yaitu dengan 18 kematian hewan uji. Kematian disusul pada konsentrasi

50% pada jam ke 48 dengan 1 kematian hewan uji dan konsentrasi 100% menjadi 20 kematian hewan uji. Pada jam ke 96 kematian hewan uji bertambah 1 pada konsentrasi 50%, sehingga jumlah kematian pada konsentrasi 50% menjadi 2 ekor. Konsentrasi lainnya yaitu 25%; 12,5%; 6,25%; dan 0% tidak terjadi kematian.

Jumlah kematian hewan uji dalam contoh uji limbah influent terlihat pada gambar 4.2 dengan konsentrasi 6,25% dengan total kematian 8 ekor. Untuk konsentrasi lainnya yaitu konsentrasi 0,8% terjadi kematian 2 ekor pada jam ke 48 dan 72, untuk konsentrasi 1,6% terjadi kematian 2 ekor pada jam ke 48, serta konsentrasi 3,1%.

Berdasarkan penelitian (Ziki, 2018) menjelaskan bahwa jumlah kematian udang galah terhadap paparan konsentrasi limbah influent dengan konsentrasi 25%; 12,5%; 6,25%; 3,1% dan 1,6%, terjadi kematian terbanyak yaitu pada konsentrasi 25% dengan kematian total udang galah, dan semakin menurun jumlah kematian udang galah seiring turunnya kadar konsentrasi air limbah. Pada contoh uji effluent dengan konsentrasi 100%; 50%; 25%; 12,5%; 6,25%, terjadi kematian total pada konsentrasi 100% dan semakin menurun jumlah kematian udang galah seiring turunnya kadar konsentrasi air limbah.

Berdasarkan penelitian (Nugraha, 2018) menjelaskan bahwa jumlah kematian daphnia sp terhadap paparan konsentrasi uji influent dengan konsentrasi 6,25%; 3,1%; 1,6%, 0,8% terjadi 8 kematian pada konsentrasi 6,25% dan semakin menurun jumlah kematian udang galah seiring turunnya kadar konsentrasi air limbah. Pada contoh uji limbah effluent dengan konsentrasi 25%; 12,5%; 6,25%; 3,1% dan 1,6%, terjadi kematian terbanyak yaitu pada konsentrasi 25% dengan 8 kematian daphnia sp, dan semakin menurun jumlah kematian daphnia sp seiring turunnya kadar konsentrasi air limbah.

Menurut hasil penelitian dan berdasarkan data penelitian terdahulu menjelaskan bahwa, kadar konsentrasi tertinggi dalam kematian hewan uji

pada contoh uji influent yaitu 25% dan 6,25% dengan mematikan hewan uji sebanyak 90% - 100%. Untuk contoh uji effluent, kadar konsentrasi tertinggi kematian hewan terdapat pada 100% untuk hewan uji udang galah dan zebrafish, sedangkan pada daphnia sp terdapat pada konsentrasi 6,25%. Faktor kematian dapat disebabkan oleh tingginya paparan konsentrasi air limbah terhadap hewan uji, dan di dalam air limbah terdapat bahan kimia yang dapat mematikan hewan uji.

4.2.3 Konsentrasi Kematian (LC₅₀)

Hasil dari data uji toksisitas kemudian dianalisis menggunakan metode probit untuk menentukan nilai LC₅₀ dikarenakan terjadi kematian parsial pada 2 konsentrasi uji secara signifikan. Analisis probit dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan menggunakan tabel probit untuk mendapatkan estimasi nilai dan menggunakan regresi, dan cara kedua yaitu dengan menggunakan software seperti SPSS atau EPA Probit Analysis Program Used For Calculating LC/ EC Value Version 1.5 (USEPA, 2002). Berikut merupakan nilai LC₅₀ menggunakan tabel probit dan regresi:

Tabel 4 5 Hasil Nilai LC50

No	Contoh Uji	LC50
1	Effluent	71.0566
2	Influent	4.0241

Berdasarkan penelitian Ziki, 2018 menjelaskan bahwa nilai LC₅₀ terhadap udang galah pada contoh uji influent yaitu sebesar 7,437 sedangkan pada uji effluent sebesar 38,869. Nilai LC₅₀ antara zebrafish dengan udang galah memiliki persamaan pada nilai influent lebih kecil dibandingkan effluent.

Beberapa peneliti lainnya juga melakukan pengujian toksisitas pada air limbah penyamakan kulit. Penelitian yang dilakukan Nugraha, 2018 mendapatkan nilai LC₅₀ terhadap daphnia sp di uji effluent sebesar 89,83 dan untuk *mixing* sebesar 80,47. Peneliti lainnya yaitu Insyiraah, 2014 menjelaskan nilai LC₅₀ terhadap ikan mas di uji effluent sebesar 75.85.

Terdapat penelitian terhadap zebrafish namun memiliki sumber limbah yang berbeda seperti penelitian yang dilakukan oleh Affandi, 2019 terhadap air limbah penambangan timah dengan hasil nilai LC₅₀ sebesar 14,21. Dilakukan juga pengujian toksisitas terhadap air limbah kokas yang dilakukan oleh Li et.al, 2023 dengan hasil sebesar 89,95.

Sebagai perbandingan lainnya, pengujian toksisitas dilakukan pada air lindi TPA Piyungan pada daphnia sp dengan hasil limbah influent sebesar 0,482 dan limbah effluent sebesar 2,752 (Kartikasari, 2020). Untuk penelitian yang dilakukan Siwi, 2021 terhadap udang galah pada limbah tenun troso menghasilkan nilai LC₅₀ 794,7 di reaktor 1 dan 791,7 di reaktor 2.

4.2.4 Toxic Unit acute (Tua)

Dalam menentukan nilai TUa yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TUa = \frac{100}{LC50}$$

Sehingga didapatkan nilai TUa limbah penyamakan kulit pada contoh uji effluent yaitu:

$$\begin{aligned} TUa &= \frac{100}{71.05668} \\ &= 1.4073 \end{aligned}$$

Sedangkan, pada contoh uji influent yaitu:

$$\begin{aligned} Tua &= \frac{100}{4.0241} \\ &= 24.8496 \end{aligned}$$

Berikut merupakan tabel nilai TUa:

Tabel 4 6 Hasil Nilai TUa

No	Contoh Uji	TUa
1	Effluent	1.4073
2	Influent	24.8496

Menurut tingkatan TUa (Khotimah et al., 2018) yaitu,

Tabel 4 7 Kategori Toksisitas

TU	Kategori
< 3	Non toxic
3 – 10	Slightly toxic
10 – 50	Toxic
50 - 100	Very toxic
>100	Extremely toxic

Berdasarkan tabel diatas, maka kategori TUa untuk contoh uji effluent termasuk ke dalam kategori *non-toxic*, sedangkan untuk contoh uji influent termasuk ke dalam kategori *toxic*. Untuk perbandingan dengan hewan uji lainnya yaitu pada udang galah dengan hasil TUa influent sebesar 13,45 sedangkan pada effluent sebesar 3,06 (Permana, 20118). Berdasarkan hasil tersebut, persamaan kategori toksisitas terdapat pada contoh uji influent dengan kategori *toxic*, sedangkan pada contoh uji effluent untuk udang galah terdapat pada kategori *slightly toxic*.

Nilai TUa dalam penelitian Nugraha, 2018 yaitu 1,23 untuk *mixing* dan 1,11 untuk effluent. Pada limbah *mixing* terdapat pencampuran influent *dying* dan influent kromium sehingga nilai TUa *mixing* lebih besar dibandingkan effluent sehingga keduanya termasuk ke dalam kategori *nontoxic*. Menurut (Insyiraah, 2014) pada pengujian toksisitas terhadap ikan mas termasuk ke dalam kategori *toxic* dan menyebabkan kematian terhadap hewan uji.

Kategori TUa pada limbah penambangan kokas termasuk ke dalam kateogori *toxic* dengan nilai 25,90 (Li et.al, 2023). Untuk nilai TUa limbah air lindi TPA Piyungan pada daphnia sp di limbah influent sebesar 203,33, sedangkan effluent sebesar 36,33. Limbah influent termasuk ke dalam kategori *extremely toxic*, dan limbah effluent termasuk ke dalam kategori *toxic* (Kartikasari et.al, 2020).

Perbedaan maupun persamaan kategori tersebut didasarkan dari jumlah kematian hewan uji selama proses uji toksikologi. Selain itu,

karakteristik kimia dan fisika berpengaruh juga terhadap kerentanan hewan uji. Semakin tinggi nilai parameter maka akan semakin rentan hewan uji untuk mati.

4.3 Pengaruh Kualitas Air Limbah Penyamakan Kulit Terhadap Kematian Hewan Uji

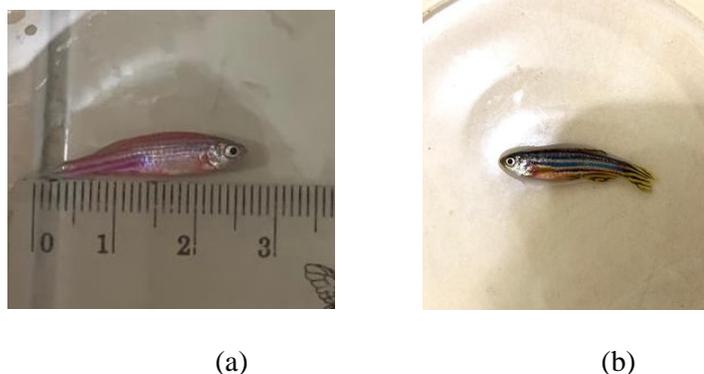
Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Permana, 2018 dengan hasil kromium 0,47 mg/L untuk hewan uji udang galah dan hasil pengujian kromium pada zebrafish menghasilkan kadar kromium sebanyak 2,25 mg/L menyebabkan perubahan kerja metabolisme hewan uji. Hal tersebut dikarenakan kromium berinteraksi dengan enzim dan membrane sel, sehingga kerja enzim terhambat dan akhirnya menyebabkan kematian. Pada *daphnia sp*, kromium membuat penurunan berat badan dan menghambat masa pertumbuhan (Nugraha, 2018). Selain itu, paparan kromium terhadap hewan uji dapat juga dapat merubah perilaku hewan uji serta merusak jaringan dan organ seperti hati, ginjal, dan insang yang dapat mengganggu respirasi (Li et.al, 2023).

Terdapat persamaan antara zebrafish dengan udang galah dalam perubahan fisik, dalam penelitian yang telah dilakukan oleh (Permana, 2018), menyatakan bahwa kerapak udang/lambung udang berubah menjadi hitam dan pucat, sedangkan dalam perubahan perilaku hewan uji, zebrafish memiliki persamaan dengan ikan mas. Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh (Insyiraah, 2014) menyatakan bahwa ikan mas yang telah terpapar limbah penyamakan kulit mengalami stress secara fisiologis dengan perilaku awal yaitu bergerak lincah, namun setelah terpapar air effluent limbah penyamakan kulit, perilaku ikan berubah menjadi lebih lincah dibandingkan sebelumnya dengan menabrakan diri ke dinding tangki mau aerator sehingga membuat zebrafish pingsan dan kemudian mati.

Menurut (Maryudi et al., 2021) pada proses penyamakan, kandungan kromium hanya dapat terserap ke dalam kulit hewan sekitar 60%

– 70% dan sisanya akan terbawa ke dalam limbah penyamakan. Organisme akuatik atau hewan uji yang terpapar langsung oleh kromium dapat terhambat masa pertumbuhannya karena kerja enzim terhalang oleh kromium (Permana, 2018). Selain itu keberadaan kromium pada perairan mengakibatkan lingkungan dan organisme air tercemar sehingga dapat membahayakan bahkan menyebabkan kematian dan kualitas air akan menurun (Senania & Yanti, 2022).

Berikut merupakan gambar perbandingan zebrafish:



Gambar 4.4 Zebrafish sebelum terpapar limbah (a); Zebrafish setelah terpapar limbah (b)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) berpengaruh terhadap kelangsungan hidup organisme perairan dikarenakan BOD dapat menentukan kualitas air yang baik. Semakin tinggi nilai BOD maka akan semakin buruk kualitas air karena mempercepat pertumbuhan bakteri dan menghalangi oksigen yang akan masuk ke dalam air, sehingga organisme perairan akan kekurangan oksigen dan kemudian berpengaruh terhadap pertumbuhan, bahkan dapat menyebabkan kematian. Nilai BOD yang di atas baku mutu yaitu sebesar 50 mg/L akan berdampak kepada zebrafish dan udang galah dikarenakan hewan uji membutuhkan oksigen yang banyak untuk mengoksidasi sel karbohidrat dan melepaskan energi (Permana, 2018).

Nilai BOD merupakan salah satu parameter penting dalam faktor

kematian hewan uji. Pada paparan zebrafish kadar BOD sebesar 52 mg/L, sedangkan pada paparan udang galah sebesar 429 mg/L. Dengan hasil pengujian kadar BOD yang melebihi baku mutu tersebut menjadi salah satu faktor kematian tertinggi pada hewan uji karena kualitas air limbah buruk.

Berbeda dengan daphnia sp yang tidak berpengaruh terhadap nilai BOD dikarenakan daphnia sp memiliki kemampuan bertahan hidup dalam lingkungan yang kadar oksigen terlarut rendah (Nugraha et al., 2018). Hal tersebut disebabkan karena terjadinya perubahan metabolisme yang dilakukan oleh daphnia menjadi metabolisme anaerobic yang tidak efisien dan menyebabkan produk sampingan beracun contohnya asam laktat (Lie et al., 2023).

Sulfida merupakan senyawa yang sulit larut dan bersifat toksik dan memiliki bentuk yang mirip dengan ammonia. Kandungan sulfida pada penelitian (Ziki, 2018) pada udang galah memiliki perbedaan nilai dengan penelitian yang dilakukan pada zebrafish yaitu untuk udang galah sebesar 3 mg/L, sedangkan pada zebrafish 1.8 mg/L. Kadar sulfida yang tinggi dan melebihi baku mutu menyebabkan hewan uji kekurangan oksigen yang disebabkan karena transport oksigen terganggu yang dimana sulfida dapat mengikat hemoglobin lebih kuat daripada oksigen (Pakpahan, 2013).

Kondisi fisik zebrafish sebelum terpapar oleh contoh uji air limbah penyamakan kulit yaitu berwarna oranye dengan garis tipis berwarna hitam. Setelah terjadi kematian terdapat perubahan pada warna badan yaitu garis hitam menjadi lebih tebal atau badan zebrafish lebih banyak didominasi warna hitam. Perubahan warna pada badan zebrafish diakibatkan karena adanya ammonia yang terakumulasi dalam tubuh, sehingga mengganggu proses metabolisme pada zebrafish (Permana, 2018).

Menurut (Permana, 2018), air yang mengandung ammonia tinggi dapat mengakibatkan pengurangan keterkaitan pigmen darah untuk oksigen sehingga organisme perairan mudah sakit. Ammonia yang terlarut dalam air akan menyebabkan keracunan bagi organisme perairan karena

keberadaannya tersebut menyebabkan penurunan oksigen terlarut dalam air. Kandungan ammonia akan teroksidasi menjadi nitrit kemudian nitrat (Nugraha et al., 2018). Kandungan ammonia pada penelitian (Ziki, 2018) pada udang galah memiliki perbedaan nilai dengan penelitian yang dilakukan pada zebrafish yaitu untuk udang galah sebesar 3,5 mg/L, sedangkan pada zebrafish 0,6 mg/L.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada industri penyamakan kulit di PT. X pada Kawasan industri Sitimulyo, Piyungan, Bantul adalah sebagai berikut:

1. Hasil parameter kimia contoh uji effluent yang telah diuji seperti BOD, COD, ammonia, sulfida, dan krom masih melebihi baku mutu. Parameter lainnya seperti TDS, TSS, minyak lemak, dan nitrogen total telah memenuhi baku mutu. Parameter yang melebihi baku mutu merupakan salah satu faktor terjadinya kematian pada hewan uji.
2. Nilai toksisitas IPAL air limbah industri penyamakan kulit di PT. X pada Kawasan industri Sitimulyo, Piyungan, Bantul untuk contoh uji effluent dikategorikan ke dalam *non toxic* dengan nilai LC_{50} 71,0566 dan nilai *Tua* sebesar 1,4073. Untuk contoh uji influent dikategorikan ke dalam *toxic* dengan nilai LC_{50} 4.0241 dan nilai *Tua* sebesar 24,8496.

5.2 Saran

Saran yang dapat mendukung penelitian ini ke depannya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian dengan hewan uji lain
2. Pengujian toksisitas dapat dilakukan pada setiap unit pengolaha IPAL maupun badan air penerima
3. Pengujian effluent dan influent dilakukan dalam satu waktu

Lampiran I

Aklimatisasi Hewan Uji

Selama 7 hari hewan uji akan diukur kualitas airnya seperti temperature, oksigen terlarut dalam air, serta alkalinitasnya. Kematian hewan uji selama aklimatisasi dicatat agar dapat diketahui populasi hewan uji untuk mengetahui diperlukan atau tidak dalam pergantian populasi. Berikut merupakan data hasil aklimatisasi:

Table 1 Data Aklimatisasi

No	Waktu (hari)	Suhu	pH	DO (mg/L)	Kematian
1	0	28	7.6	8	0
2	1	28	7.2	8.2	0
3	2	29	7	8.2	0
4	3	28	7	8.1	0
5	4	27	8	7.9	0
6	5	29	7.2	8	0
7	6	29	7.4	7.2	0
8	7	29	7.4	7.6	0
Rata-Rata		28.38	7.35	7.9	0.00

Menurut SNI 01-6486.3-2000, menjelaskan bahwa kualitas air untuk kandungan oksigen terlarut (DO) > 5 mg/L ; suhu berkisar 28 – 30°C ; dan pH berkisar 7 – 8,5.

Pada proses aklimatisasi, tidak terdapat hewan uji yang mengalami kematian.

$$\begin{aligned}\% \text{ Kematian} &= \frac{0 \text{ ekor}}{800 \text{ ekor}} \times 100\% \\ &= 0\%\end{aligned}$$

Ikan mampu bertahan $\geq 90\%$ populasi, sehingga dapat dikategorikan sehat dan dapat digunakan pada proses pengujian.

LAMPIRAN II

UJI TOKSISITAS

A. Uji Pendahuluan

Menurut (UESPA, 200) uji pendahuluan bertujuan untuk menentukan konsentrasi yang akan diunakan dalam pengujian toksisitas yang dilakukan selama 24 jam. Pada uji pendahuluan, konsentrasi air limbah penyamakan kulit yang digunakan yaitu 0% ; 6,25% ; 12,5% ; 25% ; 50% ; 100%. Parameter yang diukur dalam uji pendahuluan yaitu suhu, DO, dan pH. Berikut merukan data uji pendahuluan:

Tabel 2 5 Data Uji Pendahuluan Effluent

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit	Suhu	pH	DO	Total Kematian Ikan
	(%)	(°C)		mg/L	Ekor
1	0	21.6	6	5.33	0
2	0	21.8	6	5.76	0
3	6.25	21.9	6	6.31	0
4	6.25	21.1	6	5.38	0
5	12.5	22.5	6	5.5	0
6	12.5	22.2	6	5.2	0
7	25	22.8	6	4.54	0
8	25	22.4	6	4.45	0
9	50	23	7	3.75	0
10	50	22.7	7	3.11	0
11	100	24.2	8	2.85	10
12	100	23.7	8	1.13	8

Tabel 2 6 Data Uji Pendahuluan Influent

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit	Suhu	pH	DO	Total Kematian Ikan
	(%)	(°C)		mg/L	Ekor
1	0	28.9	8	7.44	0
2	6.25	28.7	4	7.99	4
3	12.5	28.6	4	7.96	10
4	25	28.8	4	7.24	10
5	50	28.9	4	6.39	10
6	100	28.9	4	6.35	10

B. Uji Toksisitas

Uji toksisitas dilakukan pada effluent IPAL industry penyamakan kulit dan menggunakan zebrafish. Parameter yang diuji selama pengujian berlangsung yaitu suhu, DO, dan pH. Pada limbah influent terdapat konsentrasi baru dikarenakan saat uji pendahuluan terjadi kematian total pada konsentrasi 100% dan 50%, sehingga konsentrasi yang dibuat yaitu konsentrasi 0,8%; 1,6%; dan 3,1%. Berikut merupakan data uji toksisitas:

Tabel 2 7 Data Kematian Populasi Uji Toksisitas Effluent

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	Jumlah Populasi (Ekor)	Kematian Hewan Uji (Ekor)					Jumlah	Total
			0	24	48	72	96		
1	0 (I)	10	0	0	0	0	0	0	
	0 (II)	10	0	0	0	0	0		
2	6.25 (I)	10	0	0	0	0	0	0	
	6.25 (II)	10	0	0	0	0	0		
3	12.5 (I)	10	0	0	0	0	0	0	

	12.5 (II)	10	0	0	0	0	0	0	
4	25 (I)	10	0	0	0	0	0	0	0
	25 (II)	10	0	0	0	0	0	0	
5	50 (I)	10	0	0	1	0	0	1	2
	50 (II)	10	0	0	0	1	0	1	
6	100 (I)	10	9	10	10	10	10	10	20
	100 (II)	10	8	10	10	10	10	10	

Tabel 2 8 Data Kematian Populasi Uji Toksisitas Influent

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	Jumlah Populasi (Ekor)	Kematian Hewan Uji (Ekor)					Jumlah
			0	24	48	72	96	
1	0	10	0	0	0	0	0	0
2	0.8	10	0	0	1	1	0	2
3	1.6	10	0	0	2	0	0	2
4	3.1	10	0	0	2	1	0	3
5	6.25	10	0	4	0	0	0	4

Tabel 2 9 Data Uji Toksisitas Effluent

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	0 Jam			24 Jam		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
1	0 (I)	23.9	6	8.12	23.3	6	7.12
	0 (II)	23	6	7.01	23.3	6	8.2
2	6.25 (I)	23.2	6	7.67	24.4	6	7.63
	6.25 (II)	22.9	6	8.03	24.4	6	7.88
3	12.5 (I)	23.7	6	6.79	24.7	6	6.96
	12.5 (II)	23	6	7.02	24.6	6	5.69
4	25 (I)	24	6	6.87	24.8	6	8.01

	25 (II)	23.7	6	6.89	24.5	6	7.89
5	50 (I)	24	7	6.65	24.9	8	6.16
	50 (II)	24.4	7	6.71	24.8	8	7.21
6	100 (I)	22	8	6.05	24.9	8	4.34
	100 (II)	22.7	8	5.91	14.6	8	6.5

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	48			72		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
1	0 (I)	25	6	6.56	28.8	6	5.07
	0 (II)	24.6	6	7.89	28.8	6	6.7
2	6.25 (I)	25	7	7.78	28.6	6	7.23
	6.25 (II)	25.1	7	7.7	28.7	6	7.07
3	12.5 (I)	25.7	7	6.3	27.9	7	5.68
	12.5 (II)	25.4	7	7.54	28.4	7	7.02
4	25 (I)	25.9	7	6.11	27.4	7	5.82
	25 (II)	25.9	7	5.12	27.6	7	5.04
5	50 (I)	26.5	7	6.34	26	7	6.55
	50 (II)	25.9	7	6.43	26.4	7	5.93
6	100 (I)	28	8	5.58	24.9	8	6.79
	100 (II)	27.3	8	5.56	25.6	8	6.12

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	96		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
1	0 (I)	28.9	6	6.21
	0 (II)	29	6	7.03
2	6.25 (I)	28.4	6	7.05
	6.25 (II)	28.6	6	6.86
3	12.5 (I)	27.8	7	5.95
	12.5 (II)	28.3	7	7.08

4	25 (I)	27.1	7	6.48
	25 (II)	27.4	7	5.3
5	50 (I)	26.3	7	5.53
	50 (II)	26.6	7	7.1
6	100 (I)	24.7	8	9.09
	100 (II)	25.2	8	7.27

Tabel 2 10 Data Uji Toksisitas Influent

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	0 Jam			24 Jam		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
1	0	28.5	8	7.49	27.9	8	7.07
2	0.8	28.3	6	7.63	27.6	8	7.8
3	1.6	28.5	5	7.49	27.7	8	5.75
4	3.1	4.65	4	28.5	28	8	7.24
5	6.25	28.3	7	6.4	27.7	8	7.78

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	48			72		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
1	0	28.2	8	7.51	27.2	8	7.64
2	0.8	28.2	8	6.88	26.8	8	8.77
3	1.6	27.9	8	7.93	26.8	8	6.34
4	3.1	27.9	8	7.93	27.4	8	5.7
5	6.25	27.8	8	7.61	26.9	8	8.02

No	Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit (%)	96		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)

1	0	26.9	8	7.1
2	0.8	26.4	8	8.13
3	1.6	26.4	8	6.82
4	3.1	26.7	8	7.22
5	6.25	26.7	8	8.12

Lampiran III

Analisis Data Kematian *Zebrafish*

a. Effluent Limbah Penyamakan Kulit

Berikut merupakan perhitungan data kematian hewan uji menggunakan metode probit dengan menggunakan regresi least square atau tanpa program komputer:

Tabel 3 4 Konsentrasi dan Nilai Probit Air Limbah Effluent IPAL Penyamakan Kulit

K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah hewan uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas (%)	Log konsnetrasi	Probit
100	20	20	100	2.00	7.37
50	20	2	10	1.70	3.72
25	20	0	0	1.40	0
12.5	20	0	0	1.10	0
6.25	20	0	0	0.80	0
0 (kontrol)	20	0	0	0	0

Tabel 3 5 Persamaan Linear Effluent Air Limbah Penyamakan Kulit Metode Probit

No	Konsentrasi (%)	Log Konsentrasi (X)	Probit (Y)	XY	X2
1	100	2.00	7.37	14.74	4.00
2	50	1.70	3.72	6.32	2.89
3	25	1.40	0	0	1.95
4	12.5	1.10	0	0	1.20
5	6.25	0.80	0	0	0.63

6	0 (kontrol)	0.00	0	0	0.00
Total		6.99	11.09	21.06	10.68

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{(\sum y)(\sum X^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum X^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(11.09)(10.68) - (6.99)(21.06)}{6(10.68) - (6.99)^2} \\
 &= 6.1322
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum X^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{6(21.06) - (6.99)(11.09)}{6(10.68) - (6.99)^2} \\
 &= -6.3545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= bX + a \\
 &= -6.3545 X + 6.1322
 \end{aligned}$$

Y untuk 50% kematian populasi adalah 5

$$5 = -6.3545 X + 6.1322$$

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{5 - 6.1322}{-6.3545} \\
 &= 1.8516
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LC_{50} &= 10^{1.8516} \\
 &= 71.0566
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TUa &= \frac{100}{LC50} \\
 &= \frac{100}{71.0566} \\
 &= 1.40
 \end{aligned}$$

b. Infulent Limbah Penyamakan Kulit

Berikut merupakan perhitungan data kematian hewan uji menggunakan metode probit dengan menggunakan regresi least square atau tanpa program komputer:

Tabel 3 6 Konsentrasi dan Nilai Probit Air Limbah Influent IPAL Penyamakan Kulit

K1	K2	K3	K4	K5	K6
Konsentrasi (%)	Jumlah hewan uji	Kematian/Mortalitas	% mortalitas (%)	Log konsnetrasi	Probit
6.25	10	8	80	0.80	5.84
3.1	10	3	30	0.49	4.48
1.6	10	2	20	0.20	4.16
0.8	10	2	20	-0.10	4.16
0 (kontrol)	10	0	0	0.00	0

Tabel 3 7 Persamaan Linear Influent Air Limbah Penyamakan Kulit Metode Probit

No	Konsentrasi (%)	Log Konsentrasi (X)	Probit (Y)	XY	X2
1	6.25	0.80	5.84	4.647939	0.63
2	3.1	0.49	4.48	2.20	0.24
3	1.6	0.20	4.16	0.849139	0.04
4	0.8	-0.10	4.16	-0.403146	0.01
5	0 (kontrol)	0.00	0	0	0.00
Total		1.39	18.64	7.30	0.93

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{(\sum y)(\sum X^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum X^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(18.64)(0.93) - (1.39)(7.30)}{5(0.93) - (1.39)^2} \\
 &= 3.9043
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum X^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{5(7.30) - (1.39)(18.64)}{5(0.93) - (1.39)^2} \\
 &= 2.6391
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= bX + a \\ &= 2.6391 X + 3.9043 \end{aligned}$$

Y untuk 50% kematian populasi adalah 5

$$5 = 2.6391 X + 3.9043$$

$$\begin{aligned} X &= \frac{5-3.9043}{-2.6391} \\ &= 0.6046 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LC_{50} &= 10^{0.6046} \\ &= 4.0241 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TUa &= \frac{100}{LC50} \\ &= \frac{100}{4.0241} \\ &= 24.8496 \end{aligned}$$

Lampiran IV

Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit

1. Perhitungan Debit Air Limbah Penyamakan Kulit

PT. X menggunakan 1125 liter air dalam 1 kali produksi. Alat produksi untuk proses penyamakan kulit terdapat 12 unit, sehingga debit dapat dihitung sebagai berikut:

$$1125 \text{ liter} \times 12 \text{ unit} \times 80\% = 10.800$$

a. Perhitungan Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

Standarisasi Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$)

Normalitas $K_2Cr_2O_7$ sebesar 0,025 N yang kemudian dimasukkan ke dalam erlenmayer 250 ml sebanyak 10 ml. Volume titrasi $Na_2S_2O_3$ didapat sebanyak 12,8 ml. Maka normalitas $Na_2S_2O_3$ dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$V_{Na_2S_2O_3} \times N_{Na_2S_2O_3} = V_{K_2Cr_2O_7} \times N_{K_2Cr_2O_7}$$

$$9,3 \text{ ml} \times N_{Na_2S_2O_3} = 10 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N}$$

$$N_{Na_2S_2O_3} = \frac{0,25}{9,3}$$

$$N_{Na_2S_2O_3} = 0,0268 \text{ N}$$

Berikut merupakan data hasil pengujian parameter BOD:

Tabel 4 8 Data Pengujian BOD

No	Contoh Uji	N	F	Volume Titrasi 0 hari (m/L)	Volume Titrasi 5 hari (m/L)	DO 0	DO 5	V mikroba (mL)	P
1	Blanko 1	0.0268	1.02040	1.4	1.3	6.1257	5.6881	0	0.025
2	Blanko 2	0.0268	1.02040	1.4	1.3	6.1257	5.6881	0	0.025
3	Sampel 1	0.0268	1.02040	1.1	0.7	4.8130	3.0628	2	0.025
4	Sampel 2	0.0268	1.02040	1.1	0.7	4.8130	3.0628	2	0.025

Berikut merupakan contoh perhitungan kadar BOD:

Diketahui:

Effluent IPAL Penyamakan Kulit

Volume titrasi DO₀ = 1.1 ml

Volume titrasi DO₅ = 0.7 ml

Normalitas Na₂S₂O₃ = 0.0268 N

F (faktor) =

$$F = \frac{\text{volume botol}}{\text{volume botol} - \text{volume MnSO}_4 - \text{volume alkali iodida azida}}$$

$$= \frac{100 \text{ ml}}{100 \text{ ml} - 1 \text{ ml} - 1 \text{ ml}}$$

$$= 1.02040$$

$$P \text{ (faktor pengencer)} = \frac{\text{volume sampel}}{\text{volume total}}$$

$$= \frac{25 \text{ ml}}{100 \text{ ml}}$$

$$= 0,025$$

Untuk mengetahui nilai BOD, maka harus diketahui nilai DO terlebih dahulu, dalam menghitung DO menggunakan persamaan berikut:

$$DO = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50}$$

Sehingga,

$$DO_0 = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50}$$

$$= \frac{1,1 \times 0,0268 \times 8000 \times 1,02040}{50}$$

$$= 4.8130$$

$$DO_5 = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50}$$

$$= \frac{0,7 \times 0,0268 \times 8000 \times 1,02040}{50}$$

$$= 3.0628$$

Setelah mengetahui nilai DO, maka nilai BOD dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(D_{00} - D_{05}) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right) V_a}{P}$$

Diketahui:

$$B_1 = 6.1257$$

$$B_2 = 5.6881$$

$$V_B = V_a$$

$$\text{BOD}_5 = \frac{(D_{00} - D_{05}) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right) V_a}{P}$$

$$= \frac{(4,8130 - 3.0628) - \left(\frac{6,1257 - 5.6881}{2 \text{ ml}}\right) 2 \text{ ml}}{0.025}$$

$$= 52,504 \text{ mg/L (MELEBIHI BAKU MUTU)}$$

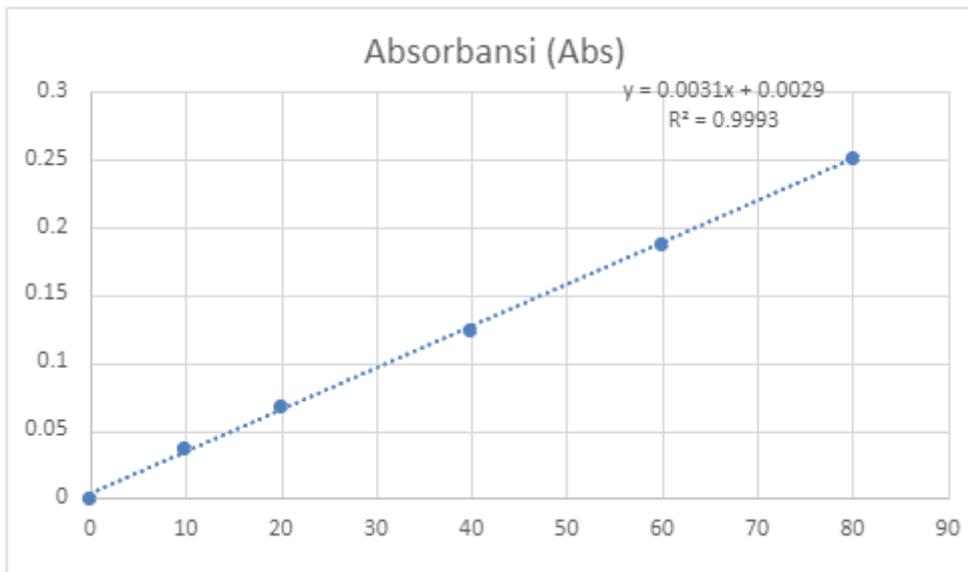
b. Perhitungan Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

Kebutuhan oksigen kimia dalam air diukur menggunakan spektrofotometer.

Perhitungan terhadap contoh uji dapat dilakukan setelah kurva kalibrasi.

Tabel 4 9 Standar KHP COD

Data Kurva Standar		
No.	Konsentrasi Standar KHP (mg/L)	Absorbansi (Abs)
1	0	0
2	10	0.036
3	20	0.068
4	40	0.124
5	60	0.187
6	80	0.251



Gambar 4.5 Kurva Absorbansi COD

Tabel 4.10 Data Pengujian COD

Uji sampel penyamakan kulit		
	Abs Sampel	Konsentrasi (ppm)
COD	0.343	117.2069

Perhitungan:

Untuk mengetahui kadar COD, maka perhitungan yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

$$y = 0,0031 x + 0,0029$$

sehingga, jika diketahui absorbansi influent IPAL penyamakan kulit yaitu 0,343,

$$0,343 = 0,0031 x + 0,0029$$

$$x = \frac{0,343 - 0,0029}{0,0031}$$

$$= 117,2069 \text{ mg/L (MELEBIHI BAKU MUTU)}$$

c. Perhitungan Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Tabel 4 11 Data Parameter TSS

No	Contoh Uji	Berat Kertas Saring Kosong	Berat Kertas Saring Sampel	Selisih Berat	Kadar TSS
		Gram	Gram	Gram	Mg/L
1	Sampel Uji	1.2250	1.2775	5.25	1.050

$$= \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(1.2775-1.2250) \times 1000}{50}$$

$$= 1.050 \text{ (AMAN)}$$

d. Perhitungan Total Padatan Solid (TDS)

Tabel 4 12 Data Parameter TDS

No	Contoh Uji	Berat Cawan Kosong	Berat Cawan Sampel	Selisih Berat	Kadar TDS
		Gram	Gram	Gram	Mg/L
1	Sampel Uji	62.2312	62.6676	4.364	8.7280

$$= \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(62.6676-62.2312) \times 1000}{50}$$

$$= 8.728 \text{ (AMAN)}$$

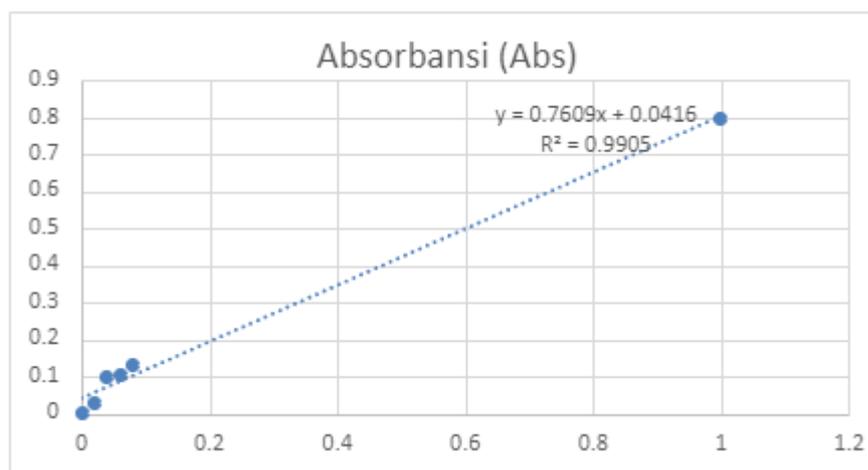
e. Perhitungan Nitrogen Total

1. Nitrit

Pengujian nitrit menggunakan spektrofotometri. Berikut merupakan data pengujian nitrit:

Tabel 4 13 Konsentrasi Larutan Baku Nitrit

No.	Konsentrasi Lar. Baku (mg/l)	Absorbansi (Abs)
1	0	0
2	0.02	0.03
3	0.04	0.097
4	0.06	0.105
5	0.08	0.132
6	1	0.7986



Gambar 4 6 Kurva Absorbansi Nitrit

Tabel 4 14 Data Parameter Nitrit

NITRIT		
	Abs Sampel	Konsentrasi (ppm)
NITRIT	0.819	1.3966

Perhitungan:

Untuk mengetahui kadar nitrit, maka perhitungan yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

$$y = 0,7609 x + 0,0416$$

sehingga, jika diketahui absorbansi influent IPAL penyamakan kulit

yaitu 0,819

$$0,819 = 0,7609 x + 0,0416$$

$$x = \frac{0,819 - 0,0416}{0,7609}$$

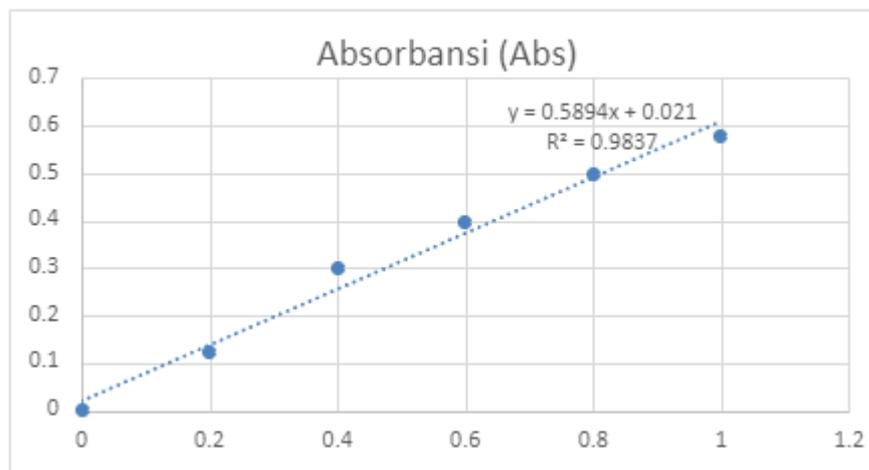
$$= 1,3966 \text{ mg/L}$$

2. Nitrat

Pengujian nitrat menggunakan spektrofotometer UV-visibel secara reduksi kadium. Berikut merupakan data pengujian nitrat:

Tabel 4 15 Konsentrasi Larutan Nitrat

No.	Konsentrasi Lar. Baku (ppm)	Absorbansi (Abs)
1	0	0
2	0.2	0.121
3	0.4	0.298
4	0.6	0.398
5	0.8	0.498
6	1	0.579



Gambar 4 7 Kurva Absorbansi Nitrat

Tabel 4 16 Data Parameter Nitrat

NITRAT		
	Abs Sampel	Konsentrasi (ppm)
NITRAT	0.647	2.7429

Perhitungan:

Untuk mengetahui kadar nitrat, maka perhitungan yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

$$y = 0,5894 x + 0,021$$

sehingga, jika diketahui absorbansi influent IPAL penyamakan kulit yaitu 0,647, maka:

$$0,647 = 0,5894 x + 0,021$$

$$x = \frac{0,647 - 0,021}{0,5894}$$

$$= 2,7429 \text{ mg/L}$$

Maka, untuk perhitungan N-Total yaitu :

$$= \text{nitrit} + \text{nitrat}$$

$$= 1,3966 \text{ mg/L} + 2,7429 \text{ mg/L}$$

$$= 4.1395 \text{ (AMAN)}$$

f. Perhitungan Minyak dan Lemak

Tabel 4 17 Data Parameter Minyak Lemak

No	Contoh Uji	W0	W1	Selisih Berat	Minyak Lemak
		Gram	Gram	Gram	Mg/L
1	Sampel Uji	128.6404	128.6677	2.73	0.0273

$$= \frac{(W1 - W0) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(128.6677 - 128.6404) \times 1000}{1000}$$

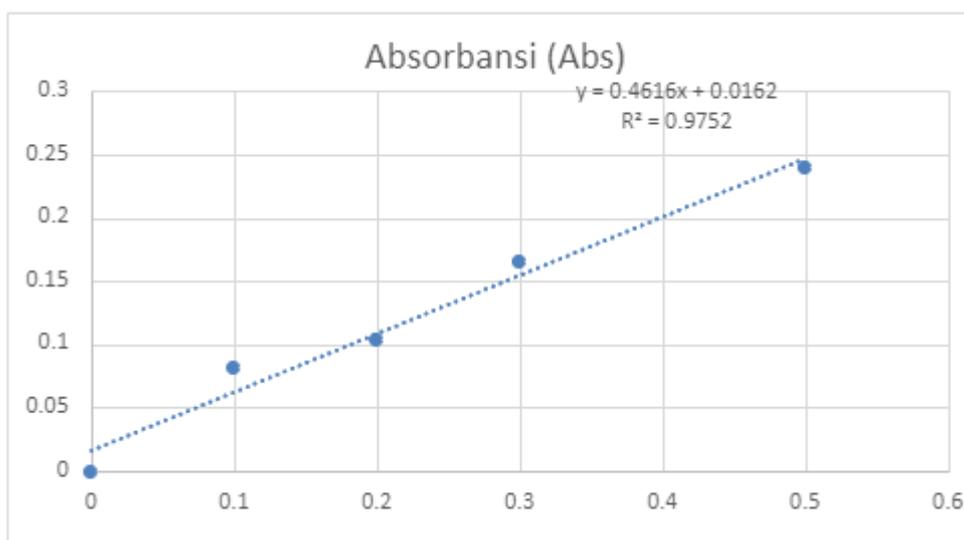
$$= 0.0273 \text{ (AMAN)}$$

g. Perhitungan Amonia Total

Pengujian ammonia digunakan untuk penentuan kadar ammonia dengan spektrofotometer, berikut merupakan perhitungan ammonia total:

Tabel 4 18 Larutan Standar Ammonia Total

Data Kurva Standar		
No.	Konsentrasi Standar KHP (mg/L)	Absorbansi (Abs)
1	0	0
2	0.1	0.081
3	0.2	0.104
4	0.3	0.165
5	0.5	0.239



Gambar 4 8 Kurva Absorbansi Ammonia Total

Berikut merupakan data absorbansi ammonia total:

Tabel 4 19 Data Parameter Ammonia Total

Uji coba sampel penyamakan kulit		
	Abs Sampel	Konsentrasi (mg/l)
AMONIA TOTAL	0.472	0.6420

Perhitungan:

Untuk mengetahui kadar ammonia total, maka perhitungan yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

$$y = 0,4616 x + 0,0162$$

sehingga, jika diketahui absorbansi influent IPAL penyamakan kulit yaitu 0,472, maka:

$$0,472 = 0,4616 x + 0,0162$$

$$x = \frac{0,472 - 0,0162}{0,4616}$$

$$= 0,6420 \text{ mg/L (MELEBIHI BAKU MUTU)}$$

h. Perhitungan Sulfida

Normalitas iodin sebesar 0,025 N dimasukkan ke dalam erlenmayer 250 ml, serta normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan pada saat titrasi yaitu sebesar 0,025 N. Berikut merupakan data perhitungan sulfida:

Tabel 4 20 Data Parameter Sulfida

No	Sampel	Volume Iodin (ml)	Volume Natrium Tiosulfat (mL)	Volume Contoh Uji (ml)	Kadar Sulfida
1	Sampel Uji	5	1.4	200	1.8

Mg $\text{S}^{2-}/\text{L} =$

$$((V \text{ iodine} \times N \text{ iodine}) - (V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)) \times \frac{16000}{\text{Volume Uji}} \times \frac{\text{Vol Akhir}}{\text{Vol Awal}}$$

$$= ((5 \times 0,0250) - (1,4 \times 0,0250)) \times \frac{16000}{2000} \times \frac{1}{4}$$

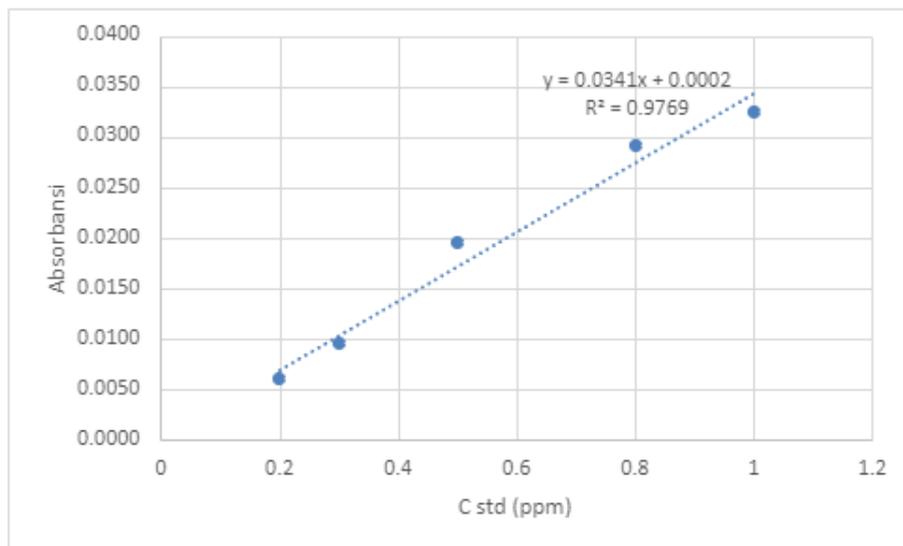
$$= 1,8 \text{ mg/L (MELEBIHI BAKU MUTU)}$$

i. Perhitungan Krom Total

Menurut 6989.17:2009, pengujian kadar krom total dilakukan menggunakan metode spektrofotometer. Berikut merupakan perhitungan krom total:

Tabel 4 21 Larutan Standar Krom Total

Kode	C std (mg/l)	Abs
Std-1	0.2	0.0060
Std-2	0.3	0.0095
Std-3	0.5	0.0194
Std-4	0.8	0.0290
Std-5	1	0.0324
Std-6	2	0.0780
Std-7	3	0.1179



Gambar 4 9 Kurva Absorbansi Krom Total

Tabel 4 22 Data Parameter Krom Total

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
Sampel	0.07700	1	2.2523

Perhitungan:

Untuk mengetahui kadar ammonia total, maka perhitungan yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

$$y = 0,0341 x + 0,0002$$

sehingga, jika diketahui absorbansi influent IPAL penyamakan kulit yaitu

0,0770, maka:

$$0,0770 = 0,0341 x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0770 - 0,0002}{0,0341}$$

$$= 2,253 \text{ mg/L (MELEBIHI BAKU MUTU)}$$

Lampiran V

Dokumentasi



Inlet



Outlet



Bak Pengendap Awal



Bak Pengendap Akhir



Koagulasi/Flokulasi



Penyaringan sebelum inlet



Ikan terpapar air influent



Ikan terpapar air effluent



Ikan sebelum terpapar limbah penyamakan kulit

DAFTAR PUSTAKA

- 168275-Muhammad Rizki Muttaqien. (n.d.).
02513081 Novi Prihantini. (n.d.).
Ahmad Affandi, F., & Yusoff Ishak, M. (n.d.). *Whole Effluent Toxicity (WET) Testing of Tin Mining Effluent and Receiving Water*.
<https://www.researchgate.net/publication/335234214>
Epa, U., & of Water, O. (n.d.). *National Recommended Water Quality Criteria: 2002*.
Epa, U., of Water, O., & of Science, O. (n.d.). *Methodology for Deriving Ambient Water Quality Criteria for the Protection of Human Health (2000)*.
Hardianti, M., Yuniarto, A., & Hasimun, P. (2021). Review: Zebrafish (Danio Rerio) Sebagai Model Obesitas dan Diabetes Melitus Tipe 2. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 8(2), 69. <https://doi.org/10.25077/jsfk.8.2.69-79.2021>
Kartikasari, I. B., Widyastuti, M., & Hadisusanto, S. (2020). Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada Daphnia sp. dengan Whole Effluent Toxicity. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 297–304. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.297-304>
Khotimah, K. N., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (n.d.). *UJI TOKSISITAS IPAL KOMUNAL DI KECAMATAN BANTUL MENGGUNAKAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET) PADA Daphnia Magna*.
Li, X., He, M., Sun, G., Ma, C., Li, Y., Li, L., Li, B., Yang, M., & Zhang, Y. (2023). Toxicological evaluation of industrial effluents using zebrafish: Efficacy of tertiary treatment of coking wastewater. *Environmental Technology and Innovation*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103067>
Maryudi, Rahayu, A., Syauqi, R., & Islami, M. K. (2021). Teknologi Pengolahan Kandungan Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Proses Adsorpsi: Review. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(1), 90–99. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i1.207>
Nugraha, F. M., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (n.d.). *STUDI TOKSISITAS AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT TERHADAP Daphnia sp.*

- DENGAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET).*
- of Science, O. (2002). *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms Fifth Edition.*
- Permana, Z., & 2018, A. (n.d.). *STUDI TOKSISITAS AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET) MENGGUNAKAN *Macrobrachium sp.**
- Pratiwi, R. O. (n.d.). *STUDI KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR DARI KEGIATAN RUMAH PEMOTONGAN AYAM (STUDI KASUS PT.X & PT.Y) DI YOGYAKARTA.*
- Prawira Karva, F., Yulianto, A., & Rachmawati, S. (n.d.). *UJI TOKSISITAS IPAL KOMUNAL DI DUSUN MENDIRO TERHADAP DAPHNIA MAGNA DENGAN MENGGUNAKAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET) THE TOXICITY TEST FOR COMMUNAL WASTEWATER TREATMENT PLANT AT MENDIRO VILLAGE TOWARD DAPHNIA MAGNA USING WHOLE EFFLUENT TOXICITY METHOD (WET).*
- Satapornvanit, A. N. (2018). *The Importance of Gender in Fisheries: The USAID Oceans Experience* (Vol. 16).
- Senania, A., & Yanti, N. (2022). ANALISIS PARAMETER AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT SUKAREGANG GARUT. *Lantanida Journal*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.22373/lj.v10i1.11088>
- Sudradjat, S. E., Farmasi, D., Kedokteran, F., Kesehatan, I., Kristen, U., Wacana, K., & Korespondensi, A. (2019). Uji Toksisitas Obat dengan Larva Ikan Zebra. *JKdokterMeditek [Internet]*, 25(2), 88–91. <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/indexhttp://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/article/view/1749>
- Virakawugi Darniwa, A., Cahyanto, T., Kusumorini, A., Meidita Eka Putri, Z., Arba Ulfa, R., Adawiyah, A., Yayu Nurul Hizqiyah, I., Biologi, J., Sains dan Teknologi, F., & Sunan Gunung Djati Bandung, U. (2020). Uji Perilaku dan Preferensi Area pada Ikan Zebrafish (*Danio rerio*) yang Diinduksi Stres. & *Pend.Bio*, 5(2).

William, W., Pengajar, S., Fisiologi, B., Kedokteran, F., Kristen, U., Wacana, K., & Korespondensi, A. (2017). Tinjauan Pustaka Ikan zebra (*Danio rerio*) dan Kegunaanya dalam Penelitian Fisiologi. In *J. Kedokt Meditek* (Vol. 23, Issue 64).

<http://www.nature.com/nrc/journal/v13/n9/full/nrc3589.html?foxtrotcallback=true>

Winda Munvika, H. (n.d.). *UJI TOKSISITAS IPAL KOMUNAL DI KECAMATAN BANGUNTAPAN, BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA TERHADAP *Macrobrachium Rosenbergii* MENGGUNAKAN METODE WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)*.