

TA/TL/2024/1797

TUGAS AKHIR

**UJI TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK
MENGUNAKAN METODE *WHOLE EFFLUENT
TOXICITY (WET)* MENGGUNAKAN ZEBRA FISH
(*DANIO RERIO*)**

**“Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata (S1) Teknik Lingkungan”**



**Dini Riskiyani
20513182**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR

UJI TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK MENGUNAKAN METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)* MENGGUNAKAN *ZEBRA FISH (DANIO RERIO)*

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



DINI RISKIYANI

20513182

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 045130401

Tanggal : 24 Juni 2024

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK. 045130401

Tanggal : 24 Juni 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**UJI TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK
MENGUNAKAN METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY*
(*WET*) MENGGUNAKAN *ZEBRA FISH (DANIO RERIO)***

Telah Diterima Dan Disahkan Oleh Tim Penguji

**Hari : Senin
Tanggal : 24 Juni 2024**

**Disusun Oleh:
DINI RISKIYANI
20513182**

Tim Penguji :

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

Tanggal : 24 Juni 2024

()

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

Tanggal : 24 Juni 2024

()

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

Tanggal : 24 Juni 2024

()

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 karya 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 sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian 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.

Yogyakarta, 28 Mei 2024

Yang membuat pernyataan,



Dini Riskiyani

NIM : 20513182

PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT, karena-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Uji Toksisitas Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) Menggunakan Zebra Fish (*Danio Rerio*)” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Selamat dan Ibu Diana Mayang Sari yang telah percaya atas semua keputusan yang telah penulis ambil untuk melanjutkan mimpinya, serta cinta dan dukungan yang tanpa batas. Terima kasih telah senantiasa memberikan do'a dan keridhoan untuk kelancaran penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Saudara penulis, Adhiyaksa dan Adhinata yang senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat kepada penulis. Terima kasih telah memberikan cinta dan selalu menghibur penulis selama ini.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.), Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. dan Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. sebagai Dosen Penguji atas segala bimbingan dan perbaikan yang diberikan.
4. Ketua Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.), Ph.D dan Bapak Adam R. N., 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 membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.

6. Laboran di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang senantiasa membantu penulis selama penelitian di Laboratorium.
7. Rekan penelitian penulis, Gigin dan Hasna yang telah memberikan dukungan serta bantuan dalam menyelesaikan penelitian. Terima kasih telah menemani penulis dari awal hingga akhir penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang telah membantu selama masa perkuliahan.
9. Teman penulis, Indah dan Sindi yang telah menemani dan memberikan dukungan pada masa penuh rintangan bagi penulis.
10. Seluruh pihak yang senantiasa memberi do'a dan dukungan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
11. Terakhir, untuk diri sendiri, terima kasih karena sudah mampu berjuang sampai tahap ini, terima kasih karena sudah selalu kuat, mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan di luar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan tugas akhir ini, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 28 Mei 2024



Dini Riskiyani

ABSTRACT

*Yogyakarta Special Region is famous as a batik producing area. One of the batik industrial areas in DIY is in the Bantul area. Making batik consists of several stages, namely drawing the design, pasting, colouring and polishing. This stage contributes to suspended solids in waters such as BOD and COD. Apart from that, the batik industry produces quite large amounts of liquid waste. This waste consists of organic and inorganic waste which can change all or part of the physical, biological, and chemical characteristics. This study aimed to determine the acute value of PT batik industry wastewater. X using method Whole Effluent Toxicity (WET). Zebra fish (*Danio rerio*) were used as test animals with treatment starting from the acclimatization process, preliminary tests, and acute toxicity tests which were exposed for 96 hours. The results of the analysis of effluent characteristics show that there are two parameters that exceed the quality standards according to DIY Regional Regulation No. 7 of 2016 concerning Wastewater Quality Standards for Batik Business and/or Industrial Activities, namely total chrome (Cr) and phenol. LC value₅₀ obtained through calculations using the Spearman-Kärber analysis method. After carrying out an acute toxicity test, the Batik Industry wastewater produced an LC value₅₀ influent is 85.35 with a TU_a of 1.17 while effluent does not have LC₅₀ because it does not cause the death of test animals.*

*Keywords : Toxicity Test, LC₅₀, Batik Industry, Zebra Fish (*danio rerio*), Whole Effluent Toxicity (WET).*

ABSTRAK

*Daerah Istimewa Yogyakarta terkenal sebagai daerah penghasil batik. Salah satu daerah industri batik di DIY berada di daerah Bantul. Pembuatan batik terdiri dari beberapa tahapan yaitu penggambaran desain, pemalaman, pewarnaan dan pelorodan. Tahapan tersebut menyumbang zat padat tersuspensi di perairan seperti BOD dan COD. Selain itu, industri batik menghasilkan limbah cair dalam jumlah cukup besar. Limbah tersebut terdiri dari limbah organik dan anorganik yang dapat mengubah seluruh maupun sebagian dari karakteristik fisik, biologis, dan kimia. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai akut air limbah industri batik PT. X dengan menggunakan metode Whole Effluent Toxicity (WET). Zebra fish (*Danio rerio*) digunakan sebagai hewan uji dengan perlakuan dimulai dari proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji toksisitas akut yang dipaparkan selama 96 jam. Hasil analisis karakteristik effluent menunjukkan bahwa terdapat dua parameter yang melewati baku mutu menurut Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Industri Batik yaitu krom total (Cr) dan fenol. Nilai LC_{50} didapat melalui perhitungan dengan menggunakan metode analisis spearman-karber. Setelah dilakukan uji toksisitas akut air limbah Industri Batik menghasilkan nilai LC_{50} influent sebesar 85,35 dengan T_{Ua} sebesar 1,17 sedangkan effluent tidak memiliki LC_{50} karena tidak menyebabkan kematian hewan uji.*

*Kata Kunci : Uji Toksisitas, LC_{50} , Industri Batik, Ikan Zebra (*danio rerio*), Whole Effluent Toxicity (WET).*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Batik.....	5
2.2 Proses Produksi Batik.....	7
2.3 Dampak Limbah Batik	8
2.4 Uji Toksisitas.....	10
2.4.1 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Toksisitas.....	12
2.5 Metode Whole Effluen Toxicity (WET)	14
2.6 Biota Uji	14
2.7 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Lokasi.....	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	19
3.4 Biota Uji	21
3.5 Langkah Kerja Penelitian	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	30
4.1 Karakteristik Air Limbah	30
4.2 Aklimatisasi.....	32
4.3 Uji Pendahuluan	35

4.4	Uji Toksisitas.....	39
4.5	Perhitungan Toksisitas.....	40
4.6	Pengaruh Kualitas Limbah Terhadap Kematian Ikan	43
BAB V PENUTUP		46
5.1	Simpulan.....	46
5.2	Saran	46
DAFTAR PUSTKA.....		47
LAMPIRAN I		50
AKLIMATISASI BIOTA UJI		50
LAMPIRAN II.....		52
UJI WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)		52
LAMPIRAN III		60
PROSEDUR ANALISIS KARAKTERISTIK LABORATORIUM.....		60
LAMPIRAN IV		70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Pada Industri Batik di DIY	6
Tabel 2.2 Kriteria Toksisitas Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan	12
Tabel 3.1 Pengamatan Kelayakan Ikan pada Tahap Aklimatisasi	23
Tabel 3.2 Baku Mutu Limbah Cair Pada Industri Batik di DIY	23
Tabel 4.1. Hasil Uji Parameter Influent dan Effluent IPAL Industri Batik.....	30
Tabel 4.3 Mortalitas Pada Tahap Aklimatisasi	35
Tabel 4 4 Data Kematian Ikan Zebra Pada Uji Pendahuluan.....	36
Tabel 4.5 Pengamatan Mortalitas Effluent.....	39
Tabel 4.6 Pengamatan Mortalitas Influent Pada Uji Toksisitas	40
Tabel 4.7 Kategori TU	41
Tabel 4.8 Hasil Nilai Perhitungan	41
Tabel 4.9 Perhitungan LC50	58
Tabel 4.10 Kategori TU	59
Tabel I.1 Data Pengamatan Aklimatisasi	50
Tabel II.1 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0.....	52
Tabel II.2 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24.....	52
Tabel II.3 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0.....	53
Tabel II.4 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24.....	53
Tabel II.5 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0.....	53
Tabel II.6 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24.....	54
Tabel II.7 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-48.....	54

Tabel II.8 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-72.....	55
Tabel II.9 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-96.....	55
Tabel II.10 Hasil Pengukuran Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0.....	55
Tabel II.11 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24.....	56
Tabel II.12 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-48.....	56
Tabel II.13 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-72.....	56
Tabel II.14 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-96.....	57
Tabel III.1 Hasil Pengujian BOD.....	60
Tabel III.2 Standar KHP COD.....	62
Tabel III.3 Kadar TDS.....	63`
Tabel III.4 Kadar TSS.....	64
Tabel III.5 Kurva Kalibrasi Standar Krom Total (Cr).....	65
Tabel III.6 Data Kurva Standar Amonia Total.....	66
Tabel III.7 Kadar Sulfida.....	68
Tabel III.8 Kadar minyak dan lemak total.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Zebra Fish (Danio rario)</i>	15
Gambar 3.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian	20
Gambar 3.2 Analisis Data Kematian.....	29
Gambar 4.1 Pengukuran Suhu Pada Proses Aklimatisasi	33
Gambar 4.2 Pengukuran pH Pada Proses Aklimatisasi	33
Gambar 4.3 Pengukuran DO Pada Proses Aklimatisasi.....	34
Gambar 4.4 Grafik Kematian Ikan Pada Influent dan Effluent.....	35
Gambar 4.5 Grafik Data Uji Pendahuluan Influent.....	37
Gambar 4.6 Grafik Data Uji Pendahuluan Effluent Akuarium 1	38
Gambar 4.7 Grafik Data Uji Pendahuluan Effluent Akuarium 2	38
Gambar 4.8 Warna tubuh ikan sebelum terpapar air limbah.....	44
Gambar 4.9 Warna tubuh ikan sesudah terpapar air limbah	44
Gambar III.1 Kurva Kalibrasi KHP	62
Gambar III.2 Kurva Kalibrasi Krom Total (Cr).....	66
Gambar III.3 Kurva Kalibrasi Amonia Total	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil memiliki peran penting bagi perekonomian Indonesia. Salah satu produk tekstil adalah batik. Batik merupakan salah satu kekayaan budaya Indonesia yang diakui oleh UNESCO. Minat masyarakat terhadap batik sangat tinggi sehingga produksi batik juga ikut meningkat. Sejak tahun 2011-2015 tercatat jumlah industri batik naik sebesar 14,7% dari 41.623 menjadi 47.755 unit usaha. Pada umumnya, industri batik di Indonesia merupakan industri kecil menengah (UKM) yang tersebar di berbagai daerah (Nurainun et al., 2008).

Pembuatan batik terdiri dari beberapa tahapan yaitu penggambaran desain, pemalaman, pewarnaan dan pelorodan. Tahapan tersebut menyumbang zat padat tersuspensi di perairan seperti BOD dan COD. Banyak industri batik pada tahap pewarnaan menggunakan pewarna sintetis. Zat pewarna sintetis mengandung bahan kimia sebagai penguat warna agar tahan lama. Bahan kimia tersebut menghasilkan limbah berwarna gelap atau keruh pekat dan akan menghalangi sinar matahari untuk membantu proses fotosintesis apa bila di buang ke perairan (Walker et al., 2006).

Limbah cair dari industri batik merupakan campuran berbagai bahan kimia yang bervariasi. Kandungan limbah cair industri batik 40% berasal dari zat pewarna reaktif yang digunakan dalam proses pewarnaan dan kandungan bahan organik tinggi yang berasal dari seluruh proses pembuatan batik seperti detergen, enzim, dan bahan tambahan lainnya (Sastrawirdana et al., 2012). Krom adalah salah satu zat toksik yang terkandung dalam limbah cair batik. Krom merupakan logam berat yang berpotensi menyebabkan berbagai macam penyakit seperti kanker dan iritasi pada kulit manusia. Kandungan krom pada biota akuatik dapat terakumulasi dalam tubuh hingga menyebabkan kematian pada biota itu sendiri. Kematian biota-biota akuatik akan membuat keseimbangan ekosistem terganggu. Ketidakseimbangan ini

dapat menyebabkan berbagai macam persoalan seperti hilangnya spesies-spesies ikan tertentu (Pramudita, 2014).

Daerah Istimewa Yogyakarta terkenal sebagai daerah penghasil batik. Salah satu daerah industri batik di DIY berada di daerah Bantul. Industri ini menerapkan pengolahan limbah batik yang dihasilkan dengan memfilter dan menambahkan beberapa bahan kimia. Terdapat beberapa alat filter berisi ijuk dan arang aktif yang berfungsi untuk menurunkan kadar pencemar dalam air limbah (Dindasari, 2018). Hasil pengolahan akan dialirkan ke dalam bak akhir yang kemudian akan dibuang ke saluran air.

Biomonitoring terhadap limbah cair yang telah diolah perlu dilakukan untuk memastikan limbah tersebut aman dibuang ke lingkungan dengan melakukan uji toksisitas. Dalam upaya menjaga keseimbangan lingkungan, perlu adanya kajian atau uji tentang sifat dan karakteristik air limbah batik. Salah satu uji yang dapat dilakukan yaitu uji toksisitas. Uji toksisitas adalah uji yang digunakan untuk mengetahui unsur-unsur penyebab toksik dan dampaknya terhadap biota akuatik. Salah satu upaya biomonitoring yang dapat dilakukan pada air limbah yang telah diolah pada IPAL PT.X yaitu menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET). Metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) merupakan efek toksik agregat dari limbah yang diukur langsung dengan uji toksisitas akuatik. Kelebihan dari pengujian WET yaitu dapat mengukur efek biologis dari zat kimia di dalam limbah cair (Pangestuti, 2018).

Uji toksisitas dengan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) dilakukan untuk mengevaluasi kinerja IPAL yang ada pada industri tersebut. Uji toksisitas masih diperlukan meskipun sudah ada standar effluent karena standar tersebut hanya menetapkan batas maksimum konsentrasi zat tertentu yang diizinkan dalam limbah sedangkan uji toksisitas membantu untuk memastikan bahwa kombinasi zat dalam limbah tidak berbahaya bagi lingkungan karena beberapa zat bisa lebih beracun apabila dikombinasikan atau dalam kondisi tertentu. Hewan uji yang biasa digunakan pada metode WET yaitu *zebra fish* (*Danio rerio*). Genom antara *zebra fish* dengan manusia memiliki tingkat konservasi yang tinggi yaitu sebesar 70% persamaannya. Selain itu, persamaan lainnya terdapat pada jaringan adiposa

viseral, sistem saluran pencernaan, dan sistem otot rangka (Maulana, 2019). Oleh sebab itu, perlu dilakukan monitoring pada limbah cair effluent pada limbah cair di IPAL PT.X dengan menggunakan hewan uji *zebra fish* untuk mengetahui tingkat toksisitas pada limbah tersebut serta pengaruhnya terhadap organisme hidup dan lingkungan sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan yang terdapat pada penelitian ini yaitu:

- 1) Bagaimana kualitas limbah cair sesudah proses pengolahan limbah di IPAL PT.X?
- 2) Bagaimana tingkat toksisitas limbah cair industri batik terhadap *zebra fish* (*Danio rerio*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian adalah:

- 1) Mengidentifikasi parameter BOD₅, COD, TDS, TSS, Fenol, Krom Total (Cr), Amonia Total (NH₃), Sulfida, Minyak dan Lemak, Suhu, dan pH limbah cair *effluent* yang dihasilkan dari proses produksi industri batik.
- 2) Menganalisis tingkat toksisitas limbah cair PT. X industri batik terhadap *zebra fish* (*Danio rerio*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

- 1) Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi peneliti dalam mempelajari toksikologi lingkungan.
- 2) Menjadi bahan masukan bagi pemerintah dalam mengambil kebijakan terkait pengolahan batik yang berkualitas dan ramah lingkungan sehingga keberlangsungan industri dapat dipertahankan.

- 3) Menjadi bahan informasi bagi masyarakat untuk mengetahui tentang tingkat toksisitas pada limbah cair industri tersebut.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup atau batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan menggunakan sampel limbah cair dari industri batik PT.X .
- 2) Metode pengujian toksisitas dilakukan dengan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET).
- 3) Hewan pengujian menggunakan *zebra fish* (*Danio rerio*) dengan waktu pengamatan selama 96 jam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Industri Batik

Industri merupakan suatu usaha pengolahan bahan baku atau barang setengah jadi menjadi barang jadi yang memberi keuntungan. Menurut Hasibuan (2000) industri adalah himpunan dari beberapa perusahaan yang menghasilkan barang-barang homogen, atau barang dengan produk serupa. Industri batik merupakan perusahaan yang melakukan proses pengolahan bahan baku dengan cara pemalaman (lilin), pencelupan (pewarnaan), dan pelorotan (pemanasan) pada kain untuk menghasilkan motif yang halus dengan ketelitian yang tinggi dan menjual kain tersebut.

Proses pengolahan yang dilakukan pada industri batik menghasilkan limbah cair dalam volume yang cukup besar, berbau menyengat, berwarna pekat, memiliki suhu, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan keasaman (pH) yang tinggi. Kandungan dalam limbah cair tersebut berasal dari penggunaan bahan kimia dan zat warna dalam proses produksi. Limbah cair dengan suhu tinggi akan menyebabkan kandungan oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air menurun sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem air. Apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya akan mengganggu keseimbangan ekosistem air (Kurniawan et. al, 2013).

Air limbah batik bersifat basa dan memiliki kadar organik yang tinggi akibat sisa proses pembatikan. Pada proses pencelupan yang dilakukan merupakan penyumbang zat warna yang kuat jika tidak diberikan pengolahan yang tepat. Zat warna yang terkandung dalam air limbah umumnya sulit terdegradasi dengan baik. Zat ini memiliki tingkatan kimia yang tinggi untuk menahan kerusakan akibat oksidatif yang berasal dari cahaya matahari (Manurung et. al, 2004).

Berdasarkan Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah menyebutkan bahwa air limbah merupakan sisa dari suatu usaha

dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair yang dibuang ke lingkungan akan mengalami dekomposisi secara alami. Dekomposisi tersebut dilakukan oleh mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah yang berfungsi untuk menstabilkan air limbah agar dapat diterima oleh lingkungan. Akan tetapi, mikroorganisme memiliki keterbatasan dalam melakukan proses tersebut apabila jumlah limbah yang dibuang terlalu besar (Pangestuti, 2018).

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Pada Industri Batik di DIY

Parameter	Proses Basah		Proses Kering	
	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)
BOD5	85	5,1	85	1,275
COD	250	15	250	3,75
TDS	2.000	120	2.000	30
TSS	60	3,6	80	1,2
Fenol	0,5	0,03	1	0,015
Krom Total (Cr)	1	0,06	2	0,03
Amonia Total (NH3 sebagai N)	3	0,18	3	0,045
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,018	0,3	0,0045
Minyak dan Lemak Total	5	0,3	5	0,075
Suhu	3°C terhadap suhu udara			
pH	6,0 - 9,0			
Debit Limbah Paling Banyak (m3/ton produk batik)	60		15	

Sumber: Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016

2.2 Proses Produksi Batik

Teknik membuat batik merupakan serangkaian proses pekerjaan yang dilakukan dari kain polos (mori) hingga menjadi kain batik. Secara umum proses pengolahan batik adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan Baku dan Lilin

Pada proses ini bahan baku yang disiapkan berupa kain mori atau kain yang akan dibuat menjadi batik, dan lilin batik berfungsi sebagai pelindung terhadap pencelupan warna yang tidak diinginkan dalam pola. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lilin batik ada berbagai macam, salah satunya berasal dari paraffin, gondrukem, gajih atau lemak binatang, lilin tawon, hingga lilin batik bekas pelorotan. Namun dalam prosesnya tidak semua bahan-bahan tersebut ada pada pembuatan lilin batik.

2. Pematikan

Dalam proses ini dilakukan pelekatan lilin batik pada kain hingga membuat pola-pola batik yang diinginkan. Biasanya pelekatan lilin ini menggunakan alat yang disebut dengan canting. Ada pula pematikan lainnya dilakukan dengan menggunakan cap yang telah terbentuk pola.

3. Pemberian Warna

Proses ini merupakan tahapan dimana kain mori diberi warna-warna yang diinginkan. Pada tahap awal kain mori diberi warna dasar batik, kemudian nantinya akan diberi warna lebih lanjut setelah melalui proses pelorotan. Proses pewarnaan ini dilakukan dengan cara pencelupan kain pada air yang telah diberi pewarna.

4. Pelorotan

Pelorotan merupakan proses pelepasan lilin-lilin. Lilin pada proses pematikan berfungsi untuk melindungi kain dari proses pewarnaan dasar. Lilin-lilin yang telah dilepaskan kemudian akan diberikan lilin-lilin pelindung berikutnya.

2.3 Dampak Limbah Batik

Salah satu kandungan yang paling mengganggu dalam industri batik yaitu kandungan zat warna. Sekitar 10-15% dari zat warna yang telah digunakan tidak dapat digunakan kembali. Zat warna ini akan mencemari lingkungan serta masih banyak dampak yang dapat ditimbulkan (Mathur et al., 2005). Limbah cair industri batik juga dapat mempengaruhi kualitas air sumur dan sungai yang berada di sekitar industri batik tersebut (Diniyati, 2012). Berikut merupakan karakteristik air limbah industri batik:

A. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik meliputi *Total Suspended Solid* (TSS), warna, bau dan suhu. Kandung TSS yang tinggi pada lingkungan dapat mempengaruhi biota akuatik termasuk ikan. Insang pada ikan dapat menjadi rusak dan menyebabkan iritasi akibat penyumbatan insang oleh partikel-partikel tersuspensi tersebut. Adanya partikel terlarut dan senyawa-senyawa koloidal dapat mempengaruhi warna air. Sedangkan suhu dapat berpengaruh pada kadar *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air. Apabila terjadi kenaikan temperatur sebesar 10°C dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan mempercepat metabolisme 2 kali lipat (Pramudita, 2014). Dalam air limbah terdapat padatan yang dapat diklasifikasikan menjadi floating, settleable, berbau menyengat, suspended dissolved, dan kontaminan akan membuat air menjadi keruh (Apriyani, 2018).

B. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia meliputi *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), dan pH. COD merupakan banyaknya oksigen dalam mg/l yang dibutuhkan sebagai pengurai bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk kualitas air tersebut. DO merupakan sebuah pengukur banyaknya kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan komponen penting bagi ikan. pH merupakan petunjuk derajat keasaman dalam perairan. Akan mati apabila pH dalam air di bawah dari 4 ataupun di atas dari 11 (Pramudita, 2014).

C. Karakteristik Biologis

Bakteri merupakan komponen penting dalam mengevaluasi kualitas air limbah karena hampir semua air limbah mengandung mikroorganisme dengan berbagai jenis pada konsentrasi 10⁵-10⁸ organisme/mL (Apriyani, 2018).

Beberapa parameter kualitas air limbah effluent IPAL industri batik yang diuji sebagai berikut:

1. BOD₅

BOD₅ dapat dihitung melalui selisih oksigen terlarut dari 0 hari dan 5 hari. Sejumlah sampel uji dihomogenkan dengan larutan pengencer air bebas sulfida kemudian diinkubasi selama 5 hari dalam ruangan gelap dengan suhu 20°C (SNI 6989.72-2009).

2. COD

Pengukuran COD dilakukan dengan penambahan digest solution dan asam sulfat pada sejumlah sampel uji kemudian dihomogenkan. Larutan tersebut dididihkan pada pemanas lalu refluks selama 2 jam (SNI 6989.2 – 2009).

3. TDS

Air sisa penyaringan TSS dimasukkan kedalam cawan penguap yang sebelumnya sudah ditimbang terlebih dahulu, kemudian dioven pada suhu 180°C selama 1 jam. Cawan penguap dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Perbedaan berat cawan penguap awal dan akhir merupakan nilai TDS (SNI 6989. 3 - 2019).

4. TSS

Hasil penyaringan secara gravitasi padatan terlarut seperti partikel koloid yang mengendap digunakan untuk mengetahui nilai TSS. Endapan yang tertahan pada kertas saring dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Kemudian kertas saring dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Perbedaan berat kertas saring sebelum digunakan dan sesudah digunakan itu merupakan nilai TSS (SNI 6989. 3 – 2019).

5. Fenol

Untuk mengetahui kadar fenol digunakan spectroquant. Sampel uji ditambahkan reagent ph-1, reagent ph-2 dan reagent ph-3 hingga berwarna merah untuk dapat dihitung secara fotometrik.

6. Krom Total (Cr)

Untuk mengetahui nilai krom total diukur menggunakan metode AAS. Perhitungan terhadap sampel uji dilakukan setelah kurva kalibrasi.

7. Amonia Total (NH₃ sebagai N)

Uji amonia total dilakukan dengan membuat larutan standar dan sampel, kemudian dibaca menggunakan alat spektrofotometer. Berdasarkan dari data pada tabel standar dapat diketahui nilai a dan b melalui kurva kalibrasi sehingga didapatkan persamaan untuk menghitung kandungan amonia total pada sampel uji.

8. Sulfida (sebagai S)

Uji sulfida dilakukan dengan normalitas iodine sebesar 0,025 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, serta normalitas Na₂S₂O₃ yang digunakan pada saat titrasi yaitu sebesar 0,025 N.

9. Minyak dan Lemak Total

Untuk mengetahui nilai minyak dan lemak total dilakukan dengan menimbang labu destilasi. Selisih berat labu destilasi awal dan akhir merupakan nilai kadar minyak dan lemak total.

10. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan thermometer.

11. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) diukur dengan metode aktivitas ion hydrogen secara elektrometri atau potensiometri menggunakan alat pH meter. Angka yang tertera pada pH meter menunjukkan angka derajat keasaman (pH).

2.4 Uji Toksisitas

Toksisitas adalah kemampuan limbah beracun untuk menimbulkan dampak kerusakan apabila dimasukkan ke dalam tubuh ataupun lingkungan (EPA, 2002). Faktor- faktor yang mempengaruhi toksisitas yaitu jenis toksikan, komposisi toksikan, konsentrasi, hingga waktu pemaparan toksikan. Uji toksisitas adalah uji yang dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait toksisitas dari toksikan

terhadap hewan uji. Menurut OECD (2004) uji toksisitas bertujuan untuk memberikan toksikan, dan mempelajari dampak yang ditimbulkan ke dalam lingkungan dengan menggunakan hewan uji untuk mewakili lingkungan pada perairan tersebut.

Uji toksisitas dilakukan untuk mengetahui nilai efek akut, subakut, dan kronis. Uji ini perlu didasarkan atas waktu karena semua zat baru yang akan digunakan di industri harus diuji dahulu toksisitasnya. Uji toksistas adalah uji hayati yang berfungsi untuk menentukan tingkat toksisitas dari suatu zat atau bahan pencemar dan digunakan juga untuk pemantauan rutin suatu limbah. Pengujian ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Uji kualitatif dilakukan atas dasar gejala penyakit yang timbul. Hal ini akibat dari tidak spesifiknya penyakit/gejala akibat suatu keracunan. Respons tubuh terhadap racun tidak spesifik karena belum ditemukan gejala yang khas bagi setiap keracunan dengan beberapa pengecualian. Uji kuantitatif berupa uji toksisitas di laboratorium terhadap hewan uji ataupun uji kuantitatif dalam penelitian epidemiologi. Tujuan dari uji ini adalah untuk mencari dosis aman bagi manusia atau mencari kriteria untuk standarisasi kualitas lingkungan (Soemirat, 2009).

Menurut Soemirat (2009) Uji toksisitas dapat dibagi menjadi tiga kelompok sebagai berikut:

1. Uji toksisitas akut atau uji tingkat I

Uji toksisitas tingkat I atau akut ini disebut juga sebagai *short term test* atau uji jangka pendek. Pengujian ini dilakukan dalam waktu 24-96 jam. Uji toksisitas dilakukan untuk memperkirakan rentang dosis sementara letak LC_{50} yang dicari. Uji dilakukan dalam duplikat maupun triplikat. Uji yang dilakukan sesuai sifat fisika dan kimiawi xenobiotik serta pemilihan organisme uji yang relevan. Dosis pengujian divariasikan sesuai perkiraan konsentrasi xenobiotik yang terkandung dalam media. Respons yang diamati pada uji ini adalah kematian hewan uji atau pada organisme derajat rendah terjadi imobilisasi.

2. Uji toksisitas subkronis atau uji tingkat II

Uji toksisitas tingkat II atau subkronis dilakukan terhadap berbagai organ tubuh. Waktu pengujian dilakukan selama 30 hari untuk aplikasi pada kulit, 30-

90 hari untuk studi inhalasi, dan 90 hari untuk uji oral. Observasi dilakukan terhadap morbiditas, mortalitas, mata, konsumsi makanan, respon neurologi, berat badan perilaku tidak normal, respirasi, elektro-kardiogram, elektro-enceralogram, bikomia darah, nematologi, analisis urin dan tinja serta kerusakan organ secara mikroskopis.

3. Uji toksisitas kronis atau uji tingkat III

Uji toksisitas tingkat III atau kronis dilakukan dalam jangka panjang, melebihi setengah usia hewan uji bahkan lebih dari satu generasi. Uji yang paling penting pada uji ini adalah uji karsinogenisitas, teratogenisitas, dan reproduksi. Pengujian ini untuk menguji mutagenisiti pada mamalia, karsinogenisiti pada tikus selama dua tahun, farmakokinetik pada manusia bila relevan, klinis pada manusia, data epidemiologis untuk efek terhadap eksposur akut dan kronis, pengujian suatu zat tergantung penggunaannya dan kemungkinan eksposur yang dapat diterima oleh manusia. Secara umum, sebagian ataupun seluruh uji dapat dilakukan terhadap suatu xenobiotik.

Tabel 2.2 Kriteria Toksisitas Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan

No	Kriteria Toksisitas	Konsentrasi (ppm)	Parameter Kriteria
1	Sangat toksik	<1	LC 96 jam (ikan), EC 48 jam (daphnia), IC 72 jam (alga)
2	Toksik	1-100	
3	Daya racun sedang	100-1000	
4	Daya racun rendah	1000-10.000	
5	Hampir tidak toksik	10.000-100.000	
6	Tidak toksik	>100.000	
7	Efek jangka panjang	10<LC<100	LC 96 jam (ikan), EC 48 jam (daphnia), IC 72 jam (alga)

Sumber: Haque et al. 1980

2.4.1 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Toksisitas

Limbah cair yang berada di lingkungan terutama perairan akan berinteraksi dengan faktor lain. Menurut Mangkoediharjo dan Samudra (2009) tingkat toksisitas akan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. Toksikan itu sendiri

Toksisitas toksikan dapat dipengaruhi oleh komposisi toksikan itu sendiri. Terdapat kemungkinan komponen toksikan memiliki perbedaan toksisitas. Faktor lainnya adalah sifat-sifat fisik kimia toksikan.

2. Pemapar toksikan

Toksikan akan menyebabkan efek negatif jika terjadi kontak atau reaksi dengan target biota pada konsentrasi dan waktu tertentu. Faktor-faktor yang berkaitan adalah:

a. Jenis toksikan

Toksikan hidrofilik akan terlarut dalam air dan lebih cepat mengadakan kontak reaksi dibanding toksigan hidrofobik.

b. Durasi pemaparan

Pemaparan dalam jangka pendek (skala waktu jam dan hari) secara umum sangat pendek dibandingkan umur reproduksi biota dari toksikan dapat memberikan efek akut. Pemaparan jangka panjang (skala waktu hari, minggu, bulan dan tahun) meliputi umur generasi biota mungkin diperlukan bagi toksikan agar memberi kesempatan toksikan mengadakan kontak reaksi dan memberikan efek kronis.

c. Frekuensi pemaparan

Frekuensi pemaparan bisa terjadi sekali, berulang ataupun kontinu.

d. Konsentrasi toksikan

Konsentrasi pemaparan pada umumnya berkaitan dengan frekuensi pemaparan pada konsentrasi tinggi dan menurun untuk pemaparan berulang.

3. Lingkungan

Sifat-sifat lingkungan juga dapat mempengaruhi toksisitas toksikan.

4. Biota

Toksisitas toksikan akan berbeda untuk berbagai spesies biota. Perbedaan tersebut dikarenakan adanya beda ketahanan dan kemudahan spesies biota menerima toksikan. Perbedaan ini berkaitan dengan faktor genetik, umur dan status kesehatan.

2.5 Metode Whole Effluen Toxicity (WET)

Whole Effluen Toxicity (WET) dapat menggambarkan efek toksik agregat sampel air yang diukur dengan respons organisme setelah paparan sampel (misalnya, gangguan pertumbuhan, reproduksi atau mematikan). Uji WET meniru efek total paparan lingkungan kehidupan air polutan beracun dalam air limbah tanpa memerlukan identifikasi polutan tertentu. Pengujian ini adalah komponen penting untuk menerapkan standar kualitas air bawah NPDES memungkinkan program yang sesuai dengan bagian CWA 402 (USEPA, 2002).

Uji WET memiliki dua tipe tes yaitu akut dan kronis. Metode uji WET meliputi prosedur untuk spesies air tawar, laut, dan air muara. EPA merekomendasikan untuk melakukan tes menggunakan invertebrata, vertebrata, dan tanaman untuk identifikasi spesies yang paling sensitif. Metode ini digunakan untuk mengatur efek gabungan dari semua komponen efluen yang kompleks. Uji WET dapat dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan memaparkan organisme sensitif dengan limbah yang ingin diketahui tingkat toksisitasnya. Pengujian ini dapat mengukur efek limbah cair pada suatu organisme spesifik dalam kemampuan organisme dalam bertahan hidup, tumbuh, dan berkembang biak (Haz, 2018).

2.6 Biota Uji

Biota uji merupakan hewan atau tumbuhan yang sengaja dipelihara untuk tujuan penelitian. Hewan uji yang akan digunakan harus dalam keadaan sehat, berperilaku normal, makan dengan normal, dan memiliki sensitivitas rendah. Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zebra fish* (*Danio rerio*). Ikan ini merupakan ikan air tawar tropis yang berasal dari sungai (terutama Gangga) di wilayah Himalaya Asia Selatan terutama Nepal, India, Bangladesh, Myanmar dan Pakistan (Eaton, 1974). *Zebra fish* (*Danio rerio*) adalah ikan bertulang yang termasuk dalam keluarga cyprinid dengan ukuran tubuh kecil yang panjangnya kurang dari 120 mm. *Zebra fish* (*Danio rerio*) memiliki warna yang mencolok dan terdapat lima garis membujur disisi tubuh bergantian dengan garis putih yang

memanjang hingga pangkal ekor. Ikan ini berbentuk pipih dengan perut sedikit membulat. Mulut ikan mengarah ke atas dengan rahang bawah lebih menonjol dari rahang atas. *Zebra fish (Danio rerio)* memiliki semua indra yaitu perasa, penciuman, sentuhan, keseimbangan, pendengaran, dan penglihatan (Moorman, 2001). Guratan yang terdapat pada tubuh ikan berfungsi sebagai organ penyensor gerakan. Indra penciuman *zebra fish (Danio rerio)* berfungsi sebagai sensor tanda akan adanya bahaya dan sebagai isyarat kekerabatan (Yuniarto, 2017).



Sumber : aquaticworldexplore.blogspot.com

Gambar 2.1 Zebra Fish (*Danio rerio*)

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

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

Penggunaan *Zebra fish (Danio rerio)* mempunyai kelebihan seperti mudah dipelihara, perkembangan yang cepat, mudah diperoleh, fertilisasi eksternal, biaya perawatan yang rendah, kesuburan tinggi dan embrio transparan. Ikan ini memiliki banyak kesamaan fisiologis dan genetik dengan manusia seperti saluran pencernaan, otot, otak, pembuluh darah, dan sistem kekebalan bawaan.

2.7 Penelitian Terdahulu

Judul	Penulis	Hasil
Uji Toksisitas Akut Limbah Industri Batik Kampung Batik Giriloyo Terhadap Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) Dengan Menggunakan Reaktor Anaerob-Aerob	Nuzuliana Dindasari	Limbah batik dikategorikan high acute toxicity level dengan nilai T_{50} sebesar 54,22 dengan LC_{50} sebesar 1,84, sedangkan untuk effluent termasuk kategori significant acute toxicity level dengan nilai T_{50} sebesar 1,17 dengan LC_{50} sebesar 80,50. Penggunaan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat dikatakan baik karena mampu menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, dan warna yang berdampak pada penurunan tingkat toksisitas.
Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Kampung Batik Giriloyo Terhadap Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) Dengan Menggunakan Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob	Ayu Diah Pangestuti	Hasil penelitian menunjukan bahwa influent limbah cair termasuk dalam kategori toksisitas akut sangat tinggi dengan nilai T_{50} sebesar 116,114 pada waktu paparan 96 jam, sedangkan effluent termasuk kategori toksisitas akut dengan nilai T_{50} 1,1.
Toksisitas Limbah Cair Pabrik Batik Terhadap Mortalitas Dan Struktur Histologik Hepatopankreas Pada Ikan Nila	Dixy Dhyanti Prillyaning Saraswati	Limbah cair batik bersifat luar biasa toksik dengan nilai toksisitas sebesar $7,744 \times 10^{-4}$ mg/l. Kadar aman limbah cair pabrik batik sebesar $8,472 \times 10^{-5}$ mg/l. Toksisitas limbah menyebabkan kerusakan

		organ pada hepar dan pankreas ikan nila.
--	--	--

Berdasarkan hasil peneliti terdahulu pengujian sampel air limbah batik diperoleh kesimpulan bahwa influent IPAL industri batik termasuk kategori akut sangat tinggi dan effluent IPAL masuk kategori akut. Penelitian terdahulu dilakukan pada tahun 2018 di mana pada saat itu di lokasi penelitian yang sama, unit IPAL yang digunakan masih pengolahan sederhana. Pada tahun 2021 Industri Batik PT X menerima unit pengolahan IPAL dari pemerintah untuk mengelola limbah cairnya. Sehingga perlu dilakukan uji toksisitas limbah cair industri batik PT X terhadap ikan zebra untuk mengidentifikasi kesesuaian parameter dengan baku mutu yang berlaku dan mengetahui tingkat toksisitasnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Waktu dari penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, dimulai dari bulan Januari 2024 hingga Februari 2024 dan dilanjutkan pada bulan Mei 2024. Selama rentang waktu tersebut dilakukan pengambilan sampel air limbah influent dan effluent IPAL Industri Batik PT.X, aklimatisasi ikan, uji pendahuluan, uji toksisitas, uji karakteristik parameter air limbah, analisa dan pengolahan data.

Lokasi dari pengambilan sampel air limbah IPAL dilakukan di Industri Batik PT. X yang berlokasi di Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sementara itu lokasi dari analisa dilakukan di Laboratorium Program Studi Farmasi dan Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sedangkan pengambilan biota uji atau ikan zebra (*Danio rerio*) berada di Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

A. Alat :

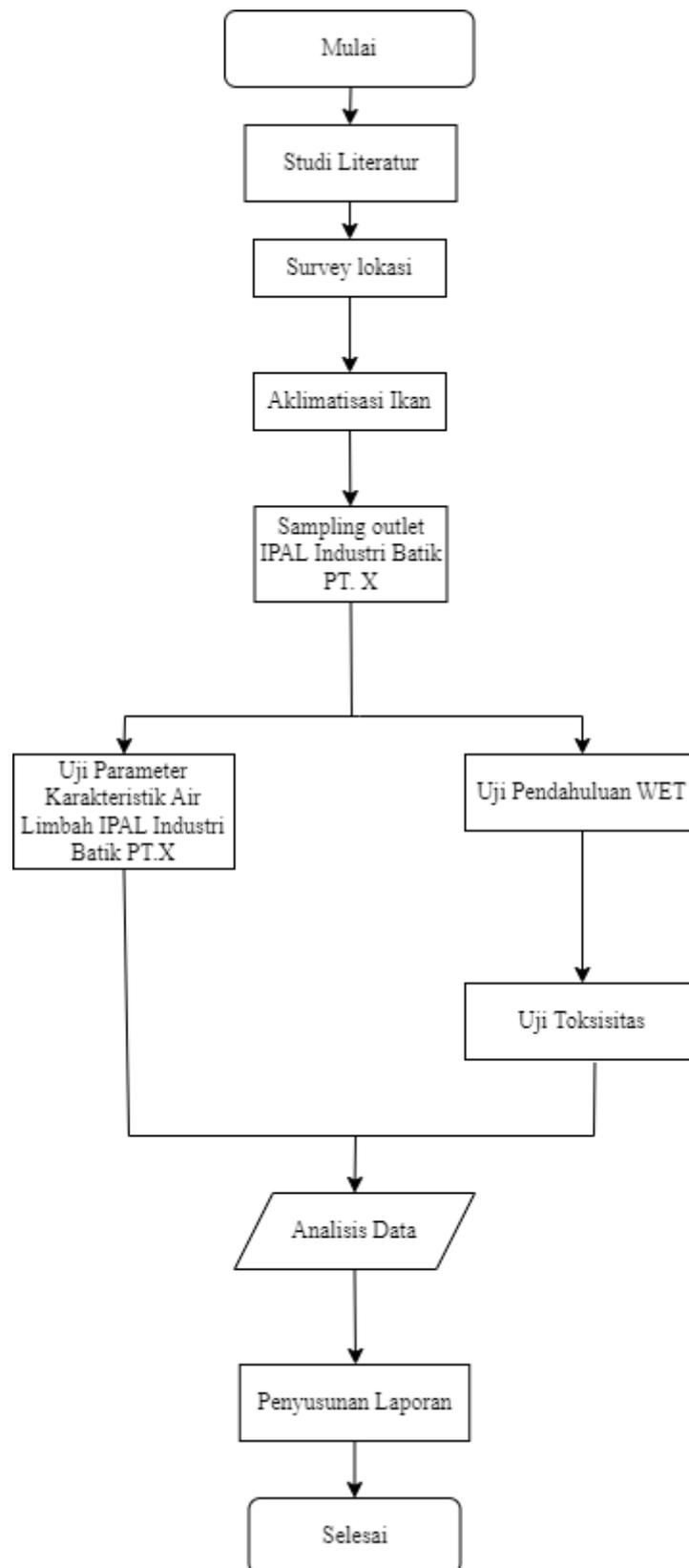
- Aerator
- Reaktor aklimatisasi
- Akuarium uji
- Oxygen meter (DO meter)
- pH meter
- Alat pengukur suhu (thermometer)
- Beaker glass 1000 mL dan 100 mL
- Neraca analitik
- Jerigen 5 L, 2 L, dan 1 L
- Gayung bertangkai panjang
- Penggaris

B. Bahan :

- 20 liter limbah cair effluent IPAL industri batik
- *zebra fish (Danio rerio)* yang telah divalidasi berdasarkan sampel panjang ikan 2 - 3 cm (OECD,2019) dan setiap reaktor berisi 10 ekor ikan
- Akuades

3.3 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan bagan alir prosedur penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

3.4 Biota Uji

Biota uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan zebra (*Danio rerio*). Pemilihan hewan uji berdasarkan dengan kriteria yang harus terpenuhi. Untuk hewan uji yang digunakan berukuran 2 – 3 cm dengan umur \pm 3 bulan (OECD, 2019). Pada umur 3 bulan ikan zebra telah memasuki tahap menjadi ikan dewasa yang memiliki jaringan, organ, dan sistem endokrin di dalam tubuhnya telah berkembang sehingga berbagai biomarker dan titik akhir dapat diamati serta organ dalam tubuh dapat diangkat untuk mengevaluasi efek eksogen (Li et. al, 2023). Ikan zebra dipilih karena memiliki banyak persamaan fisiologis dan genetik dengan manusia serta mudah dipelihara. Penggunaan *Zebra fish (Danio rerio)* mempunyai kelebihan seperti mudah dipelihara, perkembangan yang cepat, mudah diperoleh, fertilisasi eksternal, biaya perawatan yang rendah, kesuburan tinggi dan embrio transparan. Ikan ini memiliki banyak kesamaan fisiologis dan genetik dengan manusia seperti saluran pencernaan, otot, otak, pembuluh dara, dan sistem kekebalan bawaan.

3.5 Langkah Kerja Penelitian

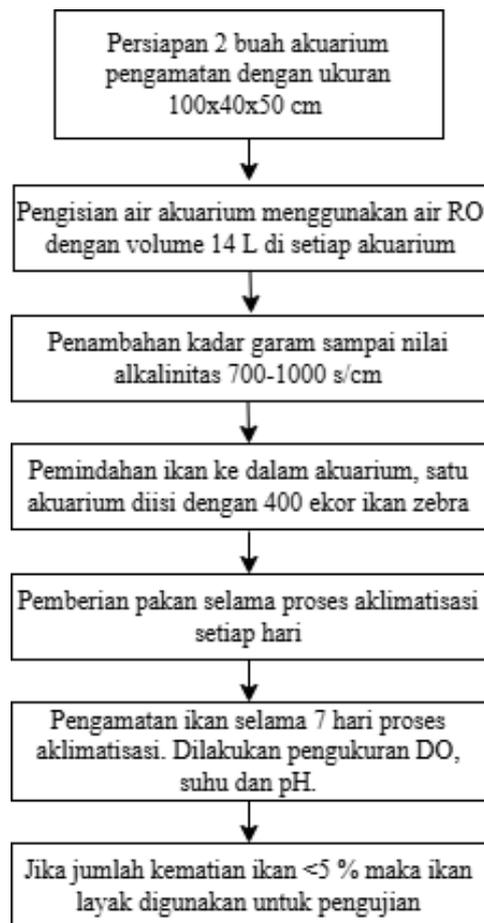
1. Penentuan Lokasi dan Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair *outlet* IPAL berada di Industri Batik PT. X. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode yang mengacu pada SNI 6989.59.2008 tentang Air dan Air Limbah, Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel limbah cair *outlet* IPAL Industri Batik PT. X menggunakan metode *grab sample* yang berarti sampel limbah diambil sesaat pada lokasi tertentu. Kemudian sampel ini diuji tingkat toksisitasnya dengan uji toksisitas akut WET (*Whole Effluent Toxicity*).

Lokasi pengambilan biota uji atau *zebrafish (Danio rerio)* berada di Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* yang berarti proses pengambilan sampel dengan kriteria tertentu. Kriteria tersebut yaitu ikan zebra dengan panjang 2-3 cm (OECD, 2019).

2. Aklimatisasi

Aklimatisasi biota uji berfungsi untuk menyesuaikan kondisi biota uji dengan kondisi lingkungan laboratorium. Tahapan aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini:



Gambar 3.2 Bagan Alir Tahapan Aklimatisasi

Sebelum dilakukan aklimatisasi, biota uji harus didiamkan terlebih dahulu selama 15 menit untuk menghindari stres dari biota uji. Kemudian ikan segera diaklimatisasi selama 7 hari dalam air dengan penambahan garam ikan hingga nilai alkalinitas air sebesar 700-1000 $\mu\text{s/cm}$. Selain itu, kondisi air optimum untuk pemeliharaan ikan zebra bersuhu antara 21° - 25°C dengan pH 6 - 8,5 dan pencahayaan 12-16 jam. Pada tahap ini pemberian pakan dapat dilakukan sebanyak

tiga kali seminggu atau setiap hari hingga 24 – 48 jam sebelum dilakukan pengujian WET.

Tabel 3.1 Pengamatan Kelayakan Ikan pada Tahap Aklimatisasi

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

Sumber : OECD, 2019

Sebelum digunakan dalam pengujian, dalam 2 minggu terakhir ikan harus dalam keadaan normal, tidak boleh terkena penyakit dan belum pernah diobati.

3. Uji Parameter

Pengujian parameter mengacu pada Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Industri Batik, yaitu BOD5, COD, TDS, TSS, Fenol, Krom Total (Cr), Amonia Total (NH₃ sebagai N), Sulfida (sebagai S), Minyak dan Lemak Total, Suhu, dan pH.

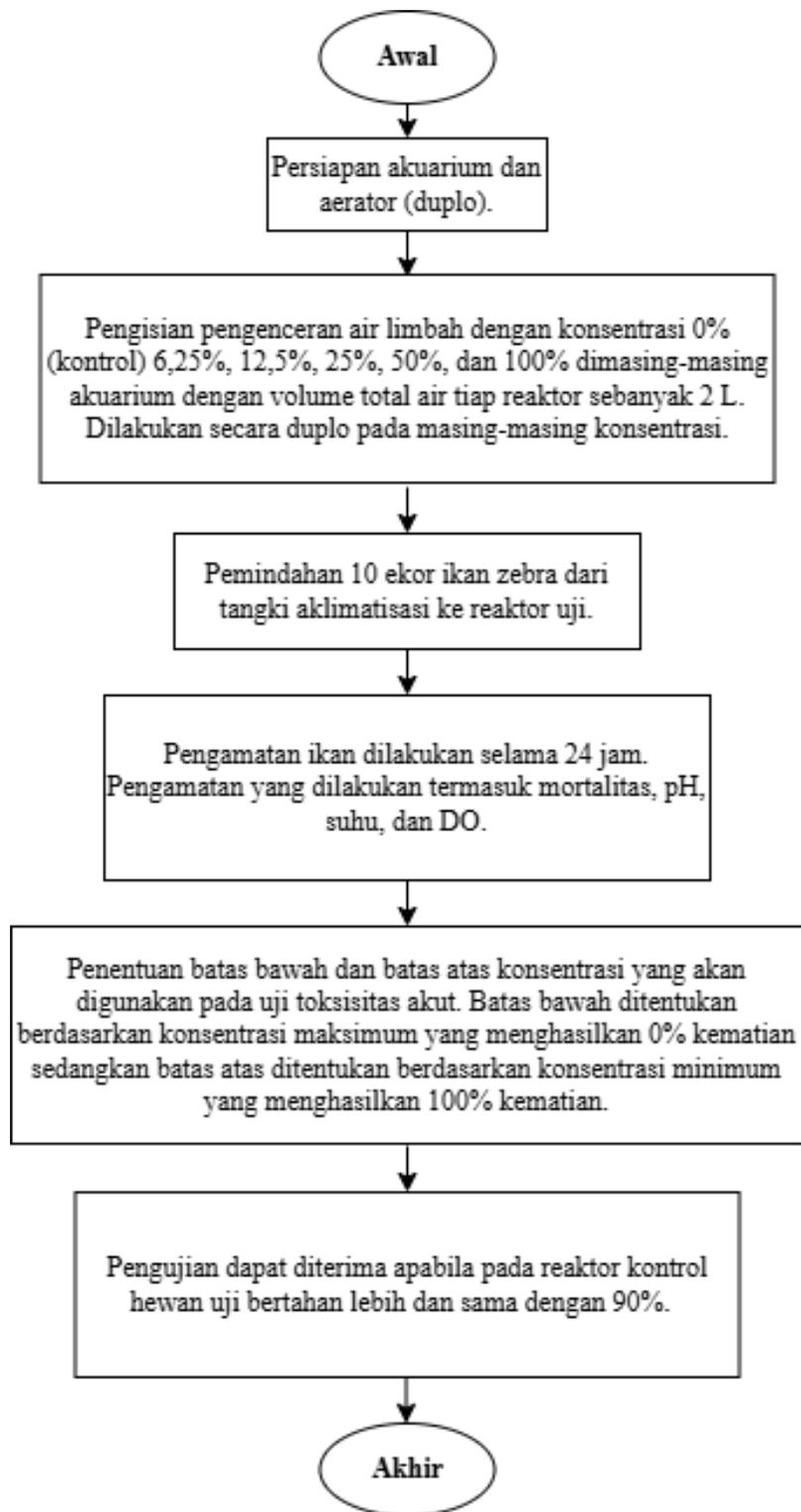
Tabel 3.2 Baku Mutu Limbah Cair Pada Industri Batik di DIY

Parameter	Satuan	Metode	Acuan
BOD5	mg/L	Titration secara iodometri	SNI 6989.72-2009
COD	mg/L	refluks tertutup secara titrimetric	SNI 6989.2 - 2009
TDS	mg/L	Gravimetri	SNI 6989. 3 - 2019
TSS	mg/L	Gravimetri	SNI 6989. 3 - 2019
Fenol	mg/L	Spectroquant	EPA 420.1
Krom Total (Cr)	mg/L	AAS	SNI 6989.17:2009
Amonia Total (NH ₃ sebagai N)	mg/L	Spektrofotometer UV-Vis	SNI 06-6989.30-2005
Sulfida (sebagai S)	mg/L	Iodometri	SNI 6989.75-2009
Minyak dan Lemak Total	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.10 - 2011

Suhu	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
pH	-	pH meter	SNI 6989.11-2019

4. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan bertujuan untuk menentukan batas bawah dan batas atas konsentrasi yang akan digunakan pada uji toksisitas akut. Kriteria konsentrasi batas bawah ditentukan berdasarkan konsentrasi maksimum yang menghasilkan kematian 0% pada tahap uji pendahuluan. Sedangkan kriteria batas atas ditentukan berdasarkan konsentrasi minimum yang menghasilkan kematian 100% pada tahap uji pendahuluan. Rentang variasi konsentrasi minimal yang digunakan harus berjumlah 5 konsentrasi mengikuti deret geometri (OECD, 2019). Tahapan uji pendahuluan dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini:



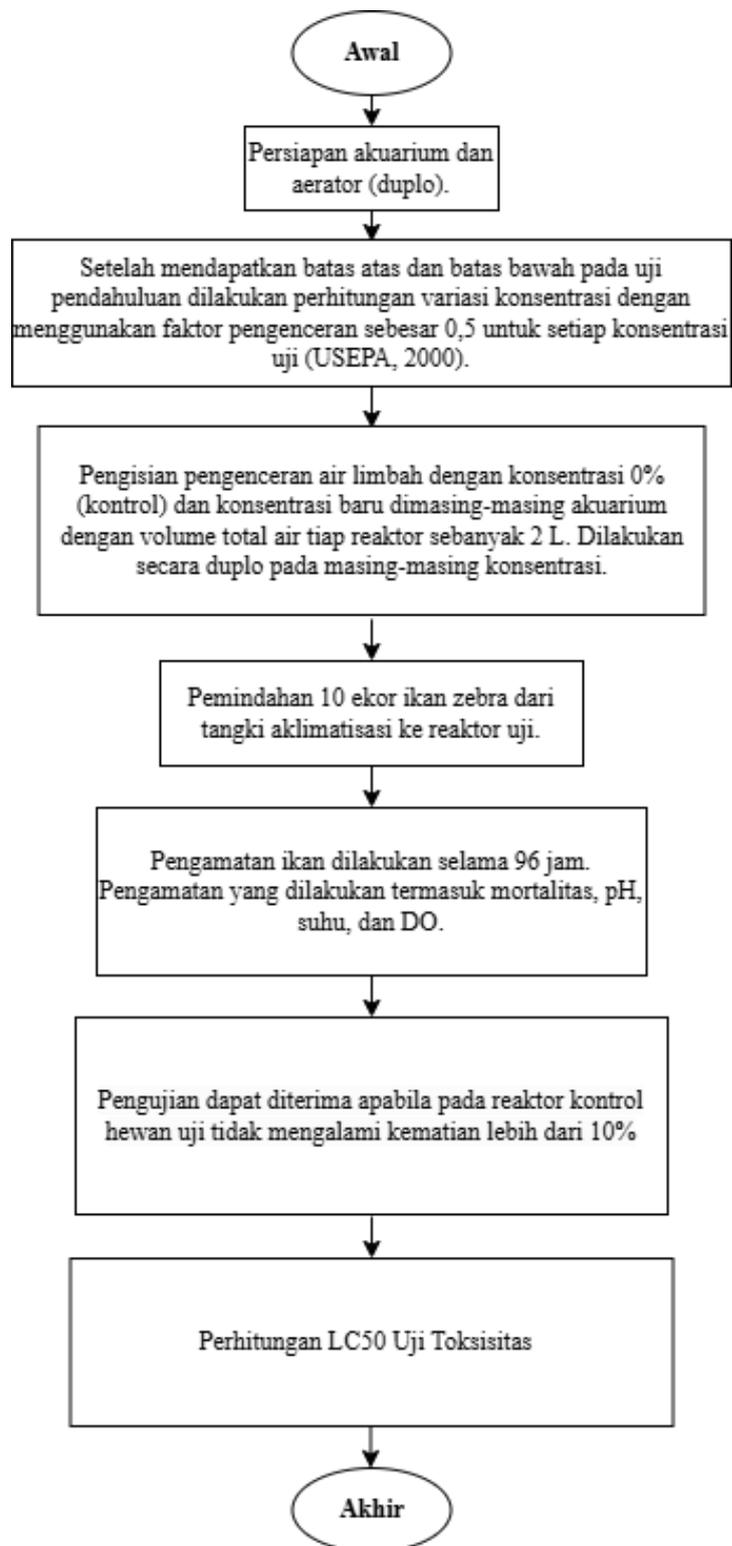
Gambar 3.3 Bagan Alir Tahapan Uji Pendahuluan

Uji ini dilakukan selama 24 jam dengan konsentrasi pengujian 0%, 6,25%, 12,5%, 25%, 50% dan 100%. Jika hewan uji mengalami kematian maka konsentrasi

kematian 100% dikalikan dengan faktor pengenceran sebesar 0,5 (USEPA, 2000) sebagai konsentrasi tertinggi pengujian. Apabila mortalitas yang dihasilkan 0% atau 100% pada semua konsentrasi, maka uji pendahuluan gagal dan harus dilakukan pengulangan dengan menggunakan konsentrasi yang berbeda. Pengujian dapat diterima apabila pada reaktor kontrol hewan uji bertahan $\geq 90\%$ populasi.

5. Uji Toksisitas

Uji toksisitas bertujuan untuk mengetahui nilai LC_{50} . Pengujian ini dilaksanakan selama 96 jam. Uji dilakukan dengan tipe *static non renewal* berarti limbah yang digunakan sama dari awal hingga akhir pengujian (USEPA, 2000). Tahapan uji toksisitas dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini:



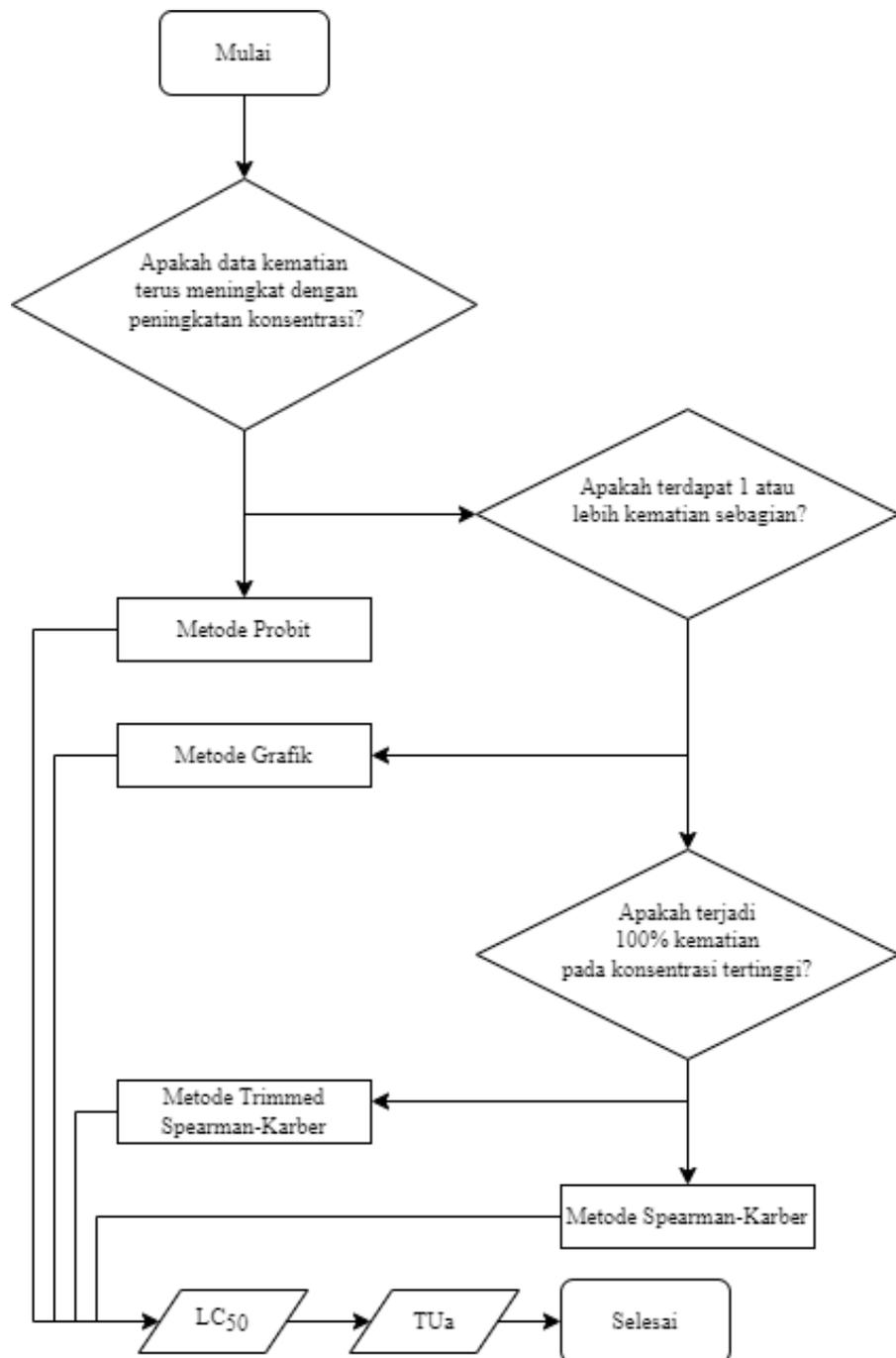
Gambar 3.4 Bagan Alir Tahapan Uji Toksisitas

Uji toksisitas adalah tahapan lanjut dari uji pendahuluan dengan perlakuan sama namun dengan konsentrasi baru yang didapat dari hasil uji pendahuluan. Dalam pengujian digunakan 10 ekor ikan zebra dalam satu reaktor. Ikan yang mati harus segera dibuang agar tidak mempengaruhi pengujian. Analisis dampak toksisitas dihitung dari persen kematian biota uji (Kinanti, 2023). Ikan zebra tidak diberikan pakan selama uji toksisitas untuk menghindari kematian ikan yang ditimbulkan dari sisa makanan dan kotoran ikan yang mengandung bibit penyakit.

6. Analisa Data

Penelitian ini menggunakan metode *Whole Effluen Toxicity* (WET) yang berarti efek beracun dari air limbah yang diukur langsung dengan uji toksisitas akuatik. Pada uji ini biota uji akan dipaparkan limbah batik dengan konsentrasi yang berbeda dan diukur efek biologis seperti kematian ikan.

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai LC_{50} antara lain yaitu Metode Grafik, Metode Spearman-Karber, Metode Analisis Probit dan Metode Trimmed Spearman-Karber. Pemilihan metode analisis nilai LC_{50} dari keempat metode tersebut berdasarkan jumlah kematian hewan uji. Untuk lebih jelasnya terkait prosedur pemilihan metode analisis nilai LC_{50} dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Analisis Data Kematian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Karakteristik Air Limbah

Adapun hasil pemeriksaan dari parameter effluent IPAL dan perbandingan dengan Permen LHK RI No. 16 Tahun 2019 dan Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Uji Parameter Influent dan Effluent IPAL Industri Batik

Influent dan Effluent IPAL Industri Batik					
Parameter	Satuan	Baku Mutu Permen LHK RI No. 16 Tahun 2019	Baku Mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016	Hasil Pengujian Influent Sebelum Diolah	Hasil Pengujian Effluent
BOD5	mg/L	60	85	501,4	7,97
COD	mg/L	150	250	3937	66,6
TDS	mg/L	-	2000	-	0,352
TSS	mg/L	50	60	1462	0,344
Fenol	mg/L	0,5	0,5	-	1,329
Krom Total (Cr)	mg/L	1	1	-	2,05
Amonia Total (NH3 sebagai N)	mg/L	8	3	-	0,64
Sulfida (sebagai S)	mg/L	0,3	0,3	-	0,3
Minyak dan Lemak Total	mg/L	3	5	-	0,18
Suhu	°C	-	3°C terhadap suhu udara	-	27
pH	-	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0	10	7,5

Sumber: Hasil Effluent dari Analisis Laboratorium dan Influent dari Dindasari, 2018

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa pada pengujian influent sebesar pH 10.2, BOD 501.4 mg/L, COD 3937 mg/L, TSS 1462 mg/L dan warna sebesar 2180 mg/L. Kadar pH yang tinggi menunjukkan air limbah dalam kondisi sangat basa. Hal ini disebabkan pada proses pencelupan ditambahkan garam yang bertujuan untuk memperkuat warna batik agar tidak mudah luntur.

Nilai BOD yang dihasilkan pada pengujian ini sebesar 501.4 mg/L. Kandungan BOD yang tinggi dikarenakan tingginya bahan organik yang berasal dari proses pelorodan dan pencucian kain. Kandungan BOD yang tinggi terjadi karena penggunaan zat warna pada batik. Selanjutnya kadar COD dan TSS juga masih berada di atas baku mutu. Baku mutu COD sebesar 250 mg/L sedangkan hasil pengujian menunjukkan kadar COD sebesar 3937 mg/L. COD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Akan tetapi, semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk pula kualitas air tersebut. Kadar TSS yang melebihi baku mutu akan membahayakan lingkungan karena dapat menyebabkan kekeruhan pada permukaan air sehingga cahaya matahari tidak dapat tembus.

Berdasarkan tabel 4.1 juga diketahui hasil effluent bahwa terdapat 2 parameter air limbah yang melebihi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Hasil pengujian sampel air limbah yang diambil menunjukkan kadar fenol pada effluent IPAL Industri Batik PT. X sebesar 1,329 mg/L. Kadar fenol tersebut masih melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Kandungan fenol yang tinggi pada effluent IPAL Industri Batik PT.X disebabkan oleh kandungan senyawa organik yang tinggi pada air limbah batik. Kandungan fenol banyak dihasilkan dari pelilinan yang digunakan selama proses pembatikan. Adanya fenol dalam air dapat memengaruhi kadar oksigen terlarut dan bersifat racun yang dapat menyebabkan kematian pada mikroorganisme dengan konsentrasi yang cukup tinggi.

Dari hasil pengujian juga diketahui kandungan krom total (Cr) pada effluent IPAL Industri Batik PT.X sebesar 2,05 mg/L. Kadar tersebut melebihi batas maksimum baku mutu yang ditetapkan. Kandungan krom total (Cr) pada effluent

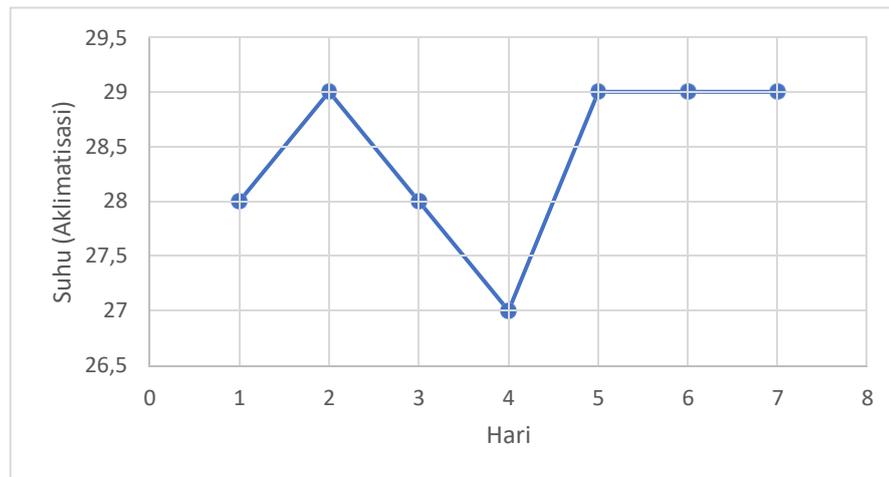
IPAL Industri Batik PT.X timbul akibat penggunaan zat pewarna selama proses pembuatan kain batik. Krom total di dalam air dapat menyebabkan hambatan kerja enzim sitokrom monooksigenase (Lestراسي, et al, 2016). Penghambatan enzim tersebut dapat menimbulkan kanker pada biota ataupun manusia yang terpapar.

Penurunan kadar parameter pada effluent disebabkan karena adanya pengolahan air limbah menggunakan sistem ipal biofilter. Dimana pada proses ini industri batik PT.X memiliki 2 tabung ipal biofilter dan kolam filter. Selain itu, dilakukan penambahan bahan kimia berupa aluminium oxide (Al_2O_3). Penambahan bahan kimia tersebut membantu proses pembentukan flok yang kemudian akan diendapkan melalui proses filtrasi. Proses ini membantu mengurangi kekeruhan dan kontaminan sehingga kualitas air yang diolah menjadi lebih baik.

4.2 Aklimatisasi

Untuk menyesuaikan kondisi ikan zebra dengan kondisi laboratorium diperlukan aklimatisasi. Ikan zebra (*Danio rerio*) dipindahkan secara bertahap dari 100% air pemeliharaan ke 100% air pengencer. Air pengencer yang digunakan diambil dari Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan *aquarium* besar yang dilengkapi dengan aerator. Jumlah ikan yang diaklimatisasi sebanyak 800 ekor. Selama proses ini juga dilakukan pengukuran pH, DO, dan suhu. Selain itu, biota uji juga diperhatikan mortalitasnya selama proses aklimatisasi.

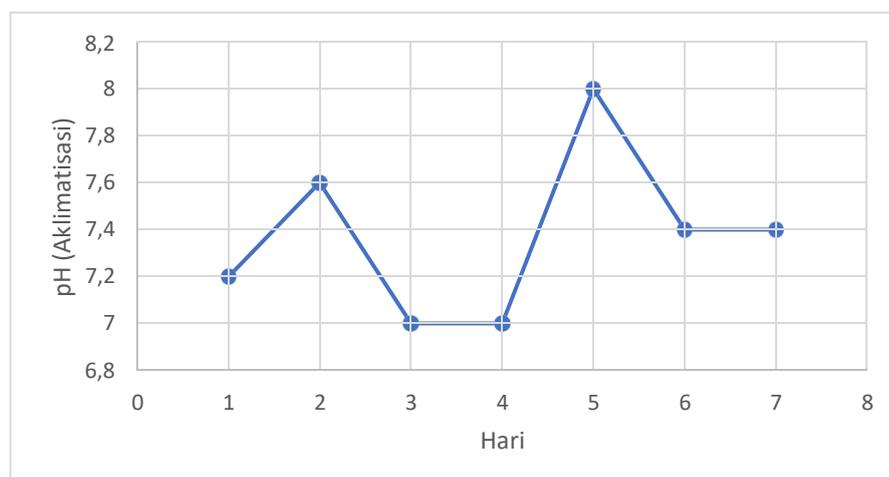
1. Suhu



Gambar 4.1 Pengukuran Suhu Pada Proses Aklimatisasi

Dalam tahap aklimatisasi terjadi perubahan suhu yang variatif. Perubahan ini terjadi karena pendingin ruangan (AC) lebih sering dimatikan dan terkena paparan cahaya karena lampu ruangan tidak pernah dimatikan selama tahap aklimatisasi sehingga suhu berada di 29°C.

2. pH

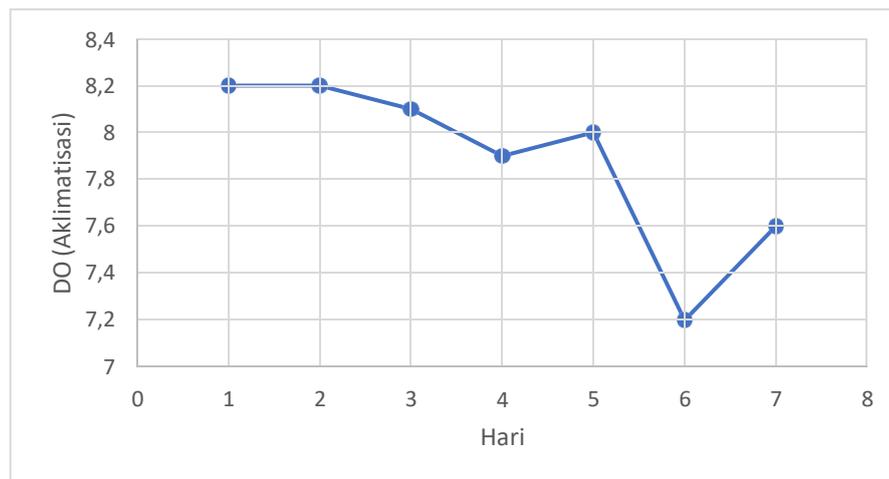


Gambar 4.2 Pengukuran pH Pada Proses Aklimatisasi

Parameter pH selama tahap aklimatisasi mengalami naik turun. Pada hari ke 3 dan 4 pH menurun di angka 7. Angka tersebut merupakan nilai pH terendah selama pengukuran. Angka pH menurun diakibatkan adanya aktivitas mikroba yang meningkat untuk menguraikan sisa makanan dan kotoran yang dihasilkan oleh ikan

zebra. Peningkatan tersebut menyebabkan peningkatan karbon dioksida sehingga terjadi penurunan pH. Pada hari ke 5 terjadi kenaikan pH karena di hari sebelumnya dilakukan pembersihan sisa makanan pada dasar akuarium sehingga terjadi penurunan aktivitas mikroba dan menyebabkan kenaikan pH.

3. DO



Gambar 4.3 Pengukuran DO Pada Proses Aklamatisasi

Berdasarkan gambar 4.3 di atas, diketahui selama tahap aklamatisasi nilai DO mengalami penurunan dan kenaikan.

- Hari ke-1 nilai DO sebesar 8,2 mg/L
- Hari ke-2 nilai DO sebesar 8,2 mg/L
- Hari ke-3 nilai DO sebesar 8,1 mg/L
- Hari ke-4 nilai DO sebesar 7,9 mg/L
- Hari ke-5 nilai DO sebesar 8 mg/L
- Hari ke-6 nilai DO sebesar 7,2 mg/L
- Hari ke-7 nilai DO sebesar 7,6 mg/L

Penurunan nilai DO terjadi karena dekomposisi bahan organik dari sisa makanan dan kotoran biota uji. Sedangkan kenaikan kadar oksigen pada tahap ini dikarenakan proses aerasi oleh aerator berlangsung secara terus-menerus sehingga menghasilkan gelembung udara yang meningkatkan nilai DO dalam air. Nilai DO yang dapat diterima oleh ikan adalah tidak kurang dari 5 mg/L (Rachmah, 2020).

4. Mortalitas

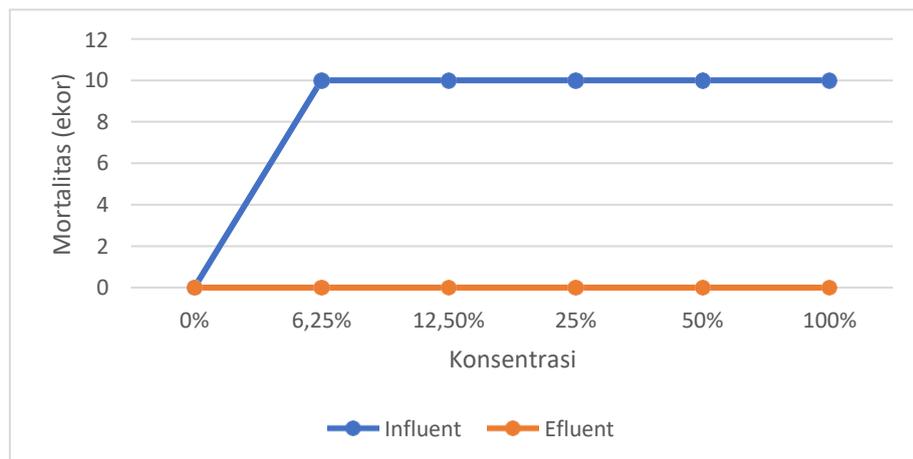
Tabel 4.2 Mortalitas Pada Tahap Aklimatisasi

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

Mortalitas pada tahap aklimatisasi juga diperhatikan. Pada tahap ini diketahui tidak terjadi kematian, ikan dikategorikan sehat sehingga dapat digunakan untuk pengujian.

4.3 Uji Pendahuluan

Dalam menentukan batas kisaran konsentrasi untuk tahap uji toksisitas akut dilakukan uji pendahuluan selama 24 jam sebagai penentu konsentrasi yang akan digunakan. Konsentrasi yang digunakan sesuai dengan standar USEPA tahun 2002 yaitu 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100% dengan kontrol 0%. Berikut jumlah persentase kematian pada uji pendahuluan.



Gambar 4.4 Uji Pendahuluan Mortalitas Ikan Pada Influent dan Effluent

Berikut merupakan data pengamatan kematian ikan zebra selama uji pendahuluan:

Tabel 4 3 Data Kematian Ikan Zebra Pada Uji Pendahuluan

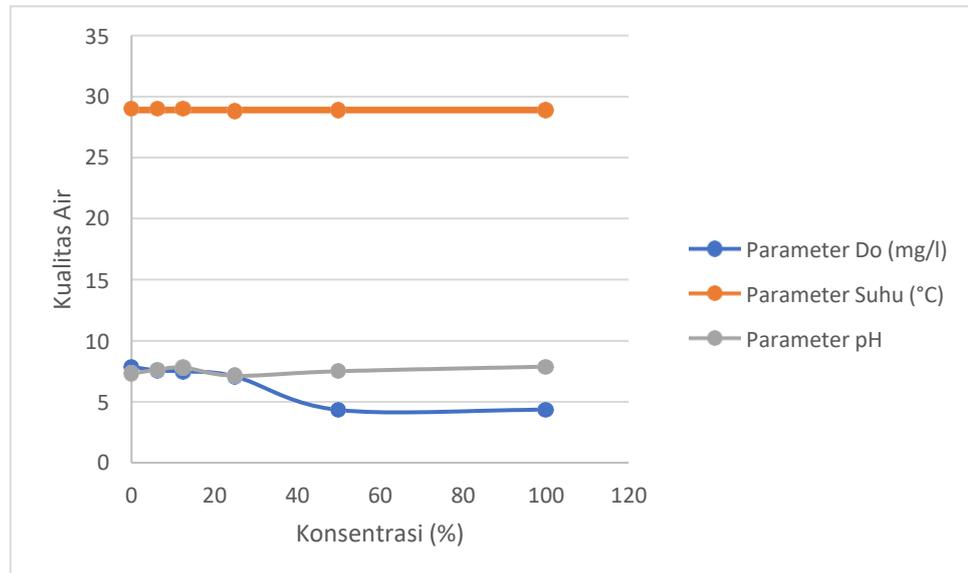
Waktu	6,25%		12,5%		25%		50,00%		100,00%	
	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef
30 Menit	0	0	1	0	2	0	10	0	10	0
1 Jam	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0
2 Jam	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0
24 Jam	8	0	5	0	5	0	0	0	0	0
Total	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0

Berdasarkan grafik pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pada uji pendahuluan effluent selama 24 jam tidak terdapat kematian ikan zebra sehingga konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100% dan satu konsentrasi 0% (blangko). Pada uji pendahuluan influent selama 24 jam, seluruh ikan zebra mengalami kematian pada konsentrasi 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100% sebanyak 10 ekor pada masing-masing konsentrasi.

Pada konsentrasi 100% dan 50% ikan mengalami kematian pada 30 menit pertama pengujian sebanyak 100% mortalitas, sedangkan pada konsentrasi 25%, 12,5% dan 6,25% ikan mengalami ketidaknormalan di 2 jam pertama dan sebagian ikan hanya bergerak memutar di sekitar aerator. Setelah pengamatan 24 jam seluruh ikan zebra mengalami kematian 100% pada konsentrasi 25%, 12,5% dan 6,25%. Pada konsentrasi 0% atau kontrol ikan zebra tidak mengalami kematian. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair influent industri batik yang ditambahkan ke dalam akuarium maka semakin cepat kematian ikan zebra dan sebaliknya semakin kecil konsentrasi limbah cair yang ditambahkan ke dalam akuarium semakin lama ikan zebra mampu bertahan. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi limbah cair influent industri batik berpengaruh terhadap kematian ikan zebra.

Batas bawah dan batas atas untuk uji toksisitas yaitu di antara 0% - 6,25%. Faktor pengenceran yang digunakan sebesar 0,5 dari konsentrasi ambang batas atas (USEPA, 2006). Sehingga diperoleh konsentrasi baru yang akan digunakan untuk

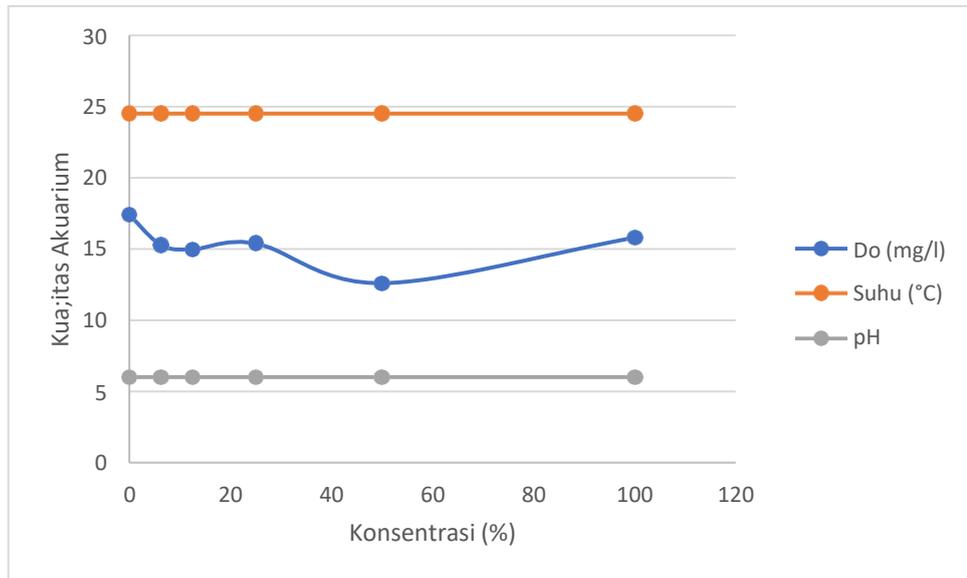
pengujian toksisitas yaitu 0,20%, 0,4%, 0,8%, 1,6% dan 3,1% satu konsentrasi 0% (blangko). Berikut ini grafik parameter yang diukur pada uji pendahuluan.



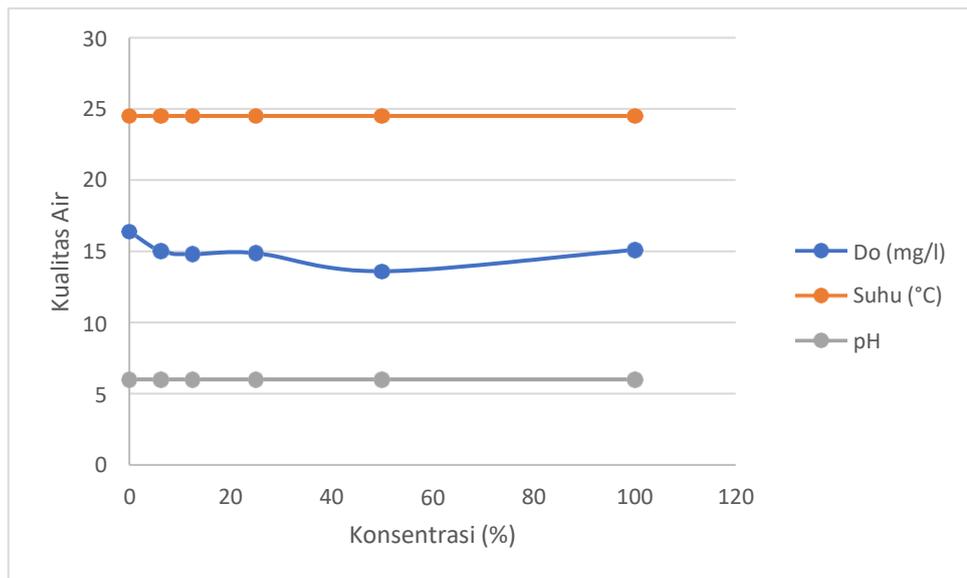
Gambar 4.5 Grafik Data Uji Pendahuluan Influent

Berdasarkan grafik pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai DO terkecil ada pada konsentrasi 50% dan 100% dengan nilai sebesar 4,33 mg/l dan 4,35 mg/l. Kadar DO untuk ikan bertahan hidup yaitu ≥ 4 mg/L (Kordi, 2004). Apabila kadar DO di dalam air tidak tersedia dalam jumlah yang cukup maka akan menyebabkan kematian pada ikan zebra dan menurunkan kualitas air. Hal ini bisa dilihat dari kematian ikan zebra di konsentrasi 50% dan 100% yang cukup cepat yaitu di 2 jam pertama sudah mengalami kematian pada 10 ikan zebra. Sedangkan untuk pH berada di rentang 7,13 – 7,88.

Nilai pH menunjukkan masih dalam rentang yang cocok untuk pemeliharaan ikan, di mana ikan masih bisa bertahan hidup dengan rentang pH berkisar 6,6 – 8,2 (McClure et al, 2006). Dilihat dari parameter suhu menunjukkan nilai berkisar antara 28,9 – 29 °C. Ikan zebra merupakan ikan yang menghuni perairan hangat 24 – 35 °C.



Gambar 4.6 Grafik Data Uji Pendahuluan Effluent Akuarium 1



Gambar 4.7 Grafik Data Uji Pendahuluan Effluent Akuarium 2

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 dan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa nilai DO effluent akuarium 1 dan 2 berada pada rentang 12,6 mg/l – 17,4 mg/l. Hal ini menunjukkan cukup banyak kadar DO yang tersedia sehingga bisa dilihat dari semua konsentrasi tidak ditemukan kematian pada ikan zebra karena ikan memiliki cukup DO untuk hidup. Sedangkan nilai pH sebesar 6 pada setiap konsentrasi akuarium. Nilai pH menunjukkan masih dalam rentang yang cocok untuk

pemeliharaan ikan, di mana ikan masih bisa bertahan hidup dengan rentang pH berkisar 6,6 – 8,2 (McClure et al, 2006). Dilihat dari parameter suhu menunjukkan nilai 24 °C di mana ikan zebra mampu bertahan hidup di suhu 24 – 35 °C.

4.4 Uji Toksisitas

Tabel 4.4 Pengamatan Mortalitas Effluent

Konsentrasi	Jam					Mortalitas
	Ke-0	Ke-24	Ke-48	Ke-72	Ke-96	
0%	0	0	0	0	0	0
6.25%	0	0	0	0	0	0
12.5%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan tabel 4.4 di atas dapat diketahui bahwa tidak terjadi kematian pada ikan zebra pada setiap konsentrasi. Akan tetapi setelah 24 jam pengujian ikan pada konsentrasi 100% mengalami *hypoactivity* atau kurang aktif dan lamban dalam bergerak namun masih memiliki respons ketika disentuh. Ikan zebra cenderung berkumpul di satu tempat di dekat aerator. Ikan zebra juga mengalami pemudaran pada garis-garis tubuhnya semula yang berwarna gelap menjadi pucat.

Pada konsentrasi 50% ada 5 ekor ikan zebra mengalami *hypoactivity* serta seluruh warna garis di ikan memudar. Pada konsentrasi 25% sebanyak 3 ekor ikan zebra mengalami *hypoactivity* dan seluruh ikan pada konsentrasi ini mengalami pemudaran pada garis-garis tubuhnya. Pada konsentrasi 12,5% ikan zebra bergerak seimbang dan normal akan tetapi seluruh ikan mengalami pemudaran warna pada garis-garis tubuhnya. Ikan zebra pada konsentrasi 6,25% bergerak seimbang dan normal, namun 8 ekor dari 10 ekor hewan uji mengalami pemudaran warna pada garis tubuhnya. Di konsentrasi 0% ikan bergerak seimbang, aktif dan normal serta tidak mengalami perubahan warna pada tubuhnya.

Tabel 4.5 Pengamatan Mortalitas Influent Pada Uji Toksisitas

Konsentrasi	Jam					Mortalitas
	Ke-0	Ke-24	Ke-48	Ke-72	Ke-96	
0%	0	0	0	0	0	0
0,2%	0	0	0	0	0	0
0,4%	0	0	0	0	0	0
0,8%	0	0	0	0	0	0
1,6%	0	0	1	0	1	2
3,1%	0	0	0	0	0	0

Pada tabel 4.5 diketahui bahwa setelah dilakukan pengujian pada influent terdapat kematian ikan di konsentrasi 1,6% pada 48 jam pertama sebanyak 1 ekor ikan mati kemudian terjadi kematian kembali di 96 jam sebanyak 1 ekor ikan mati sehingga total kematian ikan pada konsentrasi 1,6% sebanyak 2 ekor. Pada konsentrasi lain tidak terdapat kematian pada ikan, namun ikan yang berada di akuarium konsentrasi 3,1% dan 1,6% mengalami *hypoactivity* (kurang aktif) dan berenang di dasar akuarium. Ikan yang berada di konsentrasi 0,8%, 0,4% dan 0,2% terlihat aktif dan responsif. Pada pengamatan di 96 jam semua ikan yang terpapar air limbah influent mengalami perubahan warna sedikit lebih pucat dari sebelumnya.

4.5 Perhitungan Toksisitas

Berdasarkan uji toksisitas dapat diketahui bahwa konsentrasi effluent pada IPAL Industri Batik PT X tidak mengakibatkan kematian pada hewan uji sehingga tidak dapat dihitung nilai T_{50} . Sedangkan pada influent diketahui terdapat satu konsentrasi yang mengalami kematian, sehingga nilai LC_{50} dapat ditentukan dengan metode spearman-karber. Setelah mengetahui nilai LC_{50} dapat dilakukan penghitungan *Toxic Unit Acute* (TUa). Apabila nilai LC_{50} tinggi maka nilai TUa semakin rendah atau tidak toksik, dan apabila LC_{50} nilai rendah maka nilai TUa semakin tinggi atau semakin akut.

Tabel 4.6 Kategori TU

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

Tabel 4.7 Hasil Nilai Perhitungan

No	Contoh Uji	LC50	TUa	Kategori Toksisitas
1	Influent	85,35	1,17	Non toksik
2	Effluent	-	-	-

Berdasarkan tabel 4.6 dapat diketahui bahwa influent IPAL Industri Batik X berkategori toksisitas sedang dengan nilai LC₅₀ sebesar 85,35. Sedangkan effluent tidak memiliki nilai LC₅₀ dikarenakan selama uji toksisitas 96 jam, tidak ada kematian pada hewan uji. Sehingga effluent Industri Batik X tidak memiliki kadar toksisitas.

Berdasarkan tabel 4.7 diketahui bahwa perhitungan nilai TUa influent IPAL Industri Batik X sebesar 1,17 dengan kategori non toksik. Dengan demikian, air limbah influent Industri Batik X dianggap tidak memiliki dampak beracun yang signifikan, dan kecil kadar toksisitasnya dalam limbah, namun hal tersebut harus tetap menjadi perhatian.

Beberapa peneliti lain juga melakukan uji toksisitas dari limbah batik. Pertama penelitian yang dilakukan pada limbah batik terhadap ikan nila dan tumbuhan kayu apu, menunjukkan hasil nilai LC₅₀ untuk air limbah pelorodan dengan biota uji tumbuhan kayu apu sebesar 1,3% ± 0,4, nilai LC₅₀ untuk air limbah pelorodan dengan biota uji ikan nila sebesar 0,9% ± 0,2, nilai LC₅₀ untuk air limbah pewarnaan dengan biota uji ikan nila sebesar 4,9% ± 0,3, dan nilai LC₅₀ untuk air

limbah pewarnaan dengan biota uji tumbuhan kayu apu sebesar $3,3\% \pm 0,4$. Konsentrasi krom terbesar ada pada proses pelorodan yang menyebabkan air limbah lebih toksik dibandingkan dengan air limbah pencelupan warna. Krom merupakan logam berat yang bersifat toksik yang menyebabkan kematian pada ikan nila dan tumbuhan kayu apu. (Pramudita, 2014).

Kedua penelitian lain yang melakukan uji toksisitas air limbah industri batik kampung batik giriloyo terhadap ikan nila dengan menggunakan reaktor anaerob-aerob. Hasil penelitian diperoleh LC_{50} sebesar 1,84 dengan nilai TUa sebesar 54,22 berkategori *high acute toxicity Level* sudah dapat mematikan 50% populasi hewan uji. Sedangkan untuk effluent yang dihasilkan dari reaktor anaerob-aerob memiliki nilai LC_{50} sebesar 1,17 dengan nilai TUa sebesar 85,57 berkategori *significant acute toxicity level* sudah dapat mematikan 50% populasi hewan uji (Dindasari, 2018).

Penelitian lain juga yang melakukan uji toksisitas air limbah industri batik kampung batik giriloyo terhadap ikan mas dengan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob menunjukkan hasil penelitian diperoleh nilai TUa influent sebesar 116,114 dengan kategori akut sangat tinggi, sedangkan effluent dengan nilai TUa sebesar 1,1 dengan kategori toksisitas akut. Selain itu diketahui pula efisiensi reaktor kombinasi anaerob-aerob dalam menurunkan kadar parameter BOD, COD, TSS dan warna dari limbah batik sebesar 73%, 74%, 69% dan 53% (Pangestuti, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Oktavia dan Cory (2021) dari limbah industri batik Lebak skala rumah tangga terhadap ikan mas menunjukkan hasil penelitian diperoleh pada konsentrasi 50%, 40%, 30% dan 20% mampu mematikan ikan mas sebanyak 100% kematian hewan uji. Sehingga, diperoleh nilai LT_{50} sebesar 1,8 hari, LC_{50} sebesar 8,56% dengan nilai TUa sebesar 11,68. Nilai tersebut menunjukkan bahwa limbah cair industri batik lebak berpengaruh besar menyebabkan toksisitas akut.

Penelitian yang dilakukan pada limbah batik IPAL terpadu pada kawasan industri batik kota Pekalongan terhadap daphnia menunjukkan hasil nilai TUa influent sebesar 2,78 dengan klasifikasi cukup akut dan berada pada rentang kelas II dengan nilai LC_{50} yang diperoleh sebesar 36%, sedangkan pada effluent

diperoleh nilai TUa sebesar 1,08 dengan klasifikasi cukup akut dan berada di rentang kelas II dengan nilai LC₅₀ yang diperoleh sebesar 92,4%. (Firdaus, 2022).

Peneliti Handayani (2018) melakukan uji toksisitas limbah cair batik terhadap ikan mas. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi 39.443 ppm dan 62.320 ppm menyebabkan 100% kematian ikan mas. Nilai nilai LC₅₀ yang diperoleh sebesar 20.000 ppm dengan kategori relatif kurang berbahaya.

Peneliti lain yang juga melakukan uji toksisitas akut limbah cair batik yaitu Anita (2016). Penelitian ini dilakukan terhadap ikan mas pada bak-bak percobaan. Nilai LC₅₀ yang diperoleh sebesar 3,34 ml/l yang menunjukkan bahwa pemberian masukan limbah dengan konsentrasi tersebut dapat menyebabkan kematian ikan mas hingga 50%. Semakin banyak konsentrasi yang diberikan maka semakin tinggi nilai persentase kematian hewan uji. Sementara itu terjadi gejala kerusakan jaringan pada insang ikan mas sehingga insang kehilangan fungsi normalnya sebagai organ respirasi.

Kerentanan organisme terhadap bahan toksik diketahui berbeda-beda. Kerentanan tersebut dapat digolongkan berdasarkan konsentrasi dari bahan toksik itu sendiri, jenis spesies, dan juga ukuran organismenya. Demikian pula yang disampaikan oleh Utami (2008) bahwa toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi pemaparan, sifat lingkungan, dan jenis spesies organisme penerima.

4.6 Pengaruh Kualitas Limbah Terhadap Kematian Ikan

Paparan air limbah batik pada ikan zebra memberikan dampak pada perubahan tingkah laku. Beberapa saat setelah ikan dimasukkan ke dalam limbah batik influent ikan zebra hanya bergerak di sekitar aerator. Pergerakan ikan tersebut dikarenakan rendahnya nilai DO yang ada pada air sehingga ikan mencari sumber oksigen lainnya. Ikan juga hanya dapat berenang di dasar akuarium karena air limbah dipenuhi oleh padatan-padatan berukuran sedang. Kemudian setelah beberapa jam ikan mengalami kematian dan mengapung di permukaan.

Pada tubuh ikan yang telah mati kemudian diamati, terdapat perubahan warna pada tubuhnya dan terjadi perubahan warna insang pada ikan yang telah terpapar air limbah batik. Perubahan warna pada insang ikan diakibatkan oleh berkurangnya oksigen yang disebabkan oleh partikel-partikel tersuspensi yang ada di insang ikan sehingga peredaran darah terhenti (Pangestuti, 2018). Selain menyebabkan berkurangnya konsumsi oksigen rusaknya insang juga menyebabkan gangguan pada fungsi osmoregulasi sehingga ikan tidak dapat menyesuaikan kandungan air dan elektrolit pada tubuh ikan dengan lingkungannya. Hal ini yang menyebabkan ikan kekurangan oksigen dan akhirnya mengalami kematian.

Kandungan krom total yang melebihi baku mutu pada limbah batik merupakan salah satu zat pencemar yang berbahaya. Pada ikan yang terpapar menyebabkan penebalan pada dinding epitel insang ikan sehingga ikan akan mengalami kesulitan untuk mengambil oksigen terlarut dalam air. Walaupun jumlah krom total yang masuk ke dalam tubuh ikan zebra relatif kecil, namun dapat terakumulasi dalam tubuh dan semakin lama dapat menyebabkan kerusakan jaringan tubuh (Pramudita, 2014). Kandungan logam berat yang tinggi inilah salah satu penyebab ikan zebra cepat mati dalam waktu yang sangat singkat. Berikut gambar perbedaan ikan sebelum dan sesudah terpapar air limbah:



Gambar 4.8 Warna tubuh ikan sebelum terpapar air limbah



Gambar 4.9 Warna tubuh ikan sesudah terpapar air limbah

Limbah batik juga diketahui memiliki kandungan fenol yang melebihi baku mutu. Paparan senyawa fenol pada ikan zebra menyebabkan kerusakan jaringan

pada insang sehingga mengakibatkan kematian pada ikan. Rusaknya jaringan insang ini dapat mengganggu proses pengambilan oksigen dan meningkatkan frekuensi pernapasan dalam keadaan normal (Svobodova et al, 1993). Selain itu, dapat dilihat perbandingan warna tubuh ikan pada gambar 4.8 dan 4.9 terlihat berbeda. kandungan fenol yang tinggi ini juga menyebabkan perubahan warna pada tubuh ikan zebra sehingga garis-garis yang terdapat pada tubuh ikan mengalami pemudaran warna.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil uji toksisitas akut pada IPAL Industri Batik diperoleh kesimpulan :

1. Hasil pengujian sampel air limbah effluent IPAL Industri Batik X menunjukkan kadar fenol dan krom total tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Kadar fenol pada effluent IPAL Industri Batik yaitu sebesar 1,329 mg/L dan krom total dengan nilai 2,05 mg/L.
2. Nilai LC_{50} pada influent sebesar 85,35 dengan nilai TUa sebesar 1,17 dengan kategori non toksik. Sedangkan pada effluent tidak memiliki nilai LC_{50} karena tidak ada kematian ikan zebra selama pengujian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil uji toksisitas akut effluent dan influent IPAL Industri Batik, maka saran dan rekomendasi:

1. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan uji toksisitas kronis untuk melihat pengaruh effluent IPAL Industri Batik bagi hewan uji.
2. Melakukan dua kali pengulangan pada uji toksisitas influent IPAL Industri Batik.
3. Melakukan pengujian influent dan effluent dalam satu waktu yang sama.

DAFTAR PUSTKA

- Anita, Adinda Putri. (2016). Uji Toksisitas Akut (LC50-96 Jam) Dari Limbah Cair Industri Tekstil Batik Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio linn*) Pada Bak-Bak Percobaan. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Apriyani, Nani. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. Universitas Muhammadiyah Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Media Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol. 2 No.1. PP:21-29.
- Dindasari, N. (2018). Uji Toksisitas Akut Limbah Industri Batik Kampung Batik Giriloyo Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dengan Menggunakan Reaktor Anaerob-Aerob. Univerisitas Islam Indonesia, DI Yogyakarta.
- Diniyati, B. (2000). Karakteristik Air Sumur Di Sekitar Aliran Limbah Cair Industry Kerajinan Batik Di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen. Tugas Akhir Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Eaton, RC. et. al. (1974). Spawning Cycle And Egg Production Of Zebrafish (*Brachydanio rerio*) In The Laboratory). Copia. 1974;1. PP: 195-204.
- Firdaus, Muhammad. (2022). Toksisitas Limbah Batik IPAL Terpadu Pada Kawasan Industri Batik Kota Pekalongan Terhadap *Daphnia Sp.* Universitas Gadjah Mada, DI Yogyakarta.
- Hakika. D.C. dkk. (2021). Peningkatan Pengetahuan Peserta Training of Trainer (ToT) “Pelatihan Batik dengan Pewarnaan Alami” dengan Penyuluhan Mengenai Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. Universitas Ahmad Dahlan, DI Yogyakarta.
- Handayani, Sri. (2018). Toksisitas Limbah Cair Batik Terhadap Mortalitas dan Morfologi Sisik Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Pada Berbagai Konsentrasi dan Lama Pemaparan. UIN Sunan Kalijaga, DI Yogyakarta.
- Hasibuan. (2000). Industri merupakan. Dalam Wijayanto, Feri(ED). Analisis Tenaga Kerja Industri Batik Tulis Serta Sumbangannya Terhadap Ekonomi Keluarga Di Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen. PP: 5-6.
- Haz, F.L. (2018). Studi Toksisitas Air Sampah (Lindi) Di IPAL TPST Piyungan Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) Dengan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Universitas Islam Indonesia, DI Yogyakarta.
- Kinanti. S.H. (2023). Uji Toksisitas Akut (LC₅₀- 96 Jam) Limbah Cair Rumah Sakit X Terhadap Ikan Zebra (*Danio rerio*). UIN Sunan Ampel, Surabaya.

- Kurniawan M Wawan, P. Purwanto, S. Sudarno. (2013). Strategi Pengelolaan Air Limbah Sentra UMKM Batik yang Berkelanjutan di Kabupaten Sukaharjo. *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol. 11 Issue 2: 62-72. Universitas Diponegoro.
- Lestari, Sri. Et. Al. (2016). Biosorpsi Krom Total dalam Limbah Cair Batik dengan Biosorben yang Dikemas dalam Kantong Teh Celup. *Biosfera* Vol. 33, No. 2 Mei 2016 : 71-75.
- Li, Huaqi. Et. al. (2023). Research Progress of Zebrafish Model in Aquatic Ecotoxicology. *Water* 2023, 15, 1735.
- Mangkoedihardjo dan Samudro, G. (2009). *Ekotoksikologi Teknosfer*. Guna Widya: Surabaya.
- Manurung, Rj. Et. al (2004). *Perombakan Zat Warna Azo Secara Anaerob-aerob*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Mathur, N. dkk. (2005). Assessing Mutagenicity of Textile Dyes From Pali (Rajasthan) Using Ames Bioassay, *Applied Ecology And Environmental Research* 4(1). PP: 111-118.
- Maulana, A. et. al. (2019). Modeling Salt Transport Disorders of Human Kidney In Zebrafish: The Grain of Salt. *The Journal of Physiology*. *J Physiol* 597.23. PP: 5529-5530.
- Moorman, S.J. (2001). Development Of Sensory Systems In Zebrafish (*Danio rerio*). *Institute for Laboratory Animal Research Journal*. 2001;42(4):292-8.
- OECD. (2004). Detailed Review Paper on Fish Screening Assays for the Detection of Endocrine Active Substances. No.47. ENV/JM/MONO(2004). Pp:18-170.
- Oktavia, Swastika. Cory Novi. (2021). Acute Toxicity of Household-Scale Lebak Industrial Wastewater on Common Carp. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi* Vol. 12 No. 2 (2021) 140-148.
- Pangestuti, A.D. dkk. (2018). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Kampung Batik Giriloyo Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Dengan Menggunakan Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob. *Univerisitas Islam Indonesia, DI Yogyakarta*.
- Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pramudita, B. (2014). Uji Toksisitas Akut Air Limbah Industri Batik Terhadap Biota Uji Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Tumbuhan Air Kayu Apu

(*Pistia stratiotes*). Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Putra, M.A. dkk (2017). Uji Toksisitas Akut LC₅₀ Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Univerisitas Andalas, Padang.

Soemirat, Juli. (2003). Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.

USEPA. (2002). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Waters to Freshwater and Marine Orgnaisms. 5th Edition, October 2002. EPA-821-R-02-012.U.S. Environmental Protection Agency, Washinton, D.C.

Warhana. R.W. (2020). Pengaruh Pengenceran dan Waktu Kontak Terhadap Kekeruhan dan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) Limbah Cair Batik Menggunakan Fitoteknologi Tanaman Mata Lele (*Lemna minor*). Universitas Airlangga, Surabaya.

Walker. C., Hopkin S., Sibly R., and Peakall D. (2006). Principles of Ecotoxicology, CRC press: Taylor and Francis Group LLC. London, New York.

Yuniarto, Ali. et. al. (2017). Aplikasi Zebrafish (*Danio Rerio*) Pada Beberapa Model Penyakit Eksperimental. Intitut Teknologi Bandung, Bandungg. Media Pharmaceutica Indonesia.

LAMPIRAN I

AKLIMATISASI BIOTA UJI

Sebelum dilakukan pengujian ikan zebra harus diaklimatisasi terlebih dahulu. Pada penelitian ini aklimatisasi dilakukan selama 7 hari. Aklimatisasi dilakukan pada tanggal 10 Januari 2024 sampai 17 Januari 2024. Pada tahap ini dilakukan pengukuran kualitas air seperti pH, Suhu, dan DO selain itu diamati juga data kematian ikan setiap harinya. Ikan yang diaklimatisasi berjumlah 266 ekor. Kematian ikan tidak boleh melebihi 10% dari jumlah total ikan agar ikan dapat dinyatakan layak untuk pengujian. Berikut adalah data kualitas air selama dilakukan proses aklimatisasi.

Tabel I.1 Data Pengamatan Aklimatisasi

Hari Ke-	Kualitas Air			
	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Kematian Ikan (ekor)
0	28	7.9	8	-
1	28	7.6	8.2	-
2	29	7	8.2	-
3	28	7	8.1	-
4	27	8.2	7.9	-
5	29	8	8	-
6	29	8	7.6	-
7	27	8.4	7.9	-
Rata-Rata	28,29	7,67	8	-

Pada aklimatisasi ini tercatat kematian ikan tidak ada dari total jumlah 266 ekor sehingga dinyatakan aman dan ikan dapat digunakan untuk pengujian

LAMPIRAN II

UJI WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)

1. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan perlu dilakukan sebelum melakukan uji toksik yang bertujuan untuk mencari variasi konsentrasi yang akan digunakan pada pengujian toksik. Pengujian ini dilakukan selama 24 jam.

Tabel II.1 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0

UJI PENDAHULUAN									
Efluent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
30-Jan-24	0	pH	1	6	6	6	6	6	7
			2	6	6	6	6	6	7
		Suhu (°C)	1	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
			2	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
		DO	1	17,8	14,6	15,4	15,54	12,38	14,6
			2	16,32	14,94	14,88	14,68	13,6	15,1
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.2 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24

UJI PENDAHULUAN									
Efluent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
31-Jan-24	24	pH	1	6	6	6	6	6	6
			2	6	6	6	6	6	6
		Suhu (°C)	1	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
			2	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5

		DO	1	17,4	15,28	14,98	15,4	12,6	15,8
			2	16,4	15	14,8	14,88	13,6	15,1
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.3 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0

UJI PENDAHULUAN									
Influent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
1-Mei-24	0	pH	1	8,35	7,50	7,42	7,94	8,03	8,24
		Suhu (°C)	1	28,2	28,2	28,4	28,5	28,6	28,6
		DO	1	7,53	7,09	7,57	6,93	4,26	4,20
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0

Tabel II.4 Hasil Pengukuran Uji Pendahuluan Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24

UJI PENDAHULUAN									
Influent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
2-Mei-24	24	pH	1	7,32	7,62	7,80	7,13	7,50	7,88
		Suhu (°C)	1	29	29	29	28,8	28,8	28,9
		DO	1	7,87	7,56	7,49	7,08	4,33	4,35
		Mortalitas	1	10	10	10	10	10	10

2. Uji Toksisitas

Tabel II.5 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0

UJI TOKSIK				
Efluent IPAL Industri Batik				
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi

				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
1-Mar-24	0	pH	1	6	6	6	6	6	7
			2	6	6	6	6	6	7
		Suhu (°C)	1	26	26	26	26	26	26
			2	26	26	26	26	26	26
		DO	1	18	14,3	15,4	15,50	11	12,6
			2	15,2	14,9	15,81	14,6	13,6	15,1
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.6 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24

UJI TOKSIK									
Efluent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
2-Mar-24	24	pH	1	6	6	6	6	6	6
			2	6	6	6	6	6	6
		Suhu (°C)	1	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
			2	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
		DO	1	17,4	15,28	14,98	15,4	12,6	15,8
			2	16,4	15	14,8	14,88	13,6	15,1
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.7 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-48

UJI PENDAHULUAN									
Efluent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
3-Mar-24	48	pH	1	6	6	6	6	6	6
			2	6	6	6	6	6	6
		Suhu (°C)	1	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
			2	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
		DO	1	17,2	14,6	15,4	13,54	12,8	11,6
			2	15,32	13,4	14,88	14,28	13,6	15,1

		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.8 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-72

UJI TOKSIK									
Efluent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
4-Mar-24	72	pH	1	6	6	6	6	6	6
			2	6	6	6	6	6	6
		Suhu (°C)	1	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
			2	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
		DO	1	16,4	15,28	14,68	15,4	12,6	15,8
			2	16,4	15	14,8	14,88	13,6	15,1
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.9 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Efluent IPAL Industri Batik di Jam Ke-96

UJI TOKSIK									
Efluent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	6,25%	12,5%	25%	50%	100%
5-Mar-24	96	pH	1	6	6	6	6	6	6
			2	6	6	6	6	6	6
		Suhu (°C)	1	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9
			2	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9
		DO	1	18,3	16,2	13	16,3	11,6	12,8
			2	17,7	15,8	14,8	15,4	12,5	13,1
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0
			2	0	0	0	0	0	0

Tabel II.10 Hasil Pengukuran Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-0

UJI TOKSIK									
Influent IPAL Industri Batik									

Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	0,2%	0,4%	0,8%	1,6%	3,1%
2-Mei-24	0	pH	1	7,3	7,2	7,0	7,35	7,25	7,24
		Suhu (°C)	1	29	29	29	28,8	28,8	28,8
		DO	1	7,3	7,3	7,26	7,0	7,1	6,20
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0

Tabel II.11 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-24

UJI TOKSIK									
Influent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	0,2%	0,4%	0,8%	1,6%	3,1%
3-Mei-24	24	pH	1	7,73	7,74	7,71	7,74	7,74	7,68
		Suhu (°C)	1	28,6	28,6	28,6	28,6	28,7	28,9
		DO	1	7,17	7,08	7,15	7,40	6,97	6,39
		Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0

Tabel II.12 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-48

UJI TOKSIK									
Influent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	0,2%	0,4%	0,8%	1,6%	3,1%
4-Mei-24	48	pH	1	7,32	7,52	7,23	7,98	7,92	7,84
		Suhu (°C)	1	28,8	28,9	28,5	28,5	28,4	29
		DO	1	7,32	7,10	7,28	7,72	7,19	6,09
		Mortalitas	1	0	0	0	0	1	0

Tabel II.13 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-72

UJI TOKSIK									
Influent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	0,2%	0,4%	0,8%	1,6%	3,1%
	72	pH	1	7,52	7,8	7,83	8,09	8,07	7,98

5-Mei-24	Suhu (°C)	1	28,3	28,3	28,3	28,0	28,0	28,3
	DO	1	7,52	7,18	7,39	7,76	6,90	5,76
	Mortalitas	1	0	0	0	0	0	0

Tabel II.14 Hasil Pengukuran Uji Toksisitas Influent IPAL Industri Batik di Jam Ke-96

UJI TOKSIK									
Influent IPAL Industri Batik									
Tanggal-Bulan-Tahun	Waktu (jam)	Parameter	Tangki	Konsentrasi					
				0%	0,2%	0,4%	0,8%	1,6%	3,1%
6-Mei-24	96	pH	1	8,03	7,77	7,80	7,98	8,0	7,92
		Suhu (°C)	1	27,6	27,6	27,6	27,5	27,5	27,5
		DO	1	7,72	7,61	7,42	7,69	7,52	6,31
		Mortalitas	1	0	0	0	0	1	0

3. Perhitungan LC₅₀

Tabel 4.8 Perhitungan LC₅₀

Influent								
Konsentrasi	Ln Konsentrasi (xi)	Populasi hewan uji (ni)	Kematian (ri)	% kematian (pi)	% kematian diperbaiki (p,i)	Rf=(p'i-1 - p'i)	Mi = (x'i)+(x'i+1)	m = H+I/2
0,2	-1,609438	10	0	0	0	0	-1,275523226	0
0,4	-0,941609	10	0	0	0	0	-0,59503495	0
0,8	-0,248461	10	0	0	0	0	0,098112231	0
1,6	0,444686	10	2	20	20	20	0,792859413	15,85719
3,1	1,141033	10	0	0	0	-20	0,570516502	-11,4103

Kemudian semua hasil m di jumlah (Σm) = 4,44

maka,

$$\begin{aligned}
 LC_{50} &= \exp (\Sigma m) \\
 &= \exp (4,44) \\
 &= 85,35 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai LC₅₀ dapat dilakukan penghitungan *Toxic Unit Acute* (TUa). Unit toksisitas akut merupakan tingkatan toksisitas pada suatu effluent untuk menentukan apakah termasuk toksisitas akut atau toksisitas kronis. Nilai TUa dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TUa = \frac{100}{LC_{50}}$$

Tabel 4.9 Kategori TU

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

Maka,

$$TUa = \frac{100}{85,35}$$

$$= 1,17$$

Berdasarkan perhitungan, nilai TU influen IPAL Industri Batik X sebesar 1,17 dengan kategori non toksik.

LAMPIRAN III

PROSEDUR ANALISIS KARAKTERISTIK LABORATORIUM

1. Analisis BOD₅

Standarisasi dilakukan dengan normalitas kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) sebesar 0,025 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL sebanyak 10 mL. volume titrasi Na₂S₂O₃ didapat sebanyak 9,3 ml. Maka normalitas Na₂S₂O₃ dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V_1 \times N_1 &= V_2 \times N_2 \\V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} &= V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \\9,3 \text{ ml} \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} &= 10 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \\N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} &= \frac{0,25}{9,3} \\N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} &= 0,0268 \text{ N}\end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil pengujian BOD

Tabel III.1 Hasil Pengujian BOD

No	Contoh Uji	N	F	Volume Titrasi 0 (m/L)	Volume Titrasi 5 (m/L)	DO 0	DO 5	V mikroba (mL)	P
1	Blanko 1	0.0268	1.0204	1.4	1.3	6.13	5.69	0	0.025
2	Blanko 2	0.0268	1.0204	1.4	1.3	6.13	5.69	0	0.025
3	Sampel 1	0.0195	1.0204	1.3	1.1	4.14	3.50	2	0.025
4	Sampel 2	0.0195	1.0204	1.3	1.1	4.14	3.50	2	0.025

Perhitungan BOD

Diketahui:

Effluent IPAL Industri Batik

Volume titrasi DO₀ (VO₀) = 1,3 ml

Volume titrasi DO₅ (VO₅) = 1,1 ml

Normalitas Na₂S₂O₃ = 0.0195

Faktor (F) = $\frac{\text{Volume Botol}}{\text{Volume botol} - \text{Volume MnSO}_4 - \text{Volume alkali iodida azida}}$

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

$$= 1.0204$$

Volume mikroba = 2 ml

Faktor pengenceran (P) = $\frac{\text{Volume sampel}}{\text{Volume total}}$

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

$$= 0.025$$

Dalam menghitung nilai BOD₅, maka harus diketahui nilai DO terlebih dahulu

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

sehingga,

$$\text{DO}_0 = \frac{1.3 \times 0.0195 \times 8000 \times 1.0204}{50}$$

$$\text{DO}_0 = 4.14 \text{ mg/L}$$

$$\text{DO}_5 = \frac{1.1 \times 0.0195 \times 8000 \times 1.0204}{50}$$

$$\text{DO}_5 = 3.50 \text{ mg/L}$$

Nilai BOD dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(\text{DO}_0 - \text{DO}_5) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_\beta}\right) V_\alpha}{P}$$

Diketahui :

$$B_0 = 6,13 \text{ mg/L}$$

$$B_1 = 5,69 \text{ mg/L}$$

$$V_\beta = V_\alpha$$

sehingga,

$$\text{BOD}_5 = \frac{(4.12 \text{ mg/L} - 3.50 \text{ mg/L}) - \left(\frac{6.13 \text{ mg/L} - 5.69 \text{ mg/L}}{V_\beta}\right) 2}{0.025}$$

$$= 7.97 \text{ mg/L}$$

Dapat disimpulkan nilai BOD₅ sebesar 7.97 mg/l dan dinyatakan **memenuhi baku mutu.**

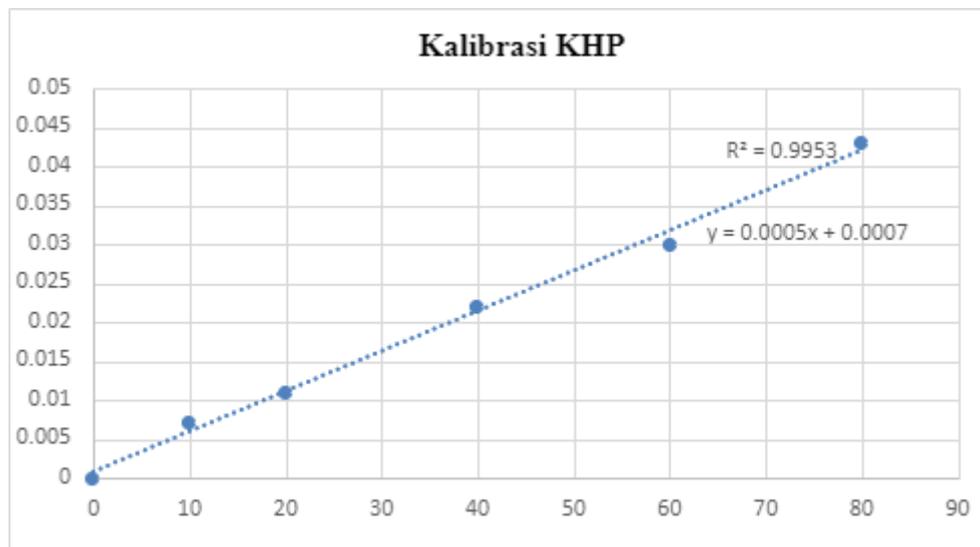
2. Analisis COD

Untuk mengetahui nilai COD diukur menggunakan metode refluks tertutup. Perhitungan terhadap sampel uji dilakukan setelah kurva kalibrasi.

Tabel III.2 Standar KHP COD

No	Konsentrasi Standar KHP (mg/L)	Absorbansi (A)
	X	Y
1	0	0
2	10	0.007
3	20	0.011
4	40	0.022
5	60	0.03
6	80	0.043

Berdasarkan dari data pada tabel diatas dapat diketahui nilai a dan b melalui kurva kalibrasi sehingga didapatkan persamaan untuk menghitung kandungan COD pada sampel uji.



Gambar III.1 Kurva Kalibrasi KHP

Perhitungan :

Untuk mengetahui nilai COD maka perhitungan dapat dilakukan dengan rumus menggunakan rumus yang terdapat pada grafik diatas:

$$y = 0.0005x + 0.0007$$

sehingga,

$$\begin{aligned}
 y &= 0.0005x + 0.0007 \\
 0.034 &= 0.0005x + 0.0007 \\
 x &= \frac{0.034 - 0.0007}{0.0005} \\
 &= 66.60 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan nilai COD sebesar 66.60 mg/l dan dinyatakan **memenuhi baku mutu.**

3. Analisis TDS

Untuk mengetahui nilai TDS dilakukan dengan menimbang cawan penguap awal. Selisih berat cawan penguap dan akhir merupakan nilai kadar TDS.

Tabel III.3 Kadar TDS

No	Contoh Uji	Berat Cawan Kosong	Berat Cawan Sampel	Selisih Berat	Kadar TDS
		mg	mg	mg	Mg/L
1	Sampel Uji	57.7441	57.7617	0.0176	0.352

TDS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

Keterangan :

A = berat cawan penguap + residu (mg)

B = berat cawan penguap (mg)

V = volume contoh uji (L)

sehingga,

$$\begin{aligned}
 \text{TDS (mg/L)} &= \frac{(57.7617 - 57.7441) \times 1000}{50} \\
 &= 0.352 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan kadar TDS sebesar 0.352 mg/l dan dinyatakan **memenuhi baku mutu.**

4. Analisis Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Untuk mengetahui nilai TSS dilakukan dengan menimbang kertas saring awal. Selisih berat kertas saring awal dan akhir merupakan nilai kadar TSS.

Tabel III.4 Kadar TSS

No	Contoh Uji	Berat Kertas Saring Kosong	Berat Kertas Saring Sampel	Selisih Berat	Kadar TSS
		mg	mg	mg	Mg/L
1	Sampel Uji	1.2200	1.2372	0.0172	0.344

TSS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{v}$$

Keterangan :

A = berat kertas saring + residu (mg)

B = berat kertas saring (mg)

V = volume contoh uji (L)

sehingga,

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(1.2372 - 1.2200) \times 1000}{50} \\ &= 0.344 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan kadar TSS sebesar 0.344 mg/l dan dinyatakan **memenuhi baku mutu.**

5. Analisis Fenol

Untuk mengetahui kadar fenol digunakan spectroquant. Sampel uji ditambahkan reagent ph-1, reagent ph-2 dan reagent ph-3 hingga berwarna merah untuk dapat dihitung secara fotometrik. Berdasarkan pengujian didapat kadar fenol sebesar 1.329 mg/l dan dinyatakan **melebihi baku mutu.**

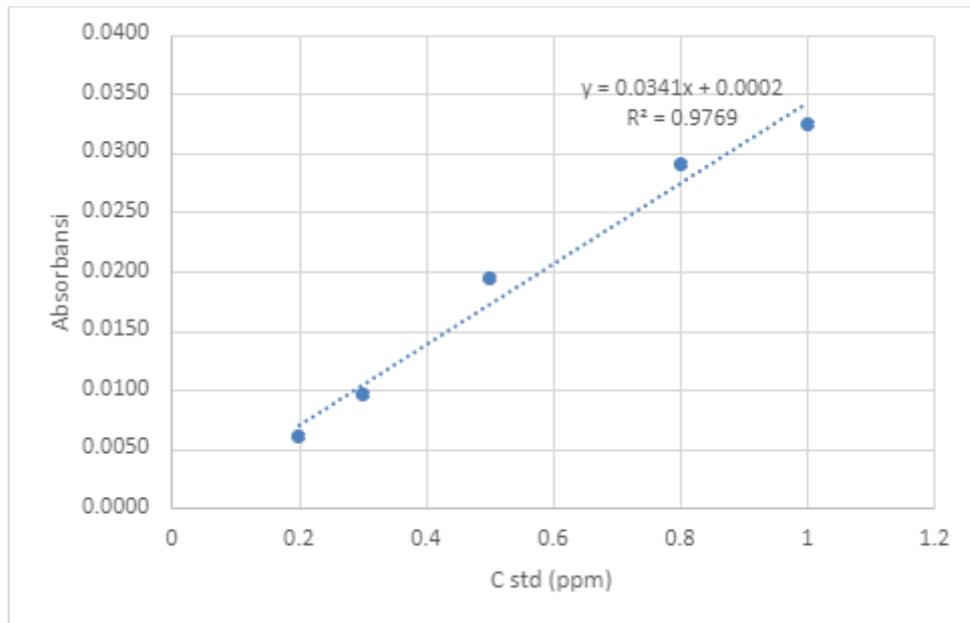
6. Analisis Krom Total (Cr)

Untuk mengetahui nilai krom total diukur menggunakan metode AAS. Perhitungan terhadap sampel uji dilakukan setelah kurva kalibrasi.

Tabel III.5 Kurva Kalibrasi Standar Krom Total (Cr)

Kode	C std (mg/l)	Abs	Syarat	Kesimpulan
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		
rerata abs		0.0417	$R \geq 0,995$	Diterima
Koef. Korelasi, R		0.9985		
Slope		0.0341		
Intersep		0.0002		
STEYX		0.0020		
DEVSQ		0.45		
LoD (μg)		0.1791		
LoQ (μg)		0.5969		
Intersep/Slope		0.0045	$\text{Intersep/Slope} \leq \text{MDL Estimasi}$	Diterima
MDL Estimasi		0.2387		

Berdasarkan dari data pada tabel diatas dapat diketahui nilai a dan b melalui kurva kalibrasi sehingga didapatkan persamaan untuk menghitung kandungan Cr pada sampel uji.



Gambar III.2 Kurva Kalibrasi Krom Total (Cr)

Perhitungan :

Untuk mengetahui nilai krom total maka perhitungan dapat dilakukan dengan rumus menggunakan rumus yang terdapat pada grafik diatas:

$$y = 0.0341x + 0.0002$$

sehingga,

$$y = 0.0341x + 0.0002$$

$$0.0700 = 0.0341x + 0.0002$$

$$x = \frac{0.0700 - 0.0002}{0.0341}$$

$$= 2.04692 \text{ mg/l}$$

Dapat disimpulkan kadar krom total (Cr) sebesar 2.0469 mg/l dan dinyatakan **melewati baku mutu.**

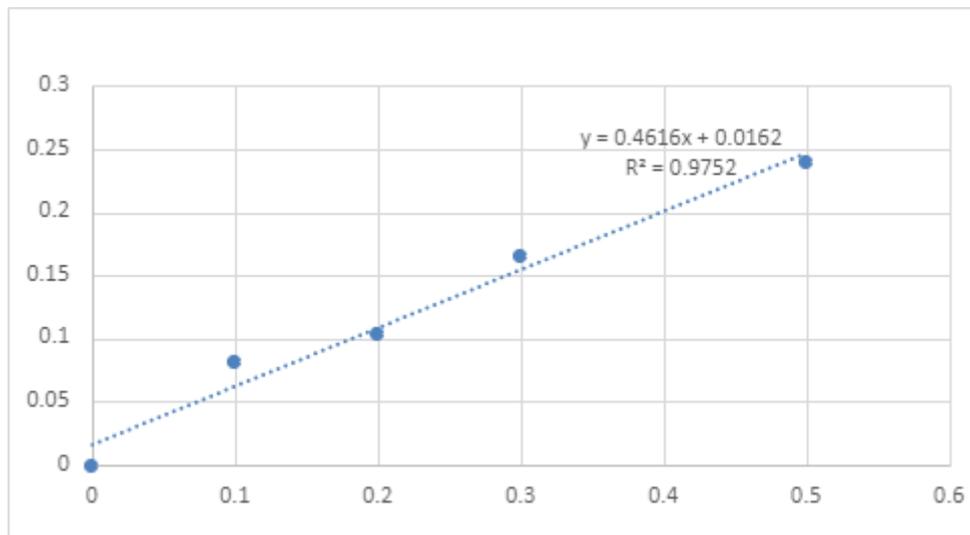
7. Analisis Amonia Total

Tabel III.6 Data Kurva Standar Amonia 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

Berdasarkan dari data pada tabel diatas dapat diketahui nilai a dan b melalui kurva kalibrasi sehingga didapatkan persamaan untuk menghitung kandungan amonia total pada sampel uji.



Gambar III.3 Kurva Kalibrasi Amonia Total

Perhitungan :

Untuk mengetahui nilai amonia total maka perhitungan dapat dilakukan dengan rumus menggunakan rumus yang terdapat pada grafik diatas:

$$y = 0.4616x + 0.0162$$

sehingga,

$$y = 0.4616x + 0.0162$$

$$0.472 = 0.4616x + 0.0162$$

$$x = \frac{0.472 - 0.0162}{0.4616}$$

$$= 0.64 \text{ mg/l}$$

Dapat disimpulkan kadar amonia total sebesar 0.64 mg/l dan dinyatakan **memenuhi baku mutu.**

8. Analisis Sulfida

Normalitas iodine sebesar 0,025 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, serta normalitas Na₂S₂O₃ yang digunakan pada saat titrasi yaitu sebesar 0,025 N.

Tabel III.7 Kadar Sulfida

No	Sampel	Volume Iodin (ml)	Volume Natrium Tiosulfat (mL)	Volume Contoh Uji (ml)	Kadar Sulfida
1	Sampel Uji	5	4.4	200	0.3

$$\begin{aligned} \text{MgS}^{2-}/\text{L} &= ((V \text{ iodine} \times N \text{ iodine}) - (V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)) \times \\ &\frac{16000}{\text{Volume Uji}} \times \frac{\text{Vol Akhir}}{\text{Vol Awal}} \\ &= ((5 \times 0,0250) - (4.4 \times 0,0250)) \times \frac{16000}{2000} \times \frac{1}{4} \\ &= 0.3 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan kadar sulfida sebesar 0.3 mg/l dan dinyatakan masih **memenuhi baku mutu.**

9. Analisis Minyak dan Lemak Total

Untuk mengetahui nilai minyak dan lemak total dilakukan dengan menimbang labu destilasi. Selisih berat labu destilasi awal dan akhir merupakan nilai kadar minyak dan lemak total.

Tabel III.8 Kadar minyak dan lemak total

No	Contoh Uji	Berat Labu Destilasi Kosong	Berat Labu Destilasi Sampel	Selisih Berat	Kadar Minyak Lemak
		mg	mg	mg	Mg/L
1	Sampel Uji	131.02331	131.0231	0.1764	0.1764

Minyak dan lemak total dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Minyak Lemak (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

Keterangan :

A = berat labu destilasi + residu (mg)

B = berat labu destilasi (mg)

V = volume contoh uji (L)

sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Minyak lemak (mg/L)} &= \frac{(131.1995 - 131.0231) \times 1000}{1000} \\ &= 0.1764 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Dapat disimpulkan kadar minyak dan lemak total sebesar 0.1764 mg/l dan dinyatakan **memenuhi baku mutu**.

10. Analisis Suhu

Untuk mengetahui nilai suhu pada sampel uji dilakukan dengan menggunakan thermometer dan dilaksanakan secara *in situ*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di efluent IPAL industri batik pada jam 15.30 WIB diketahui nilai suhu sebesar 27°C.

11. Analisis pH

Untuk mengetahui nilai pH pada sampel uji dilakukan dengan menggunakan pH meter dan dilaksanakan secara *in situ*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di efluent IPAL industri batik pada jam 15.34 WIB diketahui nilai pH sebesar 7.5 dan dinyatakan **memenuhi baku mutu**.

12. Analisis DO

Untuk mengetahui nilai DO pada sampel uji dilakukan dengan menggunakan DO meter dan dilaksanakan secara *in situ*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di efluent IPAL industri batik pada jam 15.38 WIB diketahui nilai DO sebesar 17.60 mg/l.

LAMPIRAN IV

DOKUMENTASI



Inlet IPAL Industri Batik



Outlet IPAL Industri Batik



Penyesuaian Ikan



Aklimatisasi



Uji Pendahuluan Influent



Uji Pendahuluan Effluent



Uji Toksisitas Influent



Uji Toksisitas Effluent



Kondisi Ikan yang mengalami kematian

Kondisi Insang Ikan



Pengukuran Berat Badan Ikan



Pengukuran Panjang Ikan



Uji Parameter



Uji Parameter



Sampling influent



Sampling Effluent