TA/TL/2025/2045

JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Uji Toksisitas Limbah Cair Pewarna Alami dan Pewarna Sintetis Industri Batik Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) Menggunakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Adiya Intan Nabila
21513045

Dosen Pembimbing:
Any Juliani, S.T.,MSc.(Res.Eng.), Ph.D.
Annisa Nur Lathifah, S.Si.M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2025

DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Toxicity Test of Liquid Waste Natural Dyes and Synthetic Dyes of the Batik Industry using The whole Effluent Toxicity (WET) Method using Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Adiya Intan Nabila
21513045

Supervisor:
Any Juliani, S.T.,M.Sc. (Res.Eng), Ph.D.
Annisa Nur Lathifah, S.Si.M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program
Faculty of Civil Engineering and Planning
Universitas Islam Indonesia
2025

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Toxicity Test of Liquid Waste Natural Dyes and Synthetic Dyes of the Batik Industry using The Whole Effluent Toxicity (WET) Method using Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Adiya Intan Nabila

21513045

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 16 September 2025 dan disetujui oleh:

Any Juliani, S.T.,M.Sc.(Res.Eng), Ph.D. (Pembimbing 1)

Annisa Nur Lathifah, S.Si, M. Biotech, M.Agr., Ph.D. (Pembimbing 2)

Dr.Suphia Rahmawati, S.T.,M.T (Penguji 1)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana

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

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, 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 merupakan gagasan, rumusan, dan studi 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. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan *(artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
   a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
   b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

   Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 16 September 2025

Yang membuat pernyataan,



Adiya Intan Nabila

21513045

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirobbil'alamin puji dan syukur selalu dipanjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* karena berkat Rahmat nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "Uji Toksisitas Limbah Cair Pewarna Alami dan Pewarna Sintetis Industri Batik menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) Menggunakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Dalam penyusunan Laporan Akhir ini, penulis mendapatkan berbagai tantangan yang akhirnya dapat diatasi berkat adanya kontribusi dalam membantu, membimbing, dan memberikan dukungan kepada penulis, baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada Ayah saya tercinta terima kasih atas setiap langkah pengorbanan dan kerja keras yang dilakukan untuk memberikan yang terbaik kepada penulis, mengusahakan segala kebutuhan penulis, mendidik, membimbing dan memberikan kasih sayang yang tulus, motivasi dan mendoakan penulis dalam keadaan apapun agar penulis mampu bertahan untuk melangkah setapak demi setapak dalam meraih masa depan.
2. Kepada Ibunda tersayang terima kasih untuk selalu berada di sisi penulis dan menjadi alasan bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Terima kasih atas segala motivasi, doa, harapan, tak lupa selalu mengingatkan makan setiap hari, dan selalu mendampingi setiap ikhtiar anakmu untuk menjadi orang yang berpendidikan. Semoga Rahmat Allah SWT selalu mengiringimu, diberi kebarokahan umur dan senantiasa diberi kesehatan. Terima kasih Kepada kedua orang tua ku yang telah menjadi sumber kekuatan dan sumber kekuatan dan inspirasi.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

5. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 1 Tugas Akhir yang turut memberikan masukan dan arahan untuk menjadikan penelitian ini menjadi lebih baik.
6. Seluruh Dosen dan Staff Program Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas ilmu serta pengalaman yang diberikan selama penulis menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
7. Sahabat SMA yaitu Jijah dan Tasya yang telah memberikan dukungan. Terima kasih telah mendengar keluh kesah sang penulis.
8. Teman-teman seperjuangan yaitu Hana, Caca, dan Lulu telah memberikan motivasi dan dukungan hingga sampai saat ini.
9. Teruntuk teman-teman penelitian yakni Caca, Hana, Tika dan Pebi yang telah mampu berjalan melangkah bersama-sama dari awal hingga menyelesaikan tugas akhir.
10. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada satu sosok yang selama ini berusaha tegar dan berjuang tanpa henti, seorang perempuan sederhana dengan Impian yang tinggi, namun sering kali sulit ditebak isi pikiran dan hati. Terima Kasih kepada penulis skripsi ini yaitu diriku sendiri, Adiya Intan Nabila. Anak Tunggal yang sedang melangkah menuju usia 22 tahun yang dikenal keras kepala, cengeng, banyak maunya, namun terkadang seperti anak kecil pada umumnya. Terima kasih telah hadir didunia ini, terima kasih telah bertahan hingga sejauh ini, dan melewati segala tantangan yang semesta hadirkan. Namun penulis tetap mengingat bahwa setiap langkah kecil yang telah diambil adalah bagian dari perjalanan, meskipun terasa sulit atau lambat. Ingatlah "Bahwa proses perjalanan hidup itu seperti sebuah akar pohon, ketika mengalami kesulitan, diri kita sendiri yang mengontrol kita meskipun ia tak terlihat arahnya

kemana. Saat pohon tubuh dan daun berjatuhan bagaiamana cara diri kita bersyukur. Karena, semua orang hanya melihat keindahan, kekokohan batangnya, namun ada pohon yang ditakdirkan tidak memiliki bunga yang indah, tapi ia tumbuh dan diberi akar yang kuat agar tidak tumbang. Bagaimana pun nantinya, tetap selalu berdoa kepada Allah SWT agar diberi keberkahan umur. Jika endingnya tidak sesuai dengan apa yang diinginkan, jangan salahkan dirimu sendiri dan keadaan. Karena, pada akhirnya setiap pertemuan pasti ada perpisahan. Semoga kamu menjadi orang yang sukses dan bermanfaat.

Sleman, 1 Mei 2025

Adiya Intan Nabila

Uji Toksisitas Limbah Cair Pewarna Alami dan Pewarna Sintetis Industri Batik menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) menggunakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Mahasiswa	: Adiya Intan Nabila
NIM	: 21513045
Program Studi	: Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing	: Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D
	Annisa Nur Lathifah S.Si.,M.Biotech.,M.Agr.,Ph.D

Abstrak

Industri batik merupakan salah satu kekayaan budaya Indonesia yang memiliki nilai ekonoi tinggi. Namun, kegiatan produksi batik menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan, terutama pada proses pelorodan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat toksisitas limbah cair dari pewarna alami dan pewarna sintetis industri batik menggunakan metode Whole Effluent Toxicity (WET) dengan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Penelitian dilakukan dengan variasi konsentrasi limbah untuk menentukan nilai LC50 (Lethal Concentration 50 %) dan *Toxicity Unit acute* (TUa). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai BOD5, COD, TSS, fenol, sulfida dan minyak lemak pada kedua jenis limbah melebihi batas baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016. Sementara, pada parameter suhu, pH, amonia, dan krom total masih dalam batas baku mutu. Limbah pewarna alami menunjukkan nilai LC50 yaitu 0,9418 dibandingkan limbah pewarna sintetis yaitu 2,7748. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi parameter fisik dan kimia, maka semakin besar tingkat toksisitas terhadap organisme akuatik

Kata kunci: Industri Batik, Ikan Nila *(Oreochromis niloticus), Lethal Concentration* (LC_{50}) , pewarna alami, pewarna sintetis, *Whole Effluent Toxicity* (WET)

Toxicity of Liquid Waste Natural Dyes and Synthetic Dyes of the Batik Industry using The Whole Effluent Toxicity (WET) Method using Tilapia (Oreochromis niloticus)

Student	: Adiya Intan Nabila
Student Number	: 21513045
Study Program	: Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor	: Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D
	Annisa Nur Lathifah S.Si.,M.Biotech.,M.Agr.,Ph.D.

Abstract

The Batik Industry is one of Indonesia's cultural treasures that has high econic value. However, batik production activities produce liquid waste that has the potential to pollute the environment, especially in the staining process. This study ais to deterine the toxicity level of liquid waste from natural dyes and synthetic dyes in the batik industry using the Whole Effluent Toxicity (WET) method with tilapia (oreochromis niloticus). The research was conducted with several stages including fish acclimatization, prelimary tests, toxicity tests conducted for 96 hours. Tests were carried out with variations in that the values of BOD_5, COD, TSS, phenol, sulfide, and fatty oil in both types of waste exceeded the quality standard limits set in DIY Regulation No. 7 of 2016. Meanwhile, the parameters of temperature, pH, ammonia, and total chrome are still within the quality standard limits. Natural dye waste shows an LC50 value of 0,9418 compared to synthetic dye waste which is 2,7748. This shows that the higher the concentration of physichal and chemical parameters, the greater the level of toxicity to aquatic organisms.

Key words: Batik industry, tilapia (Oreochromis niloticus), lethal concentration (LC_{50}), natural dye, synthetic dye, Whole effluent Toxicity (WET).

DAFTAR ISI

PRAKATA		3
Abstrak		ii
DAFTAR ISI		iv
DAFTAR TABEL		vi
DAFTAR GAMBAR		vii
DAFTAR LAMPIRAN		viii
BAB I PENDAHULUAN		1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Perumusan Masalah	2
1.3	Tujuan Penelitian	3
1.4	Manfaat Penelitian	3
1.5	Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		4
2.1	Proses Produksi Batik.	4
2.2	Limbah Batik	7
2.3	Toksisitas	13
2.4	Uji Toksisitas	14
2.5	Metode Whole Effluent Toxicity (WET)	16
2.6	Ikan Nila	17
2.7	Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Alur Penelitian.	21
3.2	Waktu dan Lokasi	22
3.3	Alat dan Bahan	23
3.4	Desain Reaktor	23
3.5	Prosedur Analisis Data	25
3.5.1	Penentuan Loka	25
3.5.2	Pengambilan Sampel.	25
3.6	Uji Aklimatisasi	26

3.7 Uji Pendahuluan 28
3.8 Uji Toksisitas 28
3.9 Uji Parameter 30
3.10 Analisis Data 31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Karakteristik Air Limbah 33
4.2 Sumber Limbah 34
4.3 Sumber Ikan 36
4.4 Aklimatisasi 36
4.5 Uji Pendahuluan. 40
4.6 Uji Toksisitas 42
4.7 Perhitungan Toksisitas 45
4.6.1 Konsentrasi Kematian. 45
4.6.2 Toxicity Unit Acute (TUa) 46
4.8 Perbandingan Hubungan Parameter Kimia dengan Baku Mutu 46
4.9 Pengaruh Kualitas Limbah Terhadap Kematian Ikan 48
4.10 Efek Limbah Batik terhadap Lingkungan 50
BAB V PENUTUP 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 52
LAMPIRAN 54
Lampiran 1 Uji Pendahuluan 54
Lampiran 2. Uji Toksisitas 55
Lampiran 3. Perhitungan LC50 dan TUa 56
Lampiran 4 Dokumentasi 64
RIWAYAT HIDUP 1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Toksisitas Bahan Kimia Terhadap Organisme Perairan..... 15
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu..... 19

Tabel 3. 1 Pengamatan Kelayakan Ikan pada Tahap Aklimatisasi 27
Tabel 3. 2 Permen LHK No. 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Industri Air Limbah.....30
Tabel 3. 3 Kategori Nilai Toxicity Unit 32

Tabel 4. 1 Uji Parameter Kimia Pewarna Alami dan sintetis 33
Tabel 4. 2 Mortalitas Pewarna Alami 40
Tabel 4. 3 Mortalitas Pewarna Sintetis 41
Tabel 4. 4 Uji Toksisitas Pewarna Alami 43
Tabel 4. 5 Uji Toksisitas Pewarna Sintetis 43
Tabel 4. 6 Hasil Nilai Perhitungan LC_{50} 45
Tabel 4. 7 Klasifikasi Toksisitas Akut 46
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Nilai TUa..... 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tahapan Proses Produksi Batik 6

Gambar 3. 1 Bagan Alir Prosedur Penelitian..... 21
Gambar 3. 2 Reaktor Uji Aklimatisasi Pertama 24
Gambar 3. 3 Reaktor Uji Aklimatisasi Kedua 24
Gambar 3. 4 Reaktor Uji Pendahuluan dan Uji Toksisitas..... 24
Gambar 3. 5 Prosedur Tahapan Aklimatisasi 26
Gambar 3. 6 Pemilihan Metode LC_{50} 31

Gambar 4. 1 Pengukuran Suhu Pada Proses Aklimatisasi..... 37
Gambar 4. 2 Pengukuran pH pada Proses Aklimatisasi 38
Gambar 4. 3 Pengukuran Suhu Pada Proses Aklimatisasi..... 38
Gambar 4. 4 Ikan memproduksi lendir..... 49
Gambar 4. 5 Ikan mengalami pembengkakan 50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 2. 1 Uji Toksisitas Limbah Pewarna Alami 55
Lampiran 2. 2 Uji Toksisitas Limbah Pewarna Sintetis 55

Lampiran 3. 1 Waktu Paparan 24 jam Pewarna Alami..... 56
Lampiran 3. 2 Waktu Paparan 24 jam Pewarna Sintetis..... 57
Lampiran 3. 3 Waktu Paparan 48 jam Pewarna Alami..... 58
Lampiran 3. 4 Waktu Paparan 48 jam Pewarna Sintetis..... 59
Lampiran 3. 5 Waktu Paparan 72 jam Pewarna Alami..... 60
Lampiran 3. 6 Waktu paparan 72 jam Paparan Sintetis..... 61
Lampiran 3. 7 Waktu Paparan 96 jam Pewarna Alami..... 62
Lampiran 3. 8 Waktu Paparan 96 jam Pewarna Sintetis..... 63

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu warisan budaya di Indonesia yaitu industri batik dimana mengalami pertumbuhan yang sangat pesat terutama pada Kota Yogyakarta. Bahwa batik tidak hanya dikenal sebagai kain bermotif, namun juga sebagai simbol identitas budaya Indonesia yang mendunia (Apriyani, 2018) Namun, dibalik keindahan batik modern maupun tradisional tentu menghasilkan limbah cair yang berpotensi dapat mencemari lingkungan sekitar apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah cair dari industri batik ini biasanya disalurkan ke badan air dan tanpa melakukan pengolahan yang baik, sehingga menimbulkan masalah pencemaran yang serius (Astuti et.al, 2020).

Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 menetapkan standar mutu air limbah untuk industri tekstil, tetapi karena kekurangan sumber daya dan teknologi bagi pelaku industri batik yang tidak memenuhi standar baku mutu. Air limbah memiliki kandungan zat warna berasal dari proses pencucian kain batik masih mengandung logam berat (Sasongko dan Tresna, 2010). Konsentrasi logam berat yang melebihi baku mutu, akan membahayakan pada kesehatan manusia dan ekosistem. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi nilai tingkat toksisitas pada limbah ini yaitu menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET).

Metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) ini adalah metode yang digunakan untuk menguji dampak keseluruhan dari limbah cair dengan menggunakan organisme hidup sebagai bahan indikator. (Lee et.al 2020). Uji toksisitas pada metode Whole Effluent Toxicity (WET) menjadi penting untuk mengevaluasi dampak keseluruhan dari limbah cair terhadap organisme akuatik. Metode ini memberikan

gambarann yang lebih komprehensif mengenai potensi risiko limbah terhadap ekosistem akuatik (U.S. EPA, 2016).

Berdasarkan uji penelitian yang telah dilakukan pada limbah pewarna alami dan pewarna limbah sintetis. Dapat diketahui bahwa limbah batik pewarna alami maupun pewarna sintetis memiliki dampak beracun. Limbah pewarna alami mengandung bahan kimia dari proses pelorodan seperti air, soda ash, dan detergen. Sementara itu, pada pewarna sintetis menggunakan garam naphtol dan remasol yang bersifat toksik dan sulit terurai. Dengan adanya uji toksisitas ini, potensi kerusakan lingkungan perairan akibat limbah cair pewarna alami dan sintetis tidak dapat terdeteksi secara memadai. Hal ini menyebabkan risiko pencemaran lingkungan yang terus berlanjut, terutama pada ekosistem perairan yang berfungsi sebagai sumber kehidupan bagi banyak makhluk hidup.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat toksiistas limbah cair dari industri batik dengan cara melakukan pengujian langsung pada ikan nila menggunakan metode Whole Effluent Toxicity (WET). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat risiko toksisitas limbah cair, sehingga menjadi dasar bagi pengembangan strategi pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dan memenuhi standar baku mutu yang berlaku.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan :

1) Bagaimana tingkat toksisitas limbah limbah batik dari pewarna alami dan sintetis menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET).
2) Bagaimana hubungan antara tingkat toksisitas pada parameter fisik dan kimia untuk menentukan kualitas limbah?

1.3 Tujuan Penelitian

1) Menganalisis tingkat toksisitas limbah pewarna alami dan sintetis pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan menggunakan metode Whole Effluent Toxicity (WET).
2) Mengidentifikasi hubungan antara tingkat toksisitas limbah dengan BOD, COD, TDS, TSS, Fenol, Krom Total(Cr), Amonia Total (NH3), Sulfida, pH, Suhu, Minyak dan Lemak limbah cair pelorodan yang dihasilkan dari proses produksi industri batik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu:

1) Mengembangkan informasi mengenai tingkat toksisitas limbah industri batik pewarna alami dan sintetis terhadap lingkungan.
2) Menjadi bahan acuan yang lebih mendalam terhadap limbah batik yang dihasilkan dari pewarna alami dan sintetis.
3) Memberikan informasi baru bagi masyarakat untuk mengetahui pengolahan limbah batik.

1.5 Ruang Lingkup

1) Penelitian dilakukan menggunakan sampel limbah batik adalah pewarna alami dan sintetis.
2) Metode pengujian toksisitas limbah batik dilakukan dengan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET).
3) Hewan pengujian menggunakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan waktu pengamatan selama 96 jam.
4) Sampel yang digunakan adalah pelorodan, yaitu air limbah yang dihasilkan dari proses pewarnaan menggunakan pewarna alami maupun sintetis.

.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Batik.

Pada proses pembuatan batik secara umum dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

1. Proses Tahapan Persiapan.
   a. Persiapan bahan baku.

      Pada proses bahan baku yang disiapkan berupa kain mori atau kain yang akan dibuat menjadi batik. Proses persiapan bahan baku mori terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

      - Pemilihan kain mori.

        Pemilihan kain moli yang berkualitas dengan tekstur halus dan seragam.
      - Pencucian kain.

        Sebelum digunakan kain mori perlu dicuci untuk menghilangkan kotoran, debu, dan zat-zat kimia pada kain.
      - Pengeringan.

        Pengeringan pada kain mori dilakukan dengan cara digantung ditempat teduh yang terhindar dari sinar matahari langsung.
      - Penyetrikaan.

        Penyetrikaan pada kain mori dilakukan untuk menghilangkan kerutan, sehingga memudahkan proses pembatikan.
      - Pengukuran.

        Pengukuran pada kain mori dilakukan sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

b. Proses persiapan bahan baku lilin.

   Proses persiapan bahan baku batik yaitu lilin batik yang terbuat dari berbagai macam bahan yang dicampur menjadi satu dengan perbandingan tertentu sesuai dengan sifat lilin. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lilin terdiri dari gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, bekas lorodan, tetapi tidak semua bahan tersebut diatas ada dalam pembuatan lilin batik (Purwaningsih, 2008)

2. Pembatikan.

   Pada proses pembatikan ini dilakukan dengan meletakkan lilin batik pada kain hingga membuat pola batik yang diinginkan. Ini biasanya dilakukan dengan alat yang disebut dengan canting. Ada pula pembatikkan dilakukan dengan menggunakan cap terbentuk pola.

3. Proses Pewarnaan.

   Proses pewarnaan ini dilakukan di suhu kamar dalam dua cara :

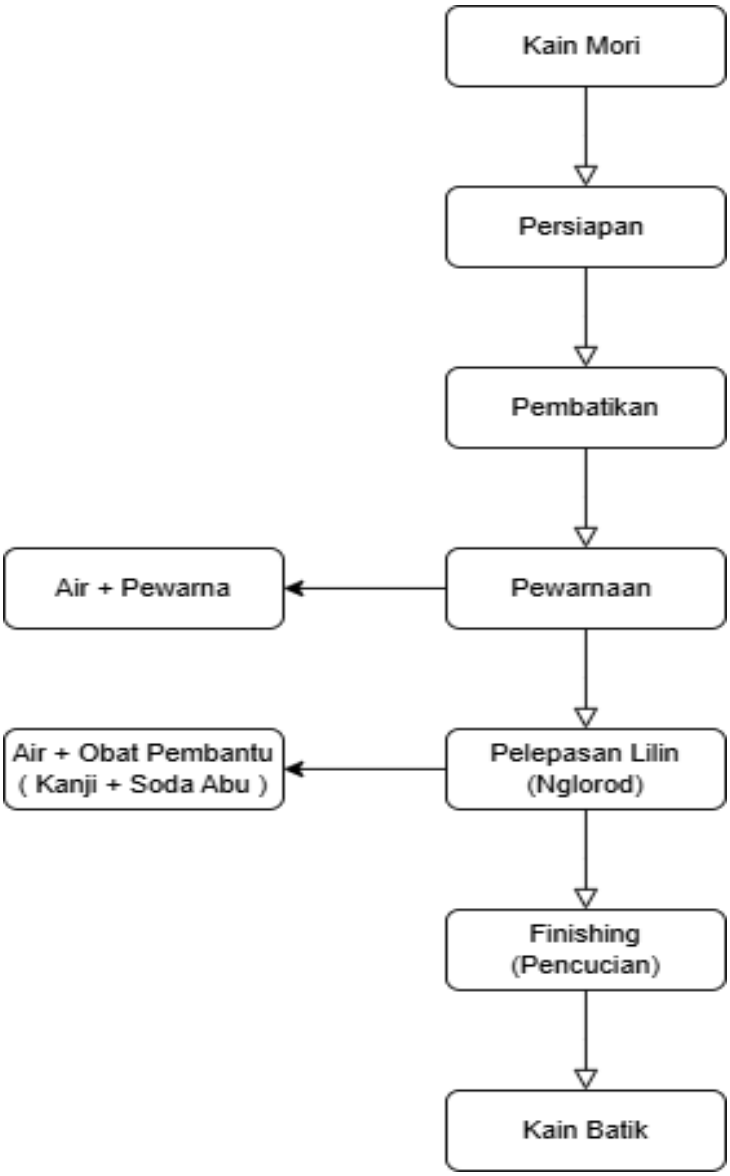
   - Pewarnaan secara coletan menggunakan jenis warna yang digunakan yaitu zat warna indigosol.
   - Pewarnaan secara celupan yaitu pewarnaan batik menggunakan celupan zat soga alam, zat warna reaktif, dan zat warna napthol.

4. Pelorodan.

   Pada proses ini merupakan proses pelepasan lilin batik dengan cara direbus dalam air mendidih yang diberi kanji atau soda atau natrium silikat tergantung jenis bahan zat warna yang digunakan.

5. Penyelesaian.

   Pada proses penyelesaian ini dilakukan untuk memperbaiki penampilan produk batik yang dihasilkan serta meningkatkan penampilan produk batik yang dihasilkan serta meningkatkan ketahanan warna dan pengemasan (Purwaningsih, 2008)



Gambar 2. 1 Tahapan Proses Produksi Batik

2.2 Limbah Batik

Industri batik menghasilkan limbah dari berbagai proses pembuatan kain, pelapisan (lilin), pewarnaan dan pencucian yang memakai bahan kimia. Limbah ini mengandung zat kimia yang berpotensi meningkatkan kadar zat terlarut (TDS), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan warna, serta berkontribusi dalam peningkatan kadar *Biologichal Oxygen Demand* (BOD) air limbah (Apriyani, 2018). Selain itu, bahan kimia dari proses pewarnaan juga dapat menghasilkan air limbah yang mengandung berbagai jenis logam berat dengan tingkat toksisitas tinggi (Apriyani, 2018)

Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah dapat didefinisikan sebagai sisa kegiatan dan usaha yang dapat berpotensi mencemari lingkungan. Produksi proses batik sering kali melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh standar Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Ini dapat berdampak negatif terhadap kualitas air dan ekosistem di sekitar. Kondisi ini menekankan pentingnya pengelolaan limbah cair yang lebih efektif untuk meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.

2.2.1 Pewarna.

Pewarna adalah zat warna yang digunakan untuk memberikan nilai estetika berupa corak pada bahan tertentu seperti kain, kertas, dan lainnya (Katheresan et.al., 2018). Pewarnaan batik dengan zat warna alam membuat produk batik lebih menarik pada karakteristik yang alami, unik, etnik, sehingga berpotensi pasar yang tinggi.

Pewarna yang terdapat pada limbah cair ini memberikan sumbangsih besar terhadap toksisitas limbah. Daya serap yang dihasilkan pada pewarna dalam produksi batik penting karena dapat mengikat warna kain sebesar 5-25% dan sisanya berupa limbah yang terbuang (Budiyanto et al., 2018). Pewarna batik dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis sebagai berikut :

a. Pewarna Alami.

Pewarna alami adalah alternatif pewarna yang tidak menimbulkan efek toksik dan dapat diperbaharui (*renewable*), mudah terdagradasi, dan ramah lingkungan (Yernisa, dkk., 2013). Pewarna alami berasal dari alam yaitu menggunakan beberapa jenis tanaman pembawa warna seperti, ekstrak jolawe, mahoni, indigo. Tanaman lain yang digunakan seperti, daun pohon nila (indogofera), kulit rambutan, kulit pohon mahoni, kulit kayu mangrove, serbuk kayu nangka, daun jabon, daun mangga, daun jati, dan daun ketapang (Rakhmania et al., 2022).

Meskipun pewarna ini bersifat biodegrable apabila tercampur dengan bahan pencampur kimia seperti soda abu ash dan detergen. Akan menyebabkan residu organik tertinggal. Kekurangan zat pewarna alami yaitu seperti warna yang tidak stabil,konsentrasi pigmen yang rendah, spektrum warna terbatas (Paryanto dkk., 2012). Namun, industri batik warna alami menghadapi berbagai tantangan, terutama pada proses pencelupan yang membutuhkan waktu lama dan harus dilakukan dengan berulang kali.

b. Pewarna Sintetis

Penggunaan zat pewarna sintetis yang meningkat, industri di bidang tekstil, pangan, kosmetik, dan farmasi serta pengurangan jumlah zat pewarna alami (Paryanto dkk., 2012). Pewarna sintetis terdapat menjadi beberapa bahan warna yaitu napthol, indigosol, ergan soga, chroom soga, dan procion (Budiyono, 2008).

Pewarna sintetis yang digunakan seperti napthol dan remazol mengandung kromofor azo, senyawa aromatik dan pengikat seperti natrium sulfit. Pewarna sintetis ini menjadi sering digunakan karena mudah diperoleh, harganya relatif murah,

memiliki angka jenis warna. Namun, penggunaan pewarna sintetis ini seringkali menghasilkan limbah yang lebih berpotensi mencemari lingkungan dan biasanya limbah yang dihasil lebih jernih, akan tetapi memiliki bau yang tajam.

2.2.2 Karakteristik Limbah Batik.

A. Karakteristik Fisik.

Karakteristik fisik seperti bau, warna dan suhu *Total Suspended Solid* (TSS). Kandungan TSS yang tinggi pada lingkungan dapat menganggu ikan karena penyumbatan insang pada ikan dapat menjadi rusak dan menyebabkan iritasi akibat partikel- partikel tersuspensi tersebut. Adanya partikel terlarut dan senyawa- senyawa kolidal dapat mempengaruhi warna air. Sementara itu, suhu berpengaruh pada kadar oksigen terlarut yaitu *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air. Jika temperatur suhu 10°C, kadar oksigen mengalami penurunan kadar oksigen sebesar 10% sehingga mempercepat metabolisme ikan menjadi 2 kali lipat.

Parameter Kimia yang perlu diperhatikan yaitu *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, dan *Dissolved Oxygen* (DO). COD menunjukkan seberapa banyak oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk kualitas air tersebut. DO mengukur banyaknya jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan komponen penting bagi ikan. Jika pH menunjukkan tingkat derajat keasaman dalam perairan, dan jika pH dalam air dibawah dari 4 ikan akan mati diatas dari 11 (Pramudita, 2014)

B. Karakteristik Kimia

Salah satu karakteristik kimia adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, dan *Dissolved Oxygen* (DO). COD adalah banyaknya oksigen dalam mg/l yang diperlukan untuk mengurai bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD menunjukkan kualitas air lebih buruk. DO merupakan sebuah pengukur banyaknya kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan komponen penting bagi ikan. Kadar pH merupakan petunjuk derajat keasaman atau kebasaan air. Ikan akan mati jika kadar pH kurang dibawah dari 4 atau diatas dari 11 (Pramudita, 2014)

2.2.3 Parameter

Adapun beberapa parameter kualitas air limbah batik pelorodan yang diuji sebagai berikut :

a. COD

COD adalah indikator utama untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah. Batas baku mutu air limbah COD sesuai Peraturan Pemerintah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 adalah 150 mg/L.

b. BOD_5

BOD_5 adalah nilai BOD yang dihitungan dengan cara mengukur selisih atau perbedaan konsentrasi oksigen terlarut antara hari ke 0 dan hari ke 5. Sebelum itu sampel dimasukkan ke dalam larutan pengencer yang jenuh dan telah ditambahkan dengan nutrisi dan bibit mikroba.campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu 20°C ± 1°C selama 5 hari (SNI-6989:72)

c. TDS (*Total Dissolved Solid*).

   Prinsip uji TDS yaitu sampel yang telah homogen disaring menggunakan media penyaring. Setelah melewati media penyaring, filtrat, kemudian diuapkan sampai kering. Setelah itu, dikeringkan pada suhu 180°C sampai berat tetap (SNI 6989.27-2019).

d. TSS *(Total Suspended Solid*).

   Prinsip uji ini yaitu menyaring sampel yang sudah dihomogenkan menggunakan media penyaring. Media penyaring ditimbang terlebih dahulu sebelum digunakan. Residu yang tertinggal pada media penyaring kemudian, dikeringkan pada suhu antara 103°C hingga 105°C sampai mencapai berat yang konstan. Kenaikan berat pada saringan tersebut menunjukkan jumlah *Total Suspended Solids* (TSS) (SNI 6989.3-2019)

e. pH.

   pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaannya yang dimiliki oleh suatu larutan.warna. Pada parameter ini menunjukkan tingkat warna yang terlihat dalam limbah. Warna dalam limbah yang dapat berasal dari pewarna yang digunakan dalam proses produksi, bahan organik atau zat-zat organik.

f. Suhu.

   Metode uji ini dilakukan dengan menggunakan termometer air raksa untuk mengukur suhu air dan air limbah (SNI 06-6989.23:2005)

g. Fenol.

   Prinsip uji fenol yaitu dilakukan dengan Prosedur fotometrik berdasarkan reaksi senyawa fenolik yang dapat disuling dengan uap 4- aminoantipyrine (ASTM D1783-01)

h. Krom Total (Cr).

   Total Krom ini mengacu pada jumlah keseluruhan kromium (Cr) yang terdapat dalam air limbah, baik dala bentuk heksavalen (Cr VI) maupun trivalen (Cr III). Kromium adalah logam berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Untuk mengetahui nilai krom total diukur menggunakan metode AAS. Perhitungan terhadap sampel uji dilakukan setelah kurva kalibrasi.

i. Amonia Total (NH_3 sebagai N).

   Pengujian yang digunakan untuk penentuan kadar amonia dengan spektofotometer secara fenat, air dan air limbah pada kisaran kadar 0,1 mg/L sampai dengan 0,6 mg/L NH_3-N pada panjang gelombang 640 nm (SNI-06- 6989.30:2005)

j. Sulfida (sebagai S).

   Sulfida ini menggunakan metode untuk penentuan total sulfida dalam air dan air limbah secara Iodometri untuk kadar sulfida diatas 1,0 mg/L (SNI-6889.75:2009)

k. Minyak dan Lemak Total.

   Metode pengujian minyak dan lemak digunakan untuk mengukur kandungan minyak dan lemak, minyak nabati, minyak mineral. Uji ini air limbah secara gravimetri dapat digunakan untuk mengukur fraksi yang mempunyai titik didih dibawah 85°C. Cara uji ini dapat digunakan untuk contoh uji yang menganfung minyak dan nabati dan minyak mineral lebih besar dari 5 mg/L (SNI- 6889.10:2011)

Limbah cair batik yang dibuang langsung ke perairan tanpa pengolahan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif. Tingginya nilai COD menunjukkan adanya total beban bahan organik yang sulit terurai (pewarna sintetis), sehingga lebih berpotensi mencemari perairan. Nilai BOD menunjukkan bahwa banyaknya bahan organik yang dapat diuraikan. Nilai Total Suspended Solid (TSS) yang tinggi menandakan bahwa kualitas air buruk sehingga menjadi keruh. Nilai Total Dissolved Solid (TDS) menunjukkan bahwa zat padat terlarut seperti garam atau mineral dalam air meningkat sehingga membuat air menjadi lebih pekat. Nilai sulfida menunjukkan kandungan senyawa sulfur tereduksi, dimana ini bersifat racun yang berbahaya bagi organisme hidup. Nilai fenol ini menunjukkan senyawa aromatik yang memiliki bau khas yang menyengat dan mudah terlarut di dalam air.

2.3 Toksisitas

Toksisitas adalah kemampuan limbah beracun untuk menimbulkan dampak kerusakan apabila dimasukkan ke dalam tubuh ataupun lingkungan (EPA, 2002). Toksisitas merupakan suatu efek yang merugikan dari bahan kimia dan bersifat negatif bagi semua ataupun sebagian makhluk hidup baik itu sel, jaringan, organ, individu ataupun populasi (Megawati, 2015). Terjadinya peningkatan kadar zat-zat pencemar yang berbahaya dapat menimbulkan toksik atau racun sehingga menganggu proses kehidupan dan setelah mencapai kadar tertentu dapat mematikan hewan peliharaan (Zulfahmi et.al., 2017). Salah satu bahan pencemar yang dapat menimbulkan efek negatif bagi biota perairan adalah logam berat.

Bioakumuluasi adalah proses penumpukan senyawa berbahaya seperti logam berat, fenol, atau zat warna sintetis dalam jaringan organisme air. Sedangkan, biodegradasi adalah proses penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme. Pewarna alami lebih mudah terjadi biodegradasi namun apabila bercampur dengan detergen atau soda abu tetap berpotensi menghasilkan residu organik yang toksik.

Sementara pada pewarna sintetis yang memiliki struktur azo sangat sulit terurai secara biologis, sehingga meningkatkan risiko pencemaran dengan jangka panjang.

Pewarna alami seperti indigotin (daun indigo) dan tanin (buah jolawe) yang memiliki sifat biodegrable, tetap mengalami potensi toksik apabila tercampur dengan proses pelorodan yaitu detergen dan soda abu. Sedangkan pada pewarna sintetis seperti napthol dan remazol mengandung struktur azo yang tahan degradasi. Faktor lingkungan seperti toksik perairan dan kelainan genetik yang dapat mempengaruhi keabnormalan tulang rangka ikan (Zulfahmi el.al., 2018)

2.4 Uji Toksisitas

Uji toksisitas adalah pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait toksisitas dari toksikan terhadap hewan uji. Uji toksisitas ini dilakukan untuk mengetahui nilai efek akut, subakut, dan kronis.

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

a. Uji toksisitas akut atau uji tingkat I

   Uji toksisitas tingkat 1 atau akut ini disebut juga sebagai short term test atau uji jangka pendek. Pengujian ini dilakukan dalam jangka waktu 24-96 jam. Uji toksisistas dilakukan untuk memperkirakan rentang dosis sementara letak LC_{50} yang dicari. Uji dilakukan dalam duplikat maupun triplikat. Uji yang dilakukan sesuati sifat fisika dan kimiawi xenobiotik serta pemilihan organisme uji yang relevan.

b. Uji toksisitas subkronis atau uji tingkat II.

   Uji toksisitas tingkat II atau subkronis ini dilakukan terhadap berbagai organ tubuh. Waktu pengujian dilakukan selam 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,neourologi, berat badan perilaku tidak normal, respirasi, elektro-kardiogram, elektro-enceralogram, biokimia darah, nematologi, analisis urin dan tinja serta kerusakan organ secara mikroskopis.

c. Uji toksisitas kronis atau uji tingkat III.

Uji toksisitas kronis atau uji tingkat III ini dilakukan dalam jangka panjang. Uji yang paling penting pada uji ini adalah uji karsinogenesitas, teratogenesitas, dan reproduksi.

Tabel 2. 1 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

2.5 Metode Whole Effluent Toxicity (WET)

Metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menilai efek toksik dari kombinasi seluruh komponen dalam limbah cair terhadap organisme akuatik. Pada metode bertujuan untuk gambaran yang lebih menyeluruh tentang dampak lingkungan dari limbah (Hawkins et al., 2018). Metode Whole Eflluent Toxicity (WET) ini mengukur respon yang mencakup parameter seperti pertumbuhan dan perilaku. Prosedur ini mengikuti standar yang ditetapkan oleh lembaga seperti *Enviromental Protection Agency (EPA) dan American Society for Testing and Material* (ASTM) (EPA, 2002)

Metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) meliputi prosedur untuk spesies air tawar, laut, dan air muara. Metode ini digunakan pada laboratorium dengan memaparkan organisme sensitif dengan limbah yang ingin diketahui tingkat toksisitasnya. WET hanya mengukur efek langsung suatu bahan toksik terhadap ketahanan dan pertumbuhan organisme (Halll & Golding, 1998). Metode WET memiliki kelebihan yaitu dapat mengukur efek biologi dari zat kimia didalam limbah cair (Yi, et al., 2009).

Metode Whole Effluent Toxicity (WET) digunakan untuk mengetahui beberapa berbahaya air limbah dengan memaparkan organisme hidup yaitu ikan nila dengan berbagai konsentrasi limbah selama 96 jam.. Kelebihannya yaitu dapat mengetahui dampak efek biologis langsung dari campuran seluruh bahan kimia dalam limbah, dan memberikan gambaran langsung respon organisme. Kelemahan yaitu membutuhkan perawatan hewan uji selama proses aklimatisasi, tidak dapat menunjukkan zat kimia yang menyebabkan toksik dan pengamatan yang ketat.

Metode whole Efffluent toxicity ini digunakan untuk menilai toksisitas limbah lebih kompleks senyawa kimia yang ada. Sedangkan pada metode Fish Embryo Toxicity (FET) ini digunakan untuk melihat

toksisitas pada embrio ikan atau larva . Oleh karena itu, tingkat efektivitas yang digunakan pada limbah batik in sangat cocok. Ini dikarenakan dapat mengetahui efek dari hasil limbah cair proses pelorodan.

2.6 Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan spesies ikan akuakultur penting di beberapa bagian dunia, terutama di negara- negara tropis dan subtropis. Ikan nila memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, relatif bebas penyakit dan bersisik. Selain itu, mampu bertahan hidup pada oksigen terlarut rendah, memiliki pertumbuhan yang relatif cepat dan konversi makanan yang efisien (Darmawati et al., n.d.) Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah ikan air tawar yang dibudidayakann di Indonesia dan merupakan ikan budidaya yang menjadi salah satu komoditas ekspor.

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) terkenal sebagai ikan yang sangat tahan terhadap perubahan lingkungan hidup (Lestari et al., 2017) Ikan nila dapat berkembang pada suhu air yang hangat dan tidak dapat hidup pada air yang dingin. Hewan uji ikam nila yang digunakan berasal dari kolam buatan dengan menggunakan sistem RAS (*Recirculating Aquaculture System*).

Sistem RAS (*Recirculating Aquaculture System*) ini merupakan sistem budidaya ikan dengan mengandalkan sirkulasi air dengan secara terus-menerus. Sistem RAS mampu mempertahankan kondisi parameter yaitu suhu yang stabil, tingkat oksigen terlarut, dan pH yang sesuai untuk pertumbuhan yang optimal ikan (Hapsari et al., 2020). Hal ini bertujuan untuk mengurangi risiko pencemaran lingkungan disekitar lokasi budidaya ikan.

Pada hewan uji ikan nila air yang digunakan merupakan air yang berasal dari sumur, air sumur ini digunakan pada proses budidaya ikan nila dan diukur dengan memperhatikan pH kolam ikan yaitu 6,5-<8.

Apabila, kondisi pH ikan tinggi pada kolam diberi daun ketapang dan apabila kondisi pH mengalami penurunan diberi mineral dolomit.



(*Sumber : Dictio Community, 2020*)

Klasifikasi ikan nila (oreochromis niloticus), menurut Saanin (1984) dalam Setiawan, (2012) adalah sebagai berikut :

- Fillum : *Chordata*
- Subfilum : *Vertebrata*
- Kelas : *Osteichytyes*
- Subkelas : *Acanthopterygii*
- Ordo : *Percoidea*
- Famili : *Chichlidae*
- Genus : *Oreochromis*

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu dibutuhkan sebagai referensi dan sebagian pembanding untuk penelitian yang akan dilakukan untuk bisa dilakukan modifikasi ataupun pembaharuan.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

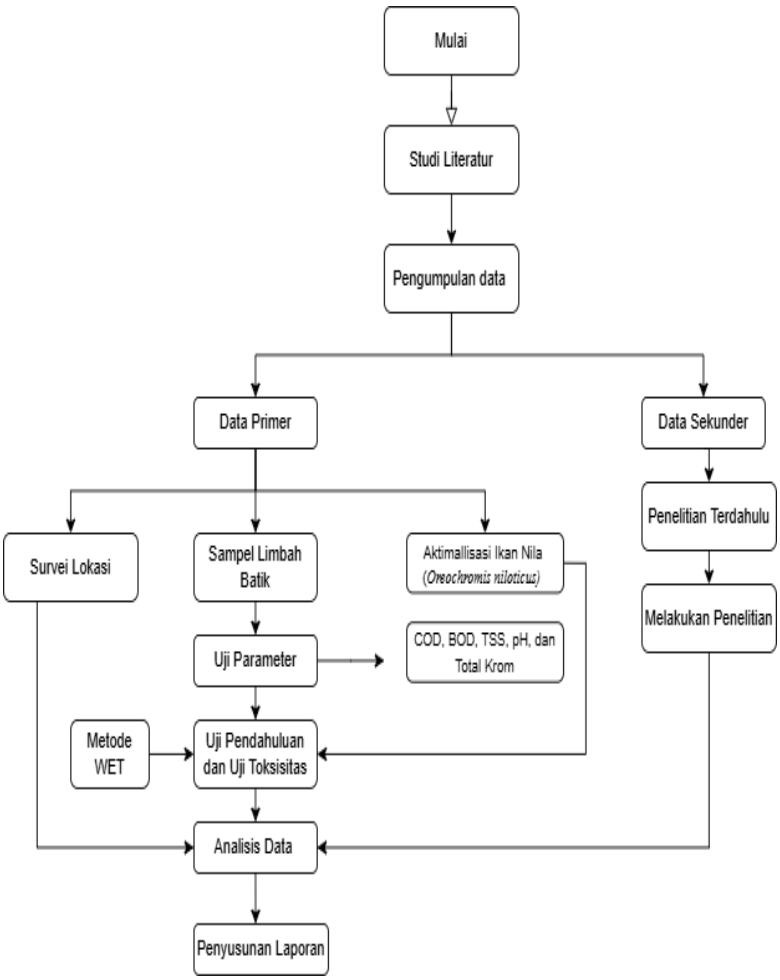
No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Nuzuliana Dindasari (2018)	Uji Toksisitas Akut Limbah Industri Batik Giriloyo Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Dengan menggunakan Reaktor Anaerob-Aerob	Penelitian ini menjelaskan pentingnya pengolahan limbah Industri Batik sebelum dibuang ke Lingkungan untuk melindungi ekosistem perairan. Hasilnya menunjukkan bahwa reaktor anaerob-aerob bisa Menjadi Solusi untuk mengurangi dampak negative limbah batik terhadap ikan nila
2	Abdul Aziz & Mohd Shafee	Toksisitas Mematikan Hasil Bio-Sorpsi Air limbah Batik pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus).*	Penelitian ini menilai efektivitas biosorpsi air limbah batik menggunakan biosorben yang dikemas dalam kantong the celup dan dampaknya terhadap toksisitas pada ikan nila (*Oreochromis niloticus).* Hasil ini menunjukkan bahwa biosorpsi berhasil Mengurangi kadar BOD, COD, dan TSS, nilai-nilai tersebut masih berada diatas ambang batas yang ditetapkan.

3	Nanik Mustikaning (2016)	Uji Toksisitas Letal Cr^{6+} Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus).*	Pada penelitian ini menunjukkan bahwa toksiistas Cr^{6+} masuk dalam golongan racun dengan daya toksisitas sedang. Penelitian ini menekankan paparan pada logam berat kromium dapat membahayakan Kesehatan ikan nila (*Oreochromis niloticus) yang* berdampak negatif pada manusia apabila jika ikan tersebut dikonsumsi.
4	Hayatun Nufus (2019)	Toksisitas Kadmium Terhadap Kesehatan Ikan	Pada penelitian ini menunjukkan paparan kadmium dapat merusak struktur dan fungsi organ-organ vital ikan. Kerusakan ini berdampak pada metabolisme enzim, sistem imun, dan proses fisiologis ikan, yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan dan potensi kematian.
5	Dixy Dhyanti (2016)	Toksisitas Limbah Cair Pabrik Batik Terhadap Mortalitas dan struktur Histologik hepatopankrea-s pada Ikan Nila.	Limbah cair batik bersifat luar biasa toksik dengan nilai toksisitas sebesar 7,44 x 10^{-4} mg/l. Kadar lama limbah cair pabrik batik sebesar 8, 472 x 10^{-5} mg/L. Toksisitas limbah menyebabkan kerusakan organ pada hepar.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian.

Pada penelitian ini, pengujian toksisitas dilakukan dengan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) dengan hewan uji yaitu Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu dilakukan observasi lapangan untuk pengambilan sampel air limbah. Setelah itu dilakukan proses aklimatisasi terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang digunakan sebagai hewan uji. Setelah itu dilakukan pengujian meliputi uji pendahuluan dan uji toksisitas. Jika hasil pengujian telah didapatkan, kemudian dilakukan analisis data. Berikut merupakan bagan alir prosedur analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini :



Gambar 3. 1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Waktu dari penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, dimulai pada bulan Januari sampai Maret 2025. Selama rentang waktu tersebut dilakukan pengambilan sampel air limbah pewarna alami dan sintetis, aklimatisasi ikan, uji pendahuluan, uji toksisitas, uji karakteristik parameter, analisa data dan pengolahan data.

Lokasi penelitian akan dilakukan pada dua tempat yaitu lapangan dan laboratorium. Pengambilan sampel secara spesifik akan dilakukan di industry batik pewarna alami yang berlokasi di Batik Yogyakarta dan untuk pengambilan sampel industri batik pewarna sintetis di Batik Kota Yogyakarta sebagai sumber utama limbahnya.

Untuk pengujian toksisitas dan analisis parameter kimia sampel akan diuji di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesai akan dijadikan sebagai lokasi pengujian sampel. Pengujian tokisistas ini dilakukan untuk mengukur dampak limbah terhadap organisme uji, khusunya ikan. Metode ini mengevaluasi respons biologis ikan terhadap paparan air limbah seperti tingkat kelangsungan hidup, perilaku, stress, dan fisologis.

Sementara itu, analisis parameter kimia dilakukan untuk menentukan karakteristik limbah, termasuk paramater utama seperti Total Dissolved Solid (TDS), Chemical Oxygen (BOD), pH, dan kandungan logam berat. Hasil dari kedua pengujian ini memberikan data penting mengenai tingkat toksisitas dan potensi pencemaran limbah cari yang dihasilkan dari pewarna alami dan pewarna sintetis. Data ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan.

3.3 Alat dan Bahan

a. Alat.

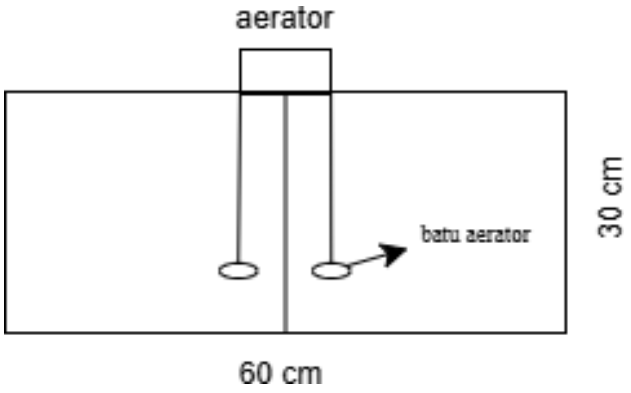
Dalam pengujian toksisitas dengan menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) yaitu Aerator, Akuarium Uji, Reaktor Aklimatisasi, Oxygen meter (DO meter), pH meter, Alat pengukur suhu (thermometer), Jerigen 2 L, Jerigen 5 L, Gayung Bertangkai, Saringan, Penggaris, Botol Penyimpanan air limbah, Botol Winkler, Cawan Porselin, Corong, Desikator, egelas Beaker, Gelas Ukur, Oven, Spektrotometer, TDS meter, Neraca analitik, Thermometer, dan lainnya.

b. Bahan.

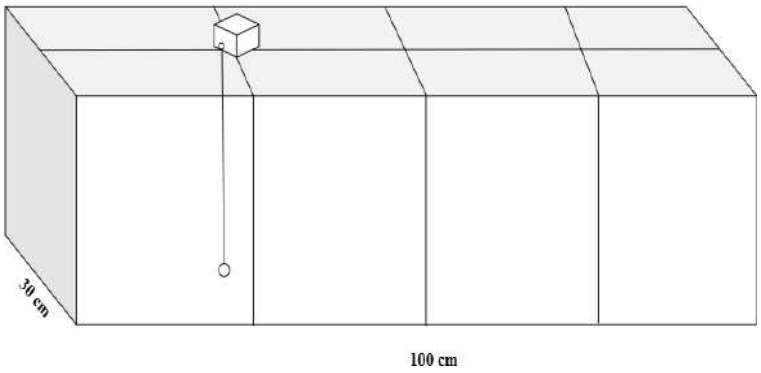
Adapun bahan yang terdapat pada uji toksisitas dengan menggunakan Metode Whole Efffluent Toxicity (WET) yaitu 15 liter limbah cair nglorod pewarna alami, 20 liter limbah cair nglorod pewarna sintetis, Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang telah divalidasi berdasarkan sampel panjang ikan 2-4 cm (OECD, 2019) dan setiap reaktor berisi 7 ekor ikan, dan Akuades, Asam Sulfat (H2SO4), Kalium dikromat 0,25N, Kertas Saring, Larutan standar BOD, Larutan Buffer, Larutan standar sulfida, Natriu sulfat anhidrat, Pelarut heksana, dan lainnya.

3.4 Desain Reaktor

Desain rancangan reaktor yang digunakan terbuat dari bahan kaca. Reaktor harus memiliki ukuran minimal 5 L untuk melindungi ikan agar tidak keluar dari reaktor (US EPA, 2002). Dalam penelitian ini, tihga reaktor digunakan yaitu pada reaktor untuk aklimatisasi dibuat dengan ukuran 60 cm x 30 cm x 30 cm dengan ketebalan kaca 5 mm dan untuk ukuran yang kedua yaitu 30 cm x 30 cm x 30 cm. Reaktor uji ketiga untuk uji pendahuluan dan uji toksisitas ukuran yang digunakan yaitu 20 cm x 15 x 20 dengan ketebalan kaca 3mm.

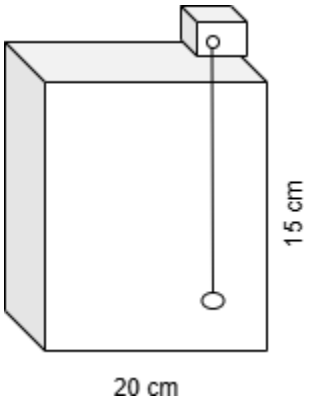


Gambar 3. 2 Reaktor Uji Aklimatisasi Pertama



Gambar 3. 3 Reaktor Uji Aklimatisasi Kedua

Berdasarkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 pada reaktor uji aklimatisasi yang diguanakn, ikan dimasukkan ke dalam akuarium di tiap-tiap bak dengan jumlah sebanyak 30 ekor per reaktor.



Gambar 3. 4 Reaktor Uji Pendahuluan dan Uji Toksisitas

3.5 Prosedur Analisis Data

3.5.1 Penentuan Lokasi.

Lokasi pengambil sampel limbah cair pewarna alami 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.

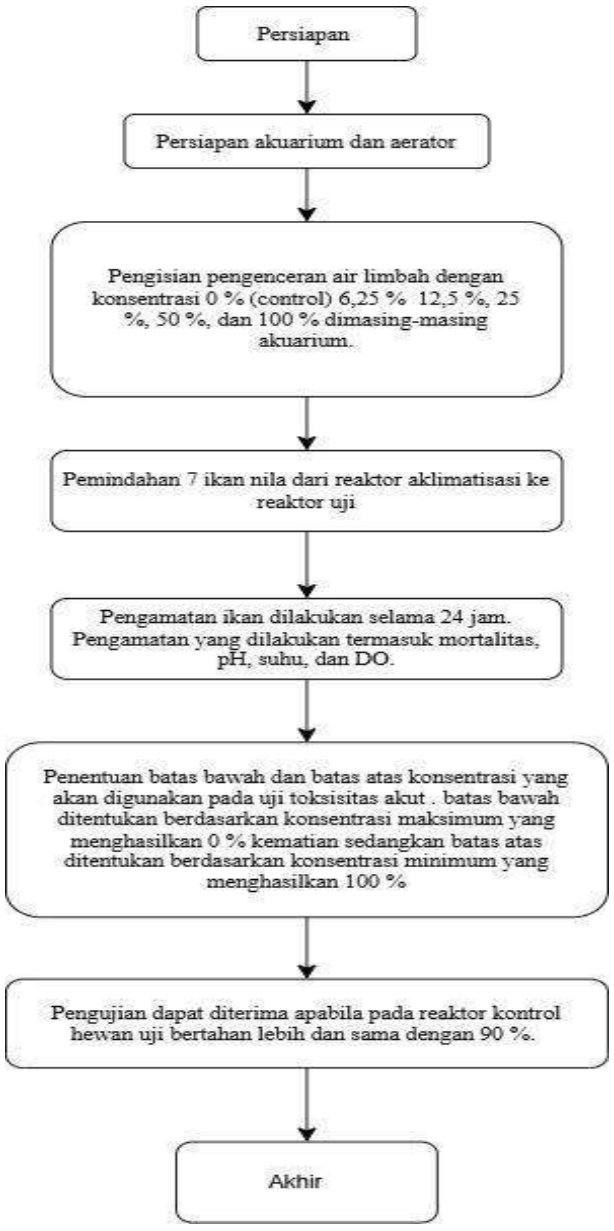
3.5.2 Pengambilan Sampel.

Sampling dilakukan di dua tempat yaitu limbah alami dan limbah sintetis. Limbah cair pewarna alami di Batik X dan limbah sintetis bertepatan di Batik Y diambil dari proses akhir pewarnaan yaitu limbah nglorod. Limbah langsung diambil dari limbah yang telah terkumpul di bak pengumpul.

Untuk pengambilan contoh limbah mengacu pada SNI 6989.59.2:2008 tentang Metode Pengambilan contoh air limbah. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *grab sampling* pada pagi hari. Air limbah yang dihasilkan dari proses pelorodan (nglorod) dan pencucian. Selain itu, pengukuran suhu dan kadar pH lapangan selama pengambilan sampel.

3.6 Uji Aklimatisasi

Aklimatisasi pada hewan uji ini bertujuan untuk menyesuaikan kondisi biota uji dengan kondisi lingkungan laboratorium. Tahapan aklimatisasi dapat dilihat pada:



Gambar 3. 5 Prosedur Tahapan Aklimatisasi

Sebelum dilakukan uji aklimatisasi, air dilakukan proses aerasi terlebih dahulu. Pada saat uji aklimatisasi, hewan uji terlebih dahulu di diamkan selama 30 menit untuk menghindari stress dari hewan uji. Kemudian ikan segera diaklimatisasi selama 7 hari dalam air dengan penambahan garam ikan. Pada hari pertama uji aklimatisasi ikan tidak beri pakan terlebih dahulu ini bertujuan agar hewan uji tidak mengalami stress dan pemberian pakan juga menganggu pencernaan.

Menurut Sucipto dan Prihartono (2007) kondisi umum untuk pemeliharaan ikan nila bersuhu antara 28℃ - 30℃ dengan pH yang ideal adalah antara 4-9. Nilai DO yang dibutuhkan pada proses aklimatisasi adalah berkisar minimum pada >5 mg/L. Ikan yang mati selama proses ini akan segera dibuang untuk menjaga keadaan air agar tidak bau dan mempengaruhi ikan lain.

Tabel 3. 1 Pengamatan Kelayakan Ikan pada Tahap Aklimatisasi

Jumlah Kematian (%)	**Keterangan**
< 5 %	Layak untuk dilanjutkan
5-10 %	Hati- hati (Perlu Evaluasi)
>10%	Tidak Layak untuk Dilanjutkan

3.7 Uji Pendahuluan

Tujuan pada uji pendahuluan ini adalah untuk menentukan batas bawah dan batas atas konsentrasi yang akan digunakan pada uji toksisitas akut. Kriteria konsentrasi batas bawah didasarkan pada konsentrasi maksimum yang menyebabkan kematian 0 % pada tahap uji pendahuluan. Sedangkan kriteria batas atas didasarkan pada 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). Uji pendahuluan ini dilakukan selama 24 jam dengan konsentrasi 0 %, 6,25 % :12,5% : 25 %; 50 % ; dan 100 %.

Konsentrasi menggunakan 7 ekor ikan nila (oreochromis niloticus), sesuai dengan pedoman OECD Test No. 203 (2019) dan US.EPA (2002). Konsentrasi kematian hewan uji mengalami kematian maka konsentrasi kematian 100 % dikalikan dengan faktor pengenceran 0,5 (USEPA, 2000) sebagai konsentrasi tertinggi pengujian. Apabila mortalitas yang dihasilkan 0% atau 100% pada semua konsentrasi, maka uji konsentrasi pendahuluan menjadi acuan batas bawah. Konsentrasi yang telah didapat pada uji pendahuluan ini menjadi penentuan rentang konsentras untuk uji toksisitas.

3.8 Uji Toksisitas

Uji Toksisitas bertujuan untuk mengetahui nilai LC_{50}. Pengujian ini dilakukan dari 24 jam hingga 96 jam. Apabila ketahanan uji dapat diterima pada reaktor kontrol kurang dari 90 %. Jika pengujian ketahanan pada reaktor kontrol kurang dari 90% maka hasil uji harus dilakukan pengulangam (US EPA, 1991). Uji Toksisitas metode Whole Effluent Toxicity (WET) dilakukan dengan mennggunakan pengujian multi konsentrasi untuk menentukan kisaran Toksisitas sampel uji dan dilakukan dengan tipe *static non-renewal* . Uji toksisitas ini dilakukan dengan cara statis, metode ini digunakan pada uji toksisitas akut selama 96 jam. Dengan

menggunakan metode static non- renewal, bertujuan untuk melihat efek langsung dan akumulatif limbah terhadap hewan uji.

Hewan uji ikan nila yang digunakan sebanyak 7 ekor per konsentrasinya (OECD Test No.203). Dimana ini menetapkan jumlah minimum untuk mendapatkan hasil statistik LC50 yang valid namun tetap memperhatikan prinsip 3R (*replacement, reduction, refinement*) dalam kondisi hewan. Selain itu, apabila menggunakan hewan uji sebanyak 10 ekor disetiap per konsentrasinya dengan kondisi hewan uji yang tidak cukup pada proses aklimatisasi. Sehingga, tidak memungkinkan untuk melakukan uji aklimatisasi kembali.

Karena konsentrasi DO yang rendah akan mempengaruhi hasil uji, maka proses aerasi dapat dilakukan pada tiap pengujian dan bak kontrol. Pada DO, pH, dan suhu diukur pada akuarium uji bak kontrol dan semua konsentrasi akuarium pada awal pengujian, setiap hari dan pada akhir pengujian (US EPA, 2002). Selain itu, selama proses uji toksisitas hewan uji ikan nila tidak diberi pakan selama 96 jam. Ini bertujuan untuk menghindari eksresi berlebih yang dapat mengubah parameter kimia, air, mengurangi limbah organik dari sisa pakan, dan mencegah gangguan metabolisme yang dapat mempengaruhi ketahanan ikan terhadap limbah. Uji ini dilakukan dengan metode statis *non- renewal* yaitu air limbah tidak diganti selama uji berlangsung.

3.9 Uji Parameter

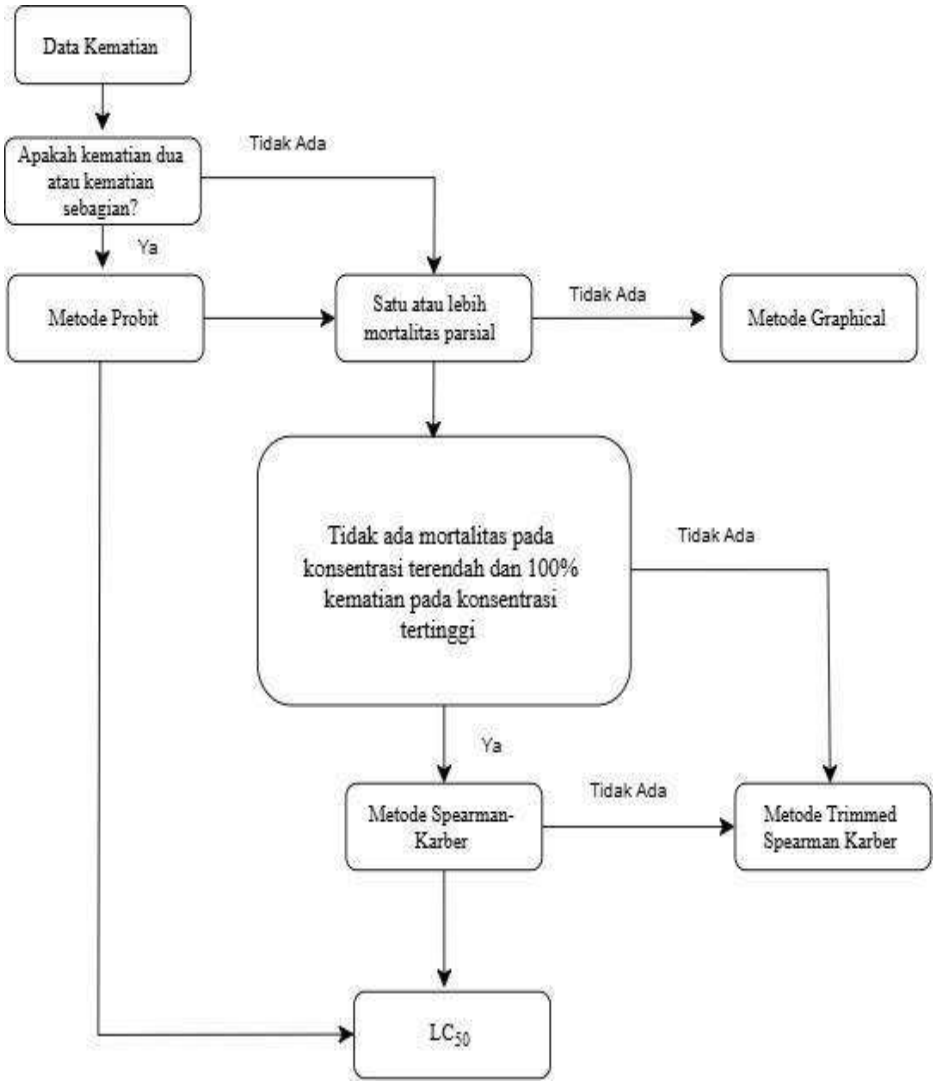
Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomot 59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Industri Air Limbah.

Tabel 3. 2 Permen LHK No. 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Industri Air Limbah

Parameter	Satuan	Metode	Acuan
BOD_5	mg/L	Titrasi secara Iodometri	SNI-6989-72-2009
COD	mg/L	Refluks tertutup secara spektrofotometri	SNI 6989.2-2019
TDS	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.27-2019
TSS	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.3-2019
Fenol	mg/L	Spektofotometri	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

3.10 Analisis Data

Pada penelitian ini menggunakan metode Whole Eflluent Toxicity (WET) dengan mengukur toksisitas secara langsung untuk menilai total efek toksik dari limbah cair. Untuk memperkirakan hasil nilai LC50 pada toksisitas akut uji Whole Effluent Toxicity (WET), analisisis dilakukan berdasarkan konsentrasi limbah dan jumlah tingkat mortalitas parsial. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode sesuai dengan (USEPA, 2002), yaitu metode *Probit,* metode *Trimmed Spearman Karber,* metode *Spearman Karber dan* metode *Graphical*.



Gambar 3. 6 Pemilihan Metode LC_{50}

Untuk menghitung nilai LC_{50}, dapat diketahui bahwa uji toksisitas dilakukan dengan menggunakan perhitungan analisa probit (metode Hubbert) untuk menentukan LC_{50}. Analisis probit ini menunjukkan hubungan linier antara nilai logaritma konsentrasi bahan toksik uji dengan nilai probit dari persentase mortalitas hewan uji yang merupakan fungsi linier.

Nilai LC_{50} yang didapatkan digunakan untuk menentukan *Toxic Unit Acute* (TUa) dapat dihitung dengan formula:

$$TUa = \left(\frac{100}{LC50}\right)$$

Nilai TUa merupakan kebalikan dari konsentrasi limbah yang menyebabkan 50 % organisme mati pada akhir uji toksisitas akut. Klasifikasi bahaya untuk limbah yang dibuang ke dalam Lingkungan akuatik dengan membagi kelas untuk tingkatan TU sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Kategori Nilai Toxicity Unit

TU	**Kategori**
3	*Non toxic*
3-10	*Slightly toxic*
10-50	*Toxic*
50-100	*Very Toxic*
>100	*Extremly*

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

Adapun hasil pemeriksaan dari parameter influent limbah batik cair dengan perbandingan dengan Permen LHK RI No.16 Tahun 2019 dan Peraturan Daerah No. 7 Tahun 2016. Hal ini menunjukkan bahwa limbah batik memiliki potensi pencemaran yang tinggi dan memerlukan pengolahan yang lebih baik sebelum dibuang ke lingkungan.

Tabel 4. 1 Uji Parameter Kimia Pewarna Alami dan sintetis

UJI PARAMETER KIMIA			
Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Hasil Uji Pewarna Alami (mg/L)	Hasil Uji Pewarna Sintetis (mg/L)
	Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016		
BOD_5	85	**412**	**210**
COD	250	**20571**	**879**
TDS	2000	**6496**	*1320
TSS	60	**3960**	**976**
Fenol	0,5	**0,82**	**1,06**
Krom Total (Cr)	1	*0,05	*0,03
Amonia Total (NH_3 sebagai N)	3	*1,17	*1,29
Sulfida (sebagai S)	0,3	**8,21**	**3,69**
Minyak dan Lemak Total	5	**146**	**36,3**
Suhu	$\pm 3C°$ terhadap suhu udara		
pH	6,0 – 9,0	*9	*7

Ket :

(*) : Memenuhi

(**B**) : Tidak Memenuhi.

Hasil pengujian BOD_5, COD, TDS, TSS, Fenol, Sulfida (S), serta Minyak dan Lemak Total limbah pewarna alami menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dan hasil pengujian Krom Total (Cr), Ammonia Total (NH_3), suhu dan pH menunjukkan bahwa hasil pengujian limbah cair pewarna alami telah memenuhi baku mutu.

Pada limbah cair pewarna sintetis menunjukkan bahwa hasil pengujian BOD_5, COD, TSS, Fenol, Sulfida (s) serta minyak dan lemak total tidak memenuhi baku mutu. Namun, pada TDS, Krom Total (Cr), Ammonia Total (NH_3), suhu, dan pH menunjukkan bahwa hasil memenuhi baku mutu.

4.2 Sumber Limbah

4.2.1 Limbah Pewarna Alami.

Penelitian ini menggunakan bahan yang berasal dari bahan seperti daun indigo, biji jolawe, biji buah kesumba, dan kulit kayu tingi. Daun indigo berasal dari pohon indigo yang biasa dikenal sebagai Pohon Tarum atau Nila. Indigo ini dapat digunakan sebagai pewarna alam yang memperoleh warna biru. Warna indigo didapatkan dari hasil rendaman daun dalam jumlah banyak waktu 1 malam. Kemudian air rendamannya direbus dan dikeringkan setelah itu pewarna alam biru baru dapat digunakan sebagai pewarna tekstil. Zat yang dihasilkan oleh daun indigo (Viona, 2021)

Zat warna indigosol juga digunakan untuk proses pewarnaan colet (kuas) maupun celup. Warnanya akan muncul setelah dibubuhi oleh natrium nitrit dan asam. Pewarna ini dapat digunakan setelah proses pencelupan dan coletan (Adiningtyas, 2018). Limbah pewarna alami yang digunakan adalah proses pelorodan, dimana proses penghilangan malam (lilin) dari kain mori. Karakteristik pada limbah pewarna alami, tidak memiliki bau, berwarna hijau kebiruan dengan tingkat kekeruhan yang sangat tinggi, dan mengandung busa sehingga menandakan adanya sisa detergen.

Selain itu, dengan adanya campuran soda abu dan detergen dapat menaikkan pH air dengan secara drastis, menyebabkan iritasi pada insang ikan, dan menganggu sistem pernapasan ikan. Maka dari itu walaupun pewarna berasal dari bahan alami yang memiliki sifat yang lebih mudah terurai, tetap akan berpotensi toksik jika dikombinasikan dengan menggunakan bahan pelarut seperti soda abu ash dan detergen didalam proses pelorodan.

4.2.2 Limbah Pewarna Sintetis.

Pewarna sintetis merupakan pewarna turunan azo seperti naptol, rapid dan remazol. Zat warna sintetis memiliki nilai harga yang lebih ekonomis dan tidak mudah luntur. Pewarna ini memiliki kromofor azo (-N=N) dan memiliki kestabilan warna tinggi namun sulit terurai. Sehingga berpotensi menghasilkan senyawa fenol, logam berat, atau amin aromatic yang toksik bagi ikan. Limbah yang digunakan untuk pengujian adalah proses pelorodan, dimana menggunakan soda abu dan tepung pati. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan bilasan malam (lilin) dan membuat kain batik menjadi lebih rapi ketika dilipat. Karakteristik dari pewarna sintetis, memiliki warna yang bening dan memiliki aroma yang tajam.

Dari kedua hasil limbah batik tersebut baik pada Pewarna alami dan Pewarna sintesis memiliki sifat toksik. Pada limbah pwarna alami ini menggunakan soda abu dan detergen selama proses pelorodan tetap memberikan efek toksik pada ikan dan kandungan senyawa alami lain yaitu tanan dan inigotin apabila digunakan dalam Jumlah yang tinggi juga dapat menganggu fisiologi ikan. Pada limbah Pewarna sintesis yaitu zat pewarna seperti napthol dan remazol yang menjadi penyebab utama kematian dikarenakan sulit diurai dan bersifat racun.

4.3 Sumber Ikan

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang digunakan pada penelitian ini diberasal dari kolam budidaya dengan sistem *Recirculating Aquaculture System* (RAS). Berdasarkan (USEPA, 2002) dan OECD Test No.203 (2019), ikan yang akan diuji harus berasal dari populasi yang sehat, memiliki ukuran yang seragam yaitu 2-4 cm, belum terpapar limbah atau bahan kiia lainnya, serta dilakukan aklimatisasi selama 7 hari sebelum pengujian.

Sumber ikan yang diperoleh dari sistem *Recirculating Aquaculture System* (RAS) dapat dilakukan dalam pengujian, ini dikarenakan bahwa kualitas air ikan terkontrol bagus, bebas dari penyakit dan valid. Sehingga, baik untuk dilakukan ke tahap aklimatisasi. Sumber ikan dari RAS ini direkomendasikan karena kualitas air dan kesehatan ikan terjaga optimal. Sebaliknya, dari kolam rawa ini memiliki risiko yang lebih tinggi membawa patogen, variabilitas kondisi air, dan potensi stress tinggi sehingga kurang ideal untuk uji toksisitas yang mengutamakan validitas

4.4 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penting dalam penelitian uji toksisitas yang bertujuan untuk menyesuaikan hewan uji, dalam hal ini ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan kondisi lingkungan baru sebelum dilakukan pengujian. Pada proses ini bertujuan untuk meminimalkan stress yang dapat memengaruhi hasil pengujian. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dipindahkan secara perlahan dari air budidaya ikan nila ke air akuarium yang akan digunakan untuk proses tahap aklimatisasi di Laboratorium Bioteknologi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

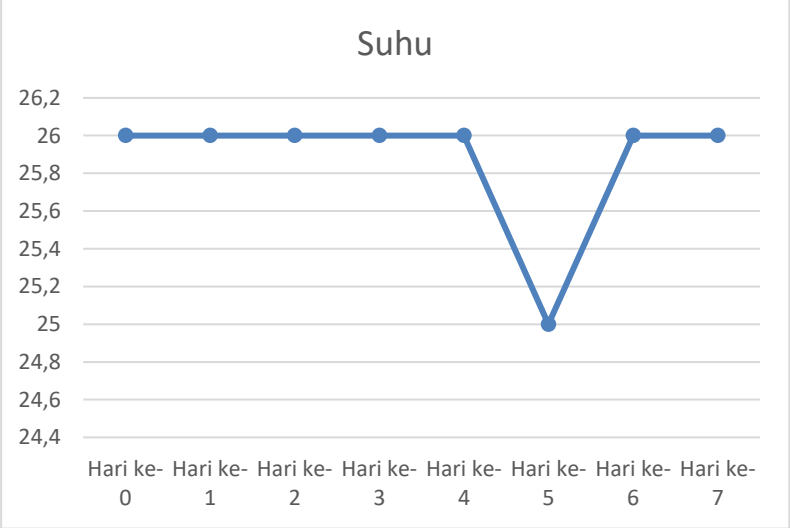
Tahapan uji ini dilakukan dengan kondisi suhu 25C°- 30C°, pH yaitu 6,5 – 8,5 dan DO minimum yaitu 5 mg/l. Pada proses uji aklimatisasi dilakukan setiap hari terhadap kondisi ikan nila. Pada proses aklimatisasi ini ikan tidak boleh menunjukkan tanda-tanda penyakit dan stress yang telihat dan harus bebas dari malformasi yang jelas dan tidak pernah diobati

sebelunya terhadap penyakit atau parasite dalam jangka waktu 7 hari sebelum pengujian. (OECD, 2019).

Total jumlah ikan yang diaklimatisasi sebanyak 250 ekor. Selama proses juga dilakukan pengukuran pH, DO, dan suhu. Pada proses aklimatisasi hewan uji juga diperhatikan mortalitasnya. Jika pada proses pengamatan mengalami kematian lebih dari 10 % dari total hewan uji yang digunakan, maka kemungkinan besar air yang digunakan tidak memenuhi syarat untuk tempat hidup dan kondisi hewan uji yang kurang bagus.

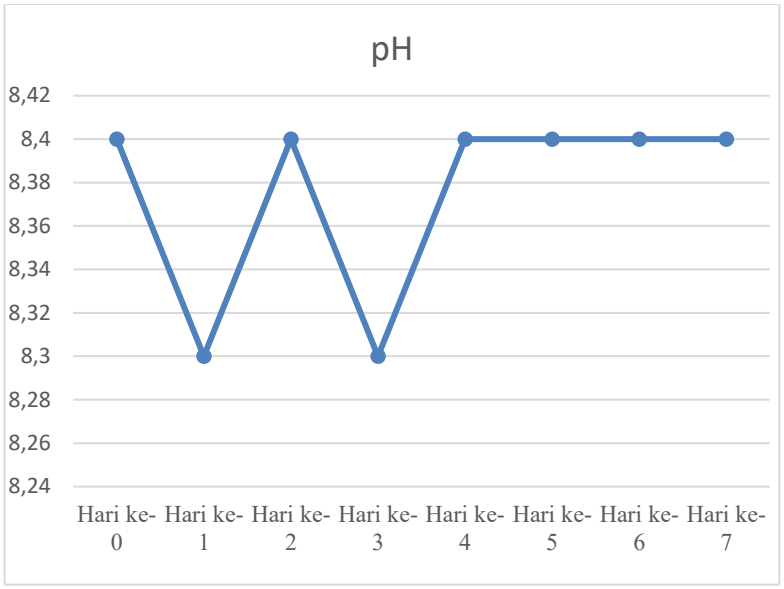
Selama proses aklimatisasi Tingkat kematian ikan sebesar 7,6 % yaitu dengan Jumlah kematian 19 ekor dari jumlah awal yaitu 250 ekor dan masih dalam batas toleransi < 10% (OECD, 2019), sehingga layak untuk dilanjutkan ke tahap pengujian.

a. Suhu



Gambar 4. 1 Pengukuran Suhu Pada Proses Aklimatisasi

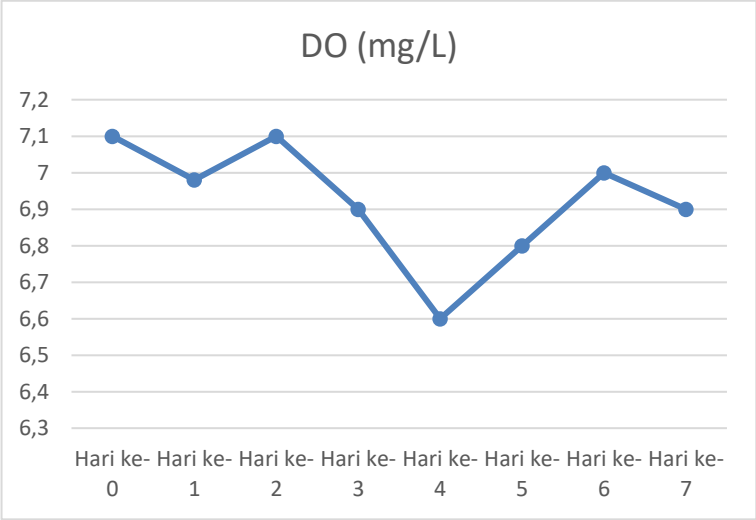
b. pH



Gambar 4. 2 Pengukuran pH pada Proses Aklimatisasi

Pada parameter pH selama proses aklimatisasi mengalami perubahan naik turun. Pada hari ke 1 dan 3 pH menurun diangka 8,3. Angka tersebut merupakan nilai pH terendah selama pengukuran. Angka pH menurun diakibatkan adanya aktivitas mikroba yang meningkat untuk mengurai sisa pakan dan kotoran yang dihasilkan oleh ikan nila

c. DO (Dissolved Oxygen)



Gambar 4. 3 Pengukuran Suhu Pada Proses Aklimatisasi

Berdasarkan Gambar 4.3 Diketahui selama tahapan aklimatisasi nilai DO mengalami penurunan dan kenaikan. Pada hari ke-1 nilai DO sebesar 7,1 (mg/L), hari ke-2 nilai DO sebesar 6,98 mg/L, hari ke-3 nilai DO sebesar 7,1 (mg/L), hari ke-4 nilai DO sebesar 6,9 (mg/L), hari ke-5 nilai DO sebesar 6,8 (mg/L), dan hari ke 7 nilai DO sebesar 6,9 (mg/L)

Penurunan nilai DO terjadi karena dekomposisi bahan organik dari sisa makanan dan kotoran hewan 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 (SNI 6141: 2009)

d. Mortalitas

Dalam pengujian aklimatisasi dapat diketahui terdapat beberapa kematian yang dihasilkan dari hari ke-1 hingga hari ke-7. Pada proses tahapan uji aklimatisasi total ikan yang akan digunakan yaitu sebanyak 250 ekor. Pada hari pertama ikan dimasukkan kedalam akuarium dengan jumlah sebanyak 30 ikan di tiap-tiap akuariumnya. Pada hari pertama pengamatan aklimatisasi ikan belum mengalami kematian. Pada hari kedua pengamatan aklimatisasi ikan terdapat terdapat sebanyak 3 ekor dari total kematian pada akuarium. Pada pengamatan di hari ke-3 terdapat kematian ikan sebanyak 2 ekor. Pada pengamatan di hari ke-4 terdapat kematian sebanyak 4 ekor. Pada pengamatan hari ke-5 terdapat kematian sebanyak 6 ekor. Pada pengamatan hari ke-6 terdapat kematian sebanyak ekor 2 ekor. Pada pengamatan hari ke- 7 terdapat kematian sebanyak 2 ekor

Dari hasil data pemantauan menunjukkan bahwa jumlah jumlah total ikan yang mati selama proses aklimatisasi yaitu sebanyak 19 ekor. Tingkat kematian ini hanya sekitar 10 % dari jumlah ikan yang telah diaklimatisasi dan memenuhi syarat kelayakan uji aklimatisasi

untuk dilanjutkan ke tahap pengujian (US EPA, 2000). Selain itu, perlu diketahui ikan yang mati selama proses pengamatan aklimatisasi tidak memperlihatkan tanda-tanda kelainan dibagian tubuh ikan yang disebabkan oleh penyakit. Namun, pada proses pengamatan uji aklimatisasi jumlah ikan yang paling banyak mengalmi kematian yaitu pada hari ke-5. Setelah diamati, ini disebabkan oleh kualitas air yang tidak bagus dan terdapat sisa pakan yang masih belum tercena secara sempurna didalam perut ikan sehingga ketika ikan mengalami kematian terlihat sangat jelas pada perut ikan.

4.5 Uji Pendahuluan.

Untuk menentukan batas atas dan batas bawah konsentrasi. Uji ini dilakukan selama 24 jam dengan konsentrasi yang digunakan pada uji pendahuluan limbah pewarna alami dan pewarna sintetis yaitu 0 %; 6,25 %; 12,5 %; 25 %; 50 % dan 100 %. Setiap konsentrasi menggunakan 7 ekor ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Jumlah kematian uji pendahuluan limbah pewarna alami dan pewarna sintetis menentukan persen pengenceran yang akan digunakan pada uji toksisitas.

Tabel 4. 2 Mortalitas Pewarna Alami

Uji Pendahuluan (Pewarna Alami)				
Jumlah Kematian				
Konsentrasi Limbah (%)	Mortalitas (kematian)			
	30 menit	1 jam	2 jam	24 jam
6,25%	2	4	5	7
12,5%	2	3	5	7
25%	3	5	7	7
50%	3	6	7	7
100%	5	7	7	7

Pada Tabel 4.2 limbah pewarna alami konsentrasi 100 % dan 50 % ikan mengalami kematian pada 1 jam pertama pengujian sebanyak 100 % mortalitas, sedangkan pada konsentrasi 25 %, 12, 5 % dan 6, 25 % ikan mengalami ketidaknormalan di 2 jam pertama dan sebagian ikan berusaha bergerak dan bernapas disekitar aerator. Setelah pengamatan 24 jam seluruh ikan nila mengalami kematian 100 % pada konsentrasi 25 %, 12, 5 % dan 6,25 %.

Tabel 4. 3 Mortalitas Pewarna Sintetis

Uji Pendahuluan (Pewarna Sintetis)				
Jumlah Kematian				
Konsentrasi Limbah (%)	Mortalitas (kematian)			
	30 menit	1 jam	2 jam	24 jam
6,25%	0	0	1	4
12,50%	0	0	2	5
25%	0	1	3	7
50%	0	2	4	7
100%	1	3	5	7

Pada Tabel 4.3 limbah pewarna sintetis konsentrasi 100 % ikan mengalami kematian pada 1 jam pertama pengujian sebanyak 100 % mortalitas. Pada konsentrasi 50 % mengalami kematian sebagian yaitu terdapat 2 ikan yang mencoba berusaha bergerak dan bernapas serta 2 ikan yang gerakan sudah melambat berada disekitar aerator. Setelah pengamatan selama 24 jam ikan nila mengalami kematian 100 % pada konsentrasi 100%, 50 % dan 25 %.

Rentang persentase pengenceran yang didapatkan pada uji pendahuluan (*range finding test*) digunakan untuk perlakuan pada uji Toksisitas. Uji Toksisitas limbah alami dan limbah sintetis dilakukan selama 96 jam dengan waktu pengamatan 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Rentang pengenceran yang digunakan pada uji toksisitas limbah pewarna

alami yaitu 0, 195 %; 0,39 %; 0,78 %; 1,56 %; dan 3,125 %. Jumlah mortalitas hewan uji menunjukkan kematian paling banyak pada 3,125 %.

Pada limbah pewarna sintetis yaitu 0,78 % ; 1,56 %; 3,125%; 6,25% dan 12,5%. Jumlah kematian hewan uji menunjukkan tingkat kematian tertinggi pada konsentrasi 12,5 %. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair yang ditambahkan ke dalam akuarium maka semakin cepat kematian terjadi pada ikan nila dan juga sebaliknya semakin kecil konsentrasi limbah cair yang ditambahkan ke dalam akuarium semakin lama ikan nila mampu bertahan. Hal ini dapat dilihat bahwa konsentrasi limbah cair batik berpengaruh terhadap kematian ikan nila.

4.6 Uji Toksisitas

Pengujian ini untuk menentukan nilai LC50, dimana konsentrasi limbah 50% pada ikan akan mengalami kematian. Hasil uji konsentrasi limbah batik memiliki potensi toksisitas yang tidak naik turun, yang dapat berdampak negatif pada kesehatan ikan dan ekosistem perairan (EPA, 2002). Uji ini dilakukan jangka waktu 96 jam dalam rentang konsentrasi yang telah ditentukan pada proses uji pendahuluan. Selama proses uji toksisitas ini dilakukan dengan menggunakan aerator disetiap konsentrasinya.Aerator membantu meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air.

Jika pengujian dilakukan tanpa menggunakan aerator, maka DO cenderung menurun seiring waktu dikarenakan aktivitas respirasi ikan dan dekomposisi limbah. Jika uji dilakukan menggunakan aerator, ikan tampak lebih aktif tetapi dapat menimbulkan stress dari adanya buih detergen dari limbah Pewarna alami. Sedangkan, tanpa menggunakan aerator, buih pada pewarna alami lebih sedikit tetapi kadar DO cenderung lebih rendah. Ini dapat membuat ikan lebih cepat kekurangan oksigen sehingga ikan tampak lemas dan mengap-mengap. Oleh karena itu penggunaan aerator dapat disarankan dalam uji toksiistas statis, namun perlu pengawasan yang ketat terhadap efek samping yang ditimbulkan.

Tabel 4. 4 Uji Toksisitas Pewarna Alami

Limbah Pewarna Alami					
Konsentrasi (%)	**Jumlah Organisme yang mati**				Jumlah Hewan Uji
	24	**48**	**72**	**96**	
3,13%	5	7	7	7	7
1,56%	3	3	4	7	7
0,78%	0	1	3	4	7
0,39%	0	0	1	2	7
0,195%	0	0	0	2	7

Berdasarkan Tabel 4.5 ini menunjukkan bahwa hasil uji toksisitas terhadap limbah pewarna alami dilakukan dengan konsentrasi 0,195 %, 0,39%, 0,78 %, 1,56 %, dan 3,125 %. Pada konsentrasi 0,195%, tidak terjadi kematian hingga jam ke-72, namun mengalami kematian pada jam ke-96 sebanyak 2 ekor. Pada konsentrasi 0,39 %, kematian pertama terjadi pada jam ke-72 yaitu 1 ekor dan bertambah menjadi dua ekor di jam ke-96. Kematian meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi pada 0,78% dan 1,56 %. Kematian terjadi lebih awal dan jumlah ikan yang mati juga lebih banyak. Konsentrasi 3,125% menunjukkan bahwa sejak jam ke 24 terjadi kematian dan pada jam ke-48 seluruh ikan mengalami kematian. Hal ini menunjukkan bahwa limbah pewarna alami bersifat toksik.

Tabel 4. 5 Uji Toksisitas Pewarna Sintetis

Limbah Pewarna Sintetis					
Konsentrasi (%)	**Jumlah Organisme yang mati**				**Jumlah Hewan Uji**
	24	**48**	**72**	**96**	
12,50%	3	5	6	6	7
6,25%	1	3	4	5	7
3,13%	0	1	3	4	7
1,56%	0	0	1	2	7
0,78%	0	0	1	2	7

Berdasarkan Tabel 4.5 ini menunjukkan bahwa hasil uji toksisitas terhadap limbah pewarna sintetis dilakukan dengan konsentrasi 0, 78 %, 1,56 %, 3,13%, 6,25 %, dan 12,5 %. Pada konsentrasi 0,78 % dan 1,56 % mengalami kematian pertama pada 72 jam dengan jumlah 1 ekor pada konsentrasi tersebut. Dapat diketahui bahwa terjadi kematian pada konsentrasi 12,5 % sebanyak 5 ekor pada 48 jam pertama dan konsentrasi 6,25 % mengalami kematian sebanyak 3 ekor. Namun beberapa ikan mengalam *hypoactivity* (kurang aktif) dan berenang didasar akuarium.

Ikan yang berada di konsentrasi 3,13 % mengalami kematian 1 ekor. Namun, di konsentrasi 1, 56 %, dan 0,78% tidak terdapat kematian di waktu 48 jam pertama. Pada pengamatan 72 jam terlihat konsentrasi 1, 56 %, dan 0,78% mengalami tingkatan sebanyak 1 ekor dan beberapa ikan masih terlihat aktif dan responsif. Pada pengamatan 96 jam terlihat terjadi perubahan warna pada tubuh ikan dan pucat serta gerak sudah melamban dan tidak aktif.

Kedua hasil pengujian toksisitas ini dapat diketahui bahwa limbah yang tingkat konsentrasi tinggi maka ikan akan semakin banyak mati. Meskipun pewarna alami lebih ramah lingkungan, namun pada proses pelorodan ini menggunakan air, soda abu dan detergen bubuk yang meninggalkan sisa-sisa bahan kimia yang berpotensi mencemari air. Sedangkan, pada pewarna sintetis mengandung bahan- bahan yang dapat minmbulkan bahaya.

Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa kedua limbah batik ini memiliki dampak beracun terhadap ikan. Kematian ikan ini menunjukkan bahwa zat-zat berbahaya dalam limbah dapat merusak kesehatan ikan, menganggu gangguan pernapasan pada tubuh ikan hingga pembengkakan pada perut yang menyebabkan kematian.

4.7 Perhitungan Toksisitas

Berdasarkan uji Toksisitas dapat diketahui bahwa konsentrasi limbah batik pewarna alami dan pewarna sintetis mengalami kematian, sehingga nilai LC_{50} dapat dihitung dengan metode probit. Setelah Mengetahui nilai LC_{50} dapat dilakukan Perhitungan *Toxic Unit Acute* ($TU_{a)}$. Apabila nilai LC_{50} tinggi makan nilai TU_a semakin rendah atau tidak toksik, dan apabila nilai LC_{50} rendah maka nilai TU_a semakin tinggi atau semakin akut.

4.6.1 Konsentrasi Kematian.

Berdasarkan hasil dari pengujian Toksisitas yang sudah dilakukan maka dapat dilakukan analisis menggunakan metode probit untuk Mengetahui nilai LC50 nya. Untuk Mengetahui analisis probit dihitung menggunakan excel dengan mencari % mortalitas yang kemudian dikonversi menggunakan tabel probit lalu mencari nilai regresi linear dengan persamaan

$$Y = aX + b.$$

Tabel 4. 6 Hasil Nilai Perhitungan LC_{50}

No	Contoh Uji	LC50
1	Pewarna Alami	0,9418
2	Pewarna Sintetis	2,7748

Pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa hasil LC_{50} limbah cair Industri Batik pewarna alami yaitu proses pelorodan yaitu 0, 9418. Sedangkan pada limbah cair Industri Batik pewarna sintetis yaitu proses pelorodan (malam) yaitu 2,7748. Hasil ini dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu.

4.6.2 Toxicity Unit Acute (TUa)

Tabel 4. 7 Klasifikasi Toksisitas Akut

No	Kelas	Tingkat Toksisitas	Toxic Unit
1	Class I	*No Acute Toxicity*	<1
2	Class II	*Significant Acutate Toxicity*	1-10
3	Class III	*High Acute Toxicity*	10-100
4	Class IV	*Very Acute Toxicity*	>100

Sumber : (Vaajasaari, 2005)

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Nilai TUa

No	Contoh Uji	TUa	Kategori Toksisitas	Kelas
1	Pewarna Alami	106, 17	Very Acute Toxicity	Class IV
2	Pewarna Sintetis	36,03	High Acute Toxicity	Class III

Pada Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa perhitungan nila TUa Industri Batik X sebesar 106,17 dengan berkategori sudah sangat toksik. Sedangkan pada perhitungan nilai TUa Industri Batik X sebesar 36,03 dengan berkategori toksik. Dengan demikian, kedua limbah Industri Batik tersebut dianggap dikategorikan sebagai limbah beracun.

4.8 Perbandingan Hubungan Parameter Kimia dengan Baku Mutu

Pada BOD5 limbah pewarna alami memiliki nilai sebesar 412 mg/L dan limbah pewarna sintetis sebesar 210 mg/L. Kedua jenis limbah tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 85 mg/L. Pada COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang dihasilkan limbah pewarna alami yaitu mencapai 20,571 mg/L dan limbah pewarna sintetis yaitu 879 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa organik dan anorganik sulit terurai. Proses ini neybebakan biodegradasi yang tidak sempurna sehingga mengalami penurunan oksigen terlarut dan apabila tidak diolah dengan baik, akan berpotensi terjadinya bioakumalasi.

Total Suspended Solid pada limbah pewarna alami dan limbah pewarna sintetis melebihi baku mutu. *Total Dissolved Solid* limbah pewarna alami memiliki nilai sebesar 6496 mg/L yang tidak memenuhi baku mutu, sedangkan pada limbah pewarna sintetis sebesar 1320 mg/L yang telah memenuhi baku mutu. Kadar fenol pada limbah pewarna alami memiliki nilai sebesar 0, 82 mg/L dan limbah pewarna sintetis sebesar 1, 06 mg/L. Kandungan sulfida pada kedua jenis limbah cair menghasilkan limbah yang melebihi baku mutu. Minyak dan Lemak Total pada pewarna alami bernilai sebesar 146 mg/L dan limbah pewarna sintetis sebesar 36, 3 mg/L. Sementara beberapa parameter krom total (Cr) , Ammonia total , suhu, dan pH pada kedua jenis limbah ini masih dalam batas baku mutu. Sehingga, tidak memberikan kontribusi terhadap peningkatan toksisitas.

Berdasarkan dari kedua hasil pengujian tersebut bahwa tingginya kadar bahan organic dan zat kimia yang berbahaya dalam limbah ini. Sehingga menyebabkan penurunan kadar oksigen (DO) yang menjadi sangat penting bagi ikan. Namun, dengan tingginya *Total Suspended Solid* (TSS) dalam limbah dapat menyumbat insang ikan dan mengurangi kemampuan ikan dalam bernafas. Oleh karena itu, kualitas limbah batik yang berpengaruh terhadap kematian. Selain itu, dengan adanya kadar bahan organik dan zat kimia berbahaya dapat merusak ekosistem.

Adapun jenis zat pewarna yang berasal dari proses pelorodan kain batik menggunakan logam berat. Kandungan fenol dan krom total dalam limbah batik juga berbahaya bagi ikan. Fenol merupakan senyawa organik yang bersifat toksik dan dapat menyebabkan gangguan sistem saraf serta kerusakan jaringan pada ikan. Fenol pada limbah cair batik berasal dari pelunturan hasil lorodan lilin (Giyanto Santoso et al., n.d.). Kandungan fenol menjadi pelarut pewarna kain. (Tyastuti & Parama, 2016)

Dari hasil penelitian ini, pada parameter krom didapatkan hasil limbah pewarna alami dan pewarna sintetis telah memenuhi baku mutu. Dari hasil penelitian ammonia dapat diketahui bahwa memenuhi baku mutu yaitu pewarna alami 1,17 (mg/L), sementara pada pewarna sintetis bernilai 1,29

(mg/L). Ammonia total pada konsentrasi tinggi bisa menyebabkan gangguan pernapasan dan terjadi kerusakan pada insang. Sulfida pada limbah cair batik dihasilkan dalam proses pewarnaan dan pencucian. Ikan dapat terjadi keracunan, stress, kematian dan penurunan kualitas air apabila memiliki tingkat kadar sulfida yang tinggi.

Dari hasil penelitian minyak dan lemak total pewarna alami yaitu 146 (mg/L) dan pada pewarna sintetis yaitu 36,3 (mg/L). Pada kandungan minyak dan lemak total yang dihasilkan pada proses pelorodan dengan air panas untuk menghilangkan lilin. Minyak dan lemak dalam limbah batik dapat membentuk lapisan permukaan air. Ketika lapisan minyak menempel pada insang ikan akan menganggu proses respirasi dan menyebabkan strees pada ikan yang mengakibatkan kematian (Dhyanti, D. (2016). Selain itu, faktor lingkungan pada suhu, DO, dan pH yang mempengaruhi respons biologis ikan selama pengujian.

4.9 Pengaruh Kualitas Limbah Terhadap Kematian Ikan

Pada paparan limbah batik, baik pewarna alami maupun sintetis ini dapat mempengaruhi tingkah laku dan kelangsungan hidup ikan nila. Pada pengamatan ikan ini dilakukan selama pengujian toksisitas natra paramater kimia dan respons tingkah laku.

4.9.1 Pergerakan ikan pada sekitar aerator.

Ikan yang dimasukkan ke dalam limbah batik pewarna alami hanya bergerak disekitar aerator. Pergerakan ikan tersebut dikarenakan rendahnya nilai DO yang ada pada air sehingga ikan mencari sumber oksigen lainnya.

4.9.2 Pengamatan ikan di dasar akuarium.

Ikan juga hanya dapat berenang didasar akuarium karena air limbah padatan dan busa yang dihasilkan dari pembilasan proses nglorod. Dalam beberapa jam, ikan mengalami kematian dan naik ke atas permukaan.

4.9.3 Produksi lendir

Pada limbah pewarna alami terdapat lendir yang merupakan sebuah respons perlindungan dari ikan. Lendir ini diproduksi untuk melapisi insang untuk melapisi insang dan kulit. Apabila memiliki jumlah berlebihan dapat berdampak pada gangguan respirasi.



Gambar 4. 4 Ikan memproduksi lendir

4.9.4 Perubahan warna tubuh dan insang

Ikan yang mati menunjukkan perubahan warna tubuh yang diakibatkan oleh sistem pernapasan dan peredaran darah. Perubahan warna insang ikan disebabkan karena berkurangnya oksigen yang disebabkan oleh partikel tersuspensi yang menyumbat insang, sehingga menghentikan peredaran darah (Pengestuti, 2018). Selain itu, penurunan oksigen juga disebabkan gangguan fungsi osmoregulasi ikan, sehingga tidak dapat menyesuaikan kandungan air dan elektrolit pada tubuh ikan dengan lingkungannya. Kondisi ini yang menyebabkan ikan kekurangan oksigen dan akhirnya mati.

4.9.5 Pembengkakan perut

Pembengkakan pada perut ini disebabkan oleh penumpukan cairan di sekita rongga perut. Paparan limbah ini dapat menyebabkan sistem osmoregulasi ikan. Maka dari itu, ketika ginjal tidak berfungsi dengan baik, ikan tidak dapat mengeluarkan kelebihan cairan dari tubuh yang menumpuk.



Gambar 4. 5 Ikan mengalami pembengkakan

4.9.6 Hypoactivity pada ikan

Hypoactivity terjadi ketika ikan berenang lebih lambat dan ikan hanya terlihat diam disekitar akuarium. Hypoactivity pada ikan tersebut disebabkan oleh paparan limbah yang dihasilkan mengandung senyawa organik.

4.10 Efek Limbah Batik terhadap Lingkungan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah cair batik baik dari pewarna alami maupun pewarna sintetis, memiliki potensi toksisitas yang dapat menimbukan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Dapat dilihat dari hasil penelitian ini menunjukkan terjadi penurunan kualitas air dari tingginya kadar BOD, COD, TSS, TDS, fenol dan sulfida serta minyak dan lemak, yang menyebabkan penurunan oksigen terlarut, kekeruhan, dan perubahan pH. Selain itu terhadap kesehatan manusia yang menjadi tantangan serius apabila mengonsumsi ikan yang terpapar atau interaksi langsung dengan air yang tercemar.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1) Uji toksisitas dengan metode Whole Effluent Toxicity (WET) menunjukkan bahwa libah cair batik pada pewarna alami dan sintetis memiliki dampak toksik terhadap ikan nila dengan menggunakan metode statis non-renewal selama 96 jam memberikan data yang sesuai dengan konsentrasi pada kedua jenis limbah.
2) Limbah sintetis memiliki nilai LC50 lebih tinggi yaitu 2,7748. Sementara limbah alami menunjukkan nilai yaitu 0,9418.
3) Parameter kimia Parameter kualitas air yaitu BOD, COD, TDS, TSS, fenol dan sulfida menunjukkan bahwa kedua hasil uji limbah tidak memenuhi baku mutu
4) Pada kedua jenis limbah, pada limbah alami terdapat lendir yang merupakan respon perlindungan biologis yang menyebabkan gangguan respirasi yang berlebihan oleh buih sisa detergen

5.2 Saran

1) Diperlukan pengolahan limbah yang lebih efektif sebelum dibuang ke lingkungan, baik untuk pewarna alami maupun sintetis.
2) Diperlukan pemantauan lanjutan terhadap uji ikan untuk mengetahui produksi lendir pada uji toksisitas .

DAFTAR PUSTAKA

Akut Limbah Cair Pabrik Batik Giyant Santoso Surakarta dan Efek Sublethalnya terhadap Struktur Mikroanatomi Branchia dan Hepar Ikan Nila, T. C., Aryani, Y., & Widiyani, T. (n.d.). *The acute toxicity of liquid industrial waste of CV. Giyant Santoso Surakarta batik industry and its sublethal effect on microanatomy structure of gill and liver nila fish (Oreochromis niloticus T.)*.

Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, *3*(1), 21–29. https://doi.org/10.33084/mitl.v3i1.640

Astuti, et a;. (2020). Toksisitas Limbah Cair Batik Terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 12 (1) , 15-22

Aziz, A., & Shafaee, M. (2020). Toksisitas Mematikan Hasil Bi-Sorpsi Air limbah Batik pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *International Journal of Enviromental Science and Technology,* 17 (3), 1234-1240.

Budiyanto, et.al (2018). Pengaruh Kadar Sulfida dalam Limbah Cair Batik terhadap Kualitas Air dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam*, 9 (3), 201-208

Darmawati, Aliyas, & Nurhayani. (n.d.). *Gambaran Darah Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) di Balai Benih Ikan Desa Lakatan Kecamatan Galang Blood Description of Oreochromis Niloticus in Fish Seed Center in Lakatan Village, Galang District C O R R E S P O N D I N G A U T H O R*. *7*. https://doi.org/10.56338/jks.v7i1.4474

Dindasari, N. (2018). Uji Toksisitas Akut Limbah Industri Batik Giriloyo Terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Dengan menggunakan Reaktor Anaerob-Aerob. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam*, 9 (1), 45-52.

Dhyanti, D. (2016). Toksisitas Limbah Cair Pabrik Batik Terhadap Mortalitas dan Struktur Histologik Hepatopankreas pada Ikan Nila. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan,* 9 (1), 15-22.

EPA. (2002) *Methods for Measuring the Acutete Toxicity of Effluents and receiving Waters to Freshwater and marine Organisms Fifth Edition* Katheresan, et al. (2018). Toksisitas Limbah Cair Pabrik Batik Terhadap Mortalitas dan struktur Histologik Hepatopankreas pada Ikan Nila. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 10(2), 123-130

Lee, et al. (2020). Pengaruh Limbah Cair Pewarna Alami terhadap Kualitas Air dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam*, 11(1), 45-60.

Lestari, S., Sudarmadji, Tandjung, S. D., & Santosa, S. J. (2017). Lethal toxicity of Batik waste water bio-sorption results in Tilapia (Oreochromis niloticus). *Advanced Science Letters*, *23*(3), 2611–2613.

Megawati. (2015). Toksisitas Limbah Cair Batik Terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *Jurnal Ilmu dan Tekknologi Lingkungan*, 7(2), 123-130

Musbita Tyastuti, E., & Parama, O. A. (2016). *EKOGENOTOKSISITALIMBAH CAIR BATIK DAN EFEK ANTIMUTAGENIK Lemna minor TERHADAP ERITROSIT IKAN NILA (Oreochromis niloticus) Ecogenotoxicity of batik liquid waste and antimutagenicity of Lemna minor on Nile tilapia erithrocytes*. *2*(2).

Mustikaning, N. (2016). Uji Toksisitas Letar Cr6+ Terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *Jurnal Biologi dan Lingkungan*, 8(2), 67-75.

Paryanto, et al. (2012). Pengaruh Kadar sulfida dalam Limbah Cair Batik terhadap Kualitas dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam*, 3(3), 201-208.

Pramudita. (2014). Toksisitas Limbah Cair Pabrik Batik Terhadap Mortalitas dan Struktur Histologik Hepatopankreas pada Ikan Nila. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam*, 6(2), 123-130.

Purwaningsih. (2008). Pengaruh Limbah Cair Pewarna Alami terhadap Kualitas Air dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan,* 2(2), 123-130.

Rakhmania, Ibrahim, Z., & Abba, M. (2022). Isolation and characterization of dye- degrading bacteria from batik wastewater. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, *1091*(1).

Sasongko, & Tresna. (2010). Toksisitas Limbah Cair Batik terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan,* 2(2), 123-130.

Soemirat. (2009). Pengaruh Kadar Sulfida dalam Limbah Cair Batik terhafdap Kualitas air dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam,* 2(3), 201- 208.

Sucipto, & Prihartono. (2007). Toksisitas Limbah Cair Pabrik Batik Terhadap Mortalitas dan Struktur Histologik Hepatopankreas pada Ikan Nila. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 1(2), 123-130.

Tarigan. (2003). Pengaruh Limbah Cair Pewarna Alami terhadap Kualitas Air dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam,* 1(1), 45-60.

Vaajasaari, K. (2005). *Leaching and Ecotoxicity Tests as Methods for Classification and Assment of Enviromental Hazard of Solid Wastes Tampere 2005.*

Yernisa, et al. (2013). Pengaruh Kadar Sulfida dalam Limbah Cair Batik terhadap Kualitas Air dan Toksisitas pada Ikan. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam,* 4(3), 201-208.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Pendahuluan

Waktu	6,25%		12,50%		25%		50%		100%	
	P. Alami	P. Sintetis	P. Alami	P. Sintetis	P. Alami	P. Sintetis	P. Alami	P. Sintetis	P. Alami	P. Sintetis
30 menit	2	0	2	0	3	0	3	0	5	1
1 jam	2	0	1	0	2	1	3	2	2	2
2 jam	1	1	2	2	2	2	1	2	0	2
24 jam	2	3	2	3	0	4	0	3	0	2
Jumlah Total Mortalitas (%)	7	4	7	5	7	7	7	7	7	7

Lampiran 2. Uji Toksisitas

Limbah Pewarna Alami																
Konsentrasi (%)	**Jumlah Organisme yang hidup**				**Mortalitas (kematian)**	**pH**				Dissolved Oxigen (mg/L)				Suhu			
	24	**48**	**72**	**96**		**24**	**48**	**72**	**96**	**24**	**48**	**72**	**96**	**24**	**48**	**72**	**96**
3,13%	2	1	1	1	6	7,98	8,19	8,44	8,3	5,01	6,79	7,4	7,2	25,3	25	25,2	25,3
1,56%	4	4	3	2	2	8,01	8,35	8,39	8,35	5,55	6,6	6,9	6,9	25,3	25	25	26,5
0,78%	7	6	4	3	4	8,08	8,3	8,65	8,19	6,1	6,83	6,8	7,1	25,4	25,5	26	25
0,39%	7	7	6	5	2	8,09	8,38	8,51	8,49	6,3	6,8	6,8	7,1	25,5	26	26	25,5
0,20%	7	7	7	5	2	8	8,4	8,39	8,33	6,6	6,6	6,8	7	25,6	26	26	26

Lampiran 2. 1 Uji Toksisitas Limbah Pewarna Alami

Limbah Pewarna Sintetis																	
Konsentrasi (%)	**Jumlah Organisme yang hidup**				**Mortalitas (kematian)**	**pH**				Dissolved Oxigen (mg/L)				Suhu			
	24	**48**	**72**	**96**		**24**	**48**	**72**	**96**	**24**	**48**	**72**	**96**	**24**	**48**	**72**	**96**
12,50%	4	2	1	1	6	7,9	8,61	8,59	8,27	7,3	7.09	6,9	7,05	25,3	26,7	26,5	26
6,25%	6	4	3	2	5	8,01	8,48	8,41	8,29	6,8	7.08	7,1	7	25,3	26,9	26,4	26
3,13%	7	6	4	3	4	7,94	8,37	8,43	8,4	6,7	7,08	7,1	6,82	25,4	25,3	26,4	26
1,56%	7	7	6	5	2	8,14	8,2	8,49	8,48	6,8	7,09	7	6,8	25,5	26	26	25,5
0,78%	7	7	6	5	2	8,3	8,24	8,56	8,27	6,6	7,1	6,5	6,6	25,6	26	26,1	26

Lampiran 2. 2 Uji Toksisitas Limbah Pewarna Sintetis

Lampiran 3. Perhitungan LC50 dan TUa

a. Waktu Paparan 24 jam.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,88229088
R Square	0,778437198
Adjusted R Square	0,70458293
Standard Error	1,539043231
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	24,9660378	24,96604	10,54017898	0,047613321
Residual	3	7,105962197	2,368654		
Total	4	32,072			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	2,625389061	0,709971144	3,697881	0,034328346	0,365944015	4,884834106	0,365944015	4,884834106
X Variable 1	5,246436026	1,615996399	3,246564	0,047613321	0,103614257	10,3892578	0,103614257	10,3892578

Lampiran 3. 1 Waktu Paparan 24 jam Pewarna Alami

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,887569812
R Square	0,78778017
Adjusted R Square	0,717040227
Standard Error	1,281044939
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	18,2754916	18,2754916	11,13629	0,044483111
Residual	3	4,923228404	1,641076135		
Total	4	23,19872			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	-0,475490233	0,87781851	-0,541672599	0,625685	-3,269100506	2,318120039	-3,269100506	2,318120039
X Variable 1	4,487700282	1,344787535	3,337107285	0,044483	0,207986158	8,767414405	0,207986158	8,767414405

Lampiran 3. 2 Waktu Paparan 24 jam Pewarna Sintetis

b. Waktu Paparan 48 jam.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,953345184
R Square	0,90886704
Adjusted R Square	0,878489386
Standard Error	1,002424009
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	30,06415832	30,06416	29,91893	0,012012012
Residual	3	3,014561682	1,004854		
Total	4	33,07872			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	3,656436179	0,462425036	7,90709	0,004217	2,184793332	5,128079025	2,184793332	5,128079025
X Variable 1	5,757236824	1,052545865	5,46982	0,012012	2,407566124	9,106907525	2,407566124	9,106907525

Lampiran 3. 3 Waktu Paparan 48 jam Pewarna Alami

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,937666317
R Square	0,879218122
Adjusted R Square	0,838957495
Standard Error	1,147833149
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	28,77223719	28,77224	21,83816	0,018506111
Residual	3	3,952562814	1,317521		
Total	4	32,7248			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	0,275126195	0,786536954	0,349794	0,749609	-2,22798543	2,778237818	-2,227985429	2,778237818
X Variable 1	5,630878106	1,204947356	4,673132	0,018506	1,796197845	9,465558367	1,796197845	9,465558367

Lampiran 3. 4 Waktu Paparan 48 jam Pewarna Sintetis

c. Waktu Paparan 72 jam.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,502311435
R Square	0,252316778
Adjusted R Square	0,003089037
Standard Error	2,362647508
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	5,651290264	5,65129	1,012394	0,388455
Residual	3	16,74630974	5,582103		
Total	4	22,3976			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	3,956238106	1,057502864	3,741113	0,033319	0,590792	7,321684	0,590792	7,321684
X Variable 1	3,460618296	3,439369414	1,006178	0,388455	-7,48499	14,40623	-7,48499	14,40623

Lampiran 3. 5 Waktu Paparan 72 jam Pewarna Alami

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,896717764
R Square	0,804102748
Adjusted R Square	0,738803664
Standard Error	1,209356342
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	18,00997172	18,00997172	12,31415	0,03922176
Residual	3	4,387628284	1,462542761		
Total	4	22,3976			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	1,796691958	0,82869488	2,168098297	0,118668	-0,840585001	4,433968916	-0,840585001	4,433968916
X Variable 1	4,454980686	1,269531837	3,509152394	0,039222	0,414763781	8,495197591	0,414763781	8,495197591

Lampiran 3. 6 Waktu paparan 72 jam Paparan Sintetis

d. Waktu Paparan 96 jam.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,897043772
R Square	0,804687528
Adjusted R Square	0,739583371
Standard Error	0,343568109
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	1,458962864	1,458962864	12,36000221	0,039038179
Residual	3	0,354117136	0,118039045		
Total	4	1,81308			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	5,045764627	0,153778445	32,81191091	6,22194E-05	4,556372984	5,53515627	4,556372984	5,53515627
X Variable 1	1,75833658	0,500141321	3,515679481	0,039038179	0,166663681	3,350009479	0,166663681	3,35000948

Lampiran 3. 7 Waktu Paparan 96 jam Pewarna Alami

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,937074623
R Square	0,87810885
Adjusted R Square	0,837478466
Standard Error	0,271415061
Observations	5

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	1,592081593	1,592081593	21,61212	0,018768534
Residual	3	0,220998407	0,073666136		
Total	4	1,81308			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	4,412909404	0,185983456	23,72742987	0,000164	3,821027042	5,004791766	3,821027042	5,004791766
X Variable 1	1,324561022	0,284920209	4,648884075	0,018769	0,417817756	2,231304288	0,417817756	2,231304288

Lampiran 3. 8 Waktu Paparan 96 jam Pewarna Sintetis

Lampiran 4 Dokumentasi

a. Tempat Budidaya Ikan Nila





b. Proses Uji Aklimatisasi





c. Persiapan Sampling.





d. Kegiatan Survei dan Sampling Pewarna Alami.

<table>
<tr>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

e. Kegiatan Survei dan Sampling Pewarna Sintetis.

	PROSES PENGKREMUK Menghilangkan malam sebagian untuk menimbulkan efek kain dan pewarnaan biasanya untuk jenis warna soga

f. Kegiatan di Laboratorium Bioteknologi.





RIWAYAT HIDUP



Sang penulis yang bernama Adiya Intan Nabila, terlahir pada tanggal 20 November 2003 di Kota Pekanbaru Provinsi Riau. Penulis merupakan anak tunggal, dengan Ayah bernama Adrinal, S.E., dan Ibunda bernama Azmirawati. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar 005 (2009-2015), lalu, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Pekanbaru (2015-2018) dilanjutkan dengan Sekolah Menengah Atas Negeri 9 Pekanbaru (2018-2021). Selama menjadi mahasiswa, penulis melibatkan diri pada beberapa kegiatan di lingkungan jurusan atau fakultas. Kegiatan yang diikuti pada tingkat jurusan adalah menjadi Organisasi Committee E-champ dan Organisasi Committee Lintas Lingkungan. Kegiatan menjadi Kepengurusan Evic sebagai sekrektaris. Sang penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Asahimas Chemical pada semester 5. Sang penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata di Kab. Sukoharjo, Surakarta.