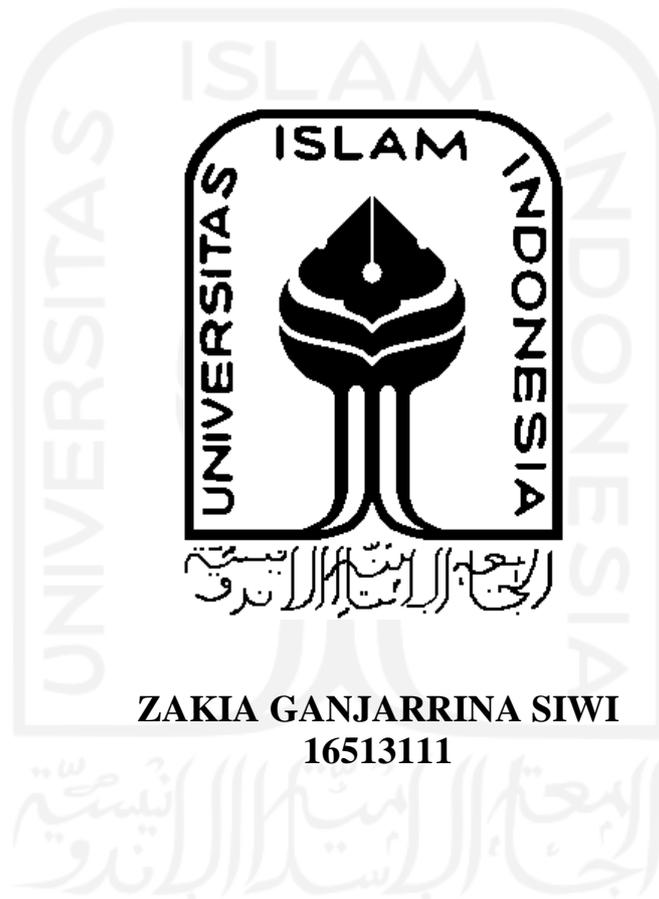


TA/TL/2021/1271

TUGAS AKHIR

**UJI TOKSISITAS LIMBAH TENUN TROSO
MENGUNAKAN *Macrobrachium rosenbergii* DENGAN
METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**ZAKIA GANJARRINA SIWI
16513111**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

TUGAS AKHIR

**UJI TOKSISITAS LIMBAH TENUN TROSO
MENGUNAKAN *Macrobrachium rosenbergii* DENGAN
METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**ZAKIA GANJARRINA SIWI
16513111**

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
NIK. 155131313

Tanggal: 21 Januari 2021


Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.
NIK. 165131306

Tanggal: 25 Januari 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.Es., Ph.D.
NIK. 025100406

Tanggal: 28 Januari 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**UJI TOKSISITAS LIMBAH TENUN TROSO
MENGUNAKAN *Macrobrachium rosenbergii* DENGAN
METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY (WET)***

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

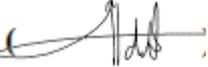
Hari : Kamis
Tanggal : 28 Januari 2021

Disusun Oleh:

**ZAKIA GANJARRINA SIWI
16513111**

Tim Penguji :

Penguji 1: Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. ()
NIK. 155131313

Penguji 2: Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. ()
NIK. 165131306

Penguji 3: Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. ()
NIK. 025100406

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 28 Januari 2021

Yang membuat pernyataan,



Zakia Ganjarrina Siwi

NIM: 16513111

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah **Uji Toksisitas Limbah Tenun Troso Menggunakan *Macrobrachium rosenbergii* Dengan Metode Whole Effluent Toxicity**.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penulisan laporan ini, baik moril maupun materil. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Ibu dan Bapak yang tidak pernah berhenti mengingatkan, menasehati, dan mendoakan serta selalu mendukung baik moril maupun materil.
2. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademik dan Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberi pengarahan, nasihat, kritik, dan saran dari awal masa studi hingga proses penelitian ini.
3. Seluruh dosen dan *staff* Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama masa studi.
4. Seluruh laboran dari Laboratorium Kualitas Lingkungan atas bantuan selama penelitian di laboratorium.
5. Itsna Maulidya, Shonia Dwi Ratnasari, Afafun Nafisah, M. Ismail, Muhammad Akbar Ardhiansyah, M. Askuroini, Irfan Noor Pambudi sebagai kelompok tugas akhir yang telah berjuang bersama dalam suka maupun duka saat penelitian tugas akhir ini.
6. Mbak Erdina Trisna Mukti dan Mbak Nurun Nailis Sa'adah yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan dengan sabar dan baik hati selama penelitian ini.
7. Pemilik industri tenun dan seluruh warga Desa Troso, Jepara yang telah membantu dalam penyediaan air limbah sehingga dapat digunakan untuk proses penelitian.
8. Risqi Sasqia Putri, Yassirly Amriya, Nur Aina Fitriani dan Rizka Anisa selaku teman sepermainan yang telah menemani masa-masa kuliah dari awal hingga akhir.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2016 yang telah berjuang bersama selama dalam berbagai hal baik dalam perkuliahan, kepanitiaan, dan organisasi. Semoga tali persaudaraan ini akan selalu terjaga sampai kapanpun.
10. Dhitsaha Rizka Pratiwi, Dhika Chandra Devi, Sri Wardani, dan Farah Nurhabibah yang selalu mendengarkan keluh kesah dan memberikan dukungan dalam hal perkuliahan maupun di luar perkuliahan.
11. Unit Kerja Budidaya Air Payau (UKBAP) Samas, Kabupaten Bantul, Yogyakarta yang telah membantu dalam penyediaan dan membimbing dalam merawat udang galah sebagai hewan uji.
12. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu selama

proses penyelesaian tugas ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Dalam penyusunan laporan ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan guna menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat diterapkan untuk membangun lingkungan yang lebih baik.

Yogyakarta, Desember 2020

Zakia Ganjarrina Siwi





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

ZAKIA GANJARRINA SIWI. Uji Toksisitas Limbah Tenun Troso Menggunakan *Macrobrachium rosenbergii* Dengan Metode *Whole Effluent Toxicity*. Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Indonesia merupakan negara dengan berbagai macam kekayaan budaya, salah satunya yaitu kain tenun. Salah satu daerah dengan produksi tenun yang khas ialah Desa Troso, Jepara. Industri ini menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan karena belum adanya pengolahan yang benar. Oleh sebab itu, diperlukan adanya pengolahan limbah untuk mencegah adanya pencemaran. Dalam penelitian ini limbah diolah menggunakan *floating wetland treatments* dan terbagi dalam 4 reaktor yang berbeda. Setelah melalui proses pengolahan, 4 reaktor tersebut memiliki efisiensi kadar penurunan zat toksik yang berbeda, dimana reaktor 1 dan 2 memiliki hasil yang paling signifikan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis toksisitas air limbah hasil pengolahan menggunakan *floating wetland treatments* dengan hewan uji udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*). Uji toksisitas akut dilakukan secara *static non renewal* selama 96 jam menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity*. Berdasarkan pengujian, sampel limbah tenun dikategorikan sebagai *High Acute Toxicity* untuk sampel dari reaktor 3 dan reaktor 4 dan *No Acute Toxicity* pada reaktor 1 dan reaktor 2. Sementara hasil LC₅₀ untuk reaktor 1 sebesar 794,7%, reaktor 2 sebesar 791,7% dengan nilai TUa keduanya sebesar 0,126 dan hasil LC₅₀ untuk reaktor 3 sebesar 3,67% dengan nilai TUa sebesar 27,23, dan reaktor 4 sebesar 7,18% dengan nilai TUa sebesar 13,92.

Kata kunci: Air Limbah Tenun, *Macrobrachium rosenbergii*, Toksisitas, *Whole Effluent Toxicity*

ABSTRACT

ZAKIA GANJARRINA SIWI. *Toxicity Test of Troso Weaving Wastewater Using *Macrobrachium rosenbergii* with Whole Effluent Toxicity Method. Supervised by Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. and Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.T.*

*Indonesia is a country with various kinds of cultural wealth. One area with a typical weaving production is Troso Village, Jepara. This industry produces liquid waste that has potential to pollute the environment due to there are no proper treatment. Therefore, it is necessary to treat the waste to prevent pollution. In this study, the waste is treated using floating wetland treatments into 4 different reactors. After going through treatment process, the 4 reactors have different levels of toxicity reduction efficiency, with reactor 1 and 2 having the most significant results. So this study aims to analyse the toxicity of treated wastewater using floating wetland treatment with *Macrobrachium rosenbergii*. Acute toxicity test was carried out static non renewal for 96 hours. Based on the test, weaving waste samples are categorized as High Acute Toxicity for samples from reactor 3 and reactor 4 and No Acute Toxicity in reactor 1 and 2. While the result of LC₅₀ for reactor 1 is 794,7%, reactor 2 is 791,7% with a TUa value of both are 0,126 and the result of LC₅₀ for reactor 3 is 3,67% with TUa value is 27,23, and for reactor 4 is 7,18% with TUa value is 13,92.*

*Keywords: *Macrobrachium rosenbergii*, Toxicity, Weaving Wastewater, Whole Effluent Toxicity*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Limbah Tenun	3
2.2 Toksisitas	4
2.3 <i>Whole Effluent Toxicity</i> (WET)	4
2.4 Hewan Uji (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	5
BAB III METODE PENELITIAN	9
3.1 Diagram Alir Metode Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	10
3.4 Desain Reaktor	10
3.5 Sampling Air Limbah	11
3.6 Uji Parameter	11
3.7 Aklimatisasi Hewan Uji	12
3.8 Uji Pendahuluan	12

3.9 Uji Toksisitas	12
3.10 Analisis Data	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	41
Lampiran I Analisis Data Kematian Ikan	41
Lampiran II Analisis Data Uji Toksisitas	47
Lampiran III Karakteristik Limbah Tenun Troso	56
Lampiran IV Dokumentasi	66





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil.....	4
Tabel 4.1 Perbedaan 4 Jenis Reaktor Pengolahan Limbah.....	15
Tabel 4.2 Beban Pencemaran Maksimum Limbah Tekstil.....	17
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Limbah Tenun Troso.....	18
Tabel 4.4 Data Uji Aklimatisasi.....	21
Tabel 4.5 Total Kematian Udang Galah.....	25
Tabel 4.6 Data Kualitas Air Uji Toksisitas.....	25
Tabel 4.7 Kondisi Udang Galah Sebelum dan Sesudah Terpapar Air Limbah.....	27
Tabel 4.8 Kematian 50% Udang Galah.....	30
Tabel 4.9 Tingkat Toksisitas Berdasarkan Toxic Unit acute.....	32
Tabel I.1 Konsentrasi dan Nilai Probit Reaktor 1.....	41
Tabel I.2 Analisis Probit Reaktor 1.....	41
Tabel II.1 Data Aklimatisasi.....	47
Tabel II.2 Data Kematian Uji Toksisitas Reaktor 1.....	48
Tabel II.3 Data Kualitas Air Limbah Reaktor 1.....	48
Tabel II.4 Data Kualitas pH air Reaktor 1.....	49
Tabel II.5 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 1.....	49
Tabel II.6 Data Kematian Udang Reaktor 2.....	50
Tabel II.7 Data Kualitas Suhu Air Limbah reaktor 2.....	50
Tabel II.8 Data Kualitas pH Air Limbah Reaktor 2.....	51
Tabel II.9 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 2.....	51
Tabel II.10 Data Kematian Udang Reaktor 3.....	52
Tabel II.11 Data Kualitas Suhu Air Limbah Reaktor 3.....	52
Tabel II.12 Data Kualitas pH Air Limbah Reaktor 3.....	53
Tabel II.13 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 3.....	53
Tabel II.14 Data Kematian Udang Galah Reaktor 4.....	54
Tabel II.15 Data Kualitas Suhu Air Limbah Reaktor 4.....	54
Tabel II.16 Data Kualitas pH Air Limbah Reaktor 4.....	55
Tabel II.17 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 4.....	55
Tabel III.1 Standar KHP COD.....	56
Tabel III.2 Hasil Perhitungan Nilai COD.....	57
Tabel III.3 Berat Kertas Saring.....	57
Tabel III.4 Volume Titrasi.....	60
Tabel III.6 Hasil Perhitungan Nilai BOD.....	63
Tabel III.7 Kurva Kalibrasi.....	64
Tabel III.8 Hasil Perhitungan Kadar Amonia.....	64



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Udang Galah (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	6
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian	9
Gambar 3.2 Reaktor Aklimatisasi.....	10
Gambar 3.3 Reaktor Uji.....	11
Gambar 4.1 Skema Pengoperasian Reaktor.....	14
Gambar 4.2 Limbah hasil pengolahan (dari kiri: reaktor 1, reaktor 2, reaktor 3, reaktor 4)	17
Gambar 4.3 Lokasi Pengambilan Udang Galah, UKBAP Samas, Bantul	20
Gambar 4.4 Grafik Kematian Reaktor 1 24-96 jam.....	22
Gambar 4.6 Grafik Kematian Reaktor 3 24-96 jam.....	23
Gambar 4.5 Grafik Kematian Reaktor 2 24-96 jam.....	23
Gambar 4.7 Grafik Kematian Reaktor 4 24-96 jam.....	24
Gambar 4.8 Grafik Kualitas Suhu Air Limbah.....	26
Gambar III.1 Kurva Kalibrasi Standar.....	56





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Analisis Data Kematian Ikan.....	34
Lampiran II Analisis Data Uji Toksisitas.....	40
Lampiran III Karakteristik Limbah Tenun Troso.....	49
Lampiran IV Dokumentasi.....	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenun ikat merupakan kerajinan yang sangat terkenal pada beberapa daerah di Indonesia, salah satunya Desa Troso, Jepara. Pada awalnya kerajinan tenun di Desa Troso hanya berupa usaha sampingan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Namun seiring berjalannya waktu kerajinan ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan sekaligus dijadikan sebagai mata pencaharian pokok, sehingga Desa Troso menjadi pusat aktivitas industri tenun yang berbasis pada kearifan lokal. Keterampilan yang diwariskan secara turun menurun menjadikan pengrajin tenun menghasilkan produk yang berkualitas. Hal tersebut menjadi salah satu faktor meningkatnya minat masyarakat di Indonesia maupun luar negeri terhadap kain tenun Troso (Alamsyah, 2013).

Aktivitas produksi tenun yang semakin meningkat akan berdampak positif bagi perekonomian masyarakat, tetapi dapat menimbulkan kerusakan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Permasalahan ini akan terus berlangsung karena belum adanya upaya dari Pemerintah Kabupaten Jepara dalam rangka melakukan pengendalian dengan cara membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah khusus untuk industri tenun Troso (Wasiyanto, 2004). Para pengrajin di Desa Troso sampai saat ini masih membuang limbah tenun ke sungai, sehingga warna air sungai di Desa Troso selalu berubah sesuai dengan warna yang digunakan pada proses produksi.

Tidak hanya perubahan warna yang terjadi pada air sungai, tetapi terdapat beberapa parameter lain yang dapat merusak lingkungan, dimana bahan kimia yang digunakan dalam produksi tenun dapat terakumulasi di badan air dan masuk ke tubuh biota yang hidup di perairan tersebut. Hal itu dapat menyebabkan bau, mengganggu bahkan mematikan ekosistem perairan, menghasilkan lumpur yang menyebabkan sungai menjadi dangkal, serta kontaminasi pada air permukaan yang digunakan oleh manusia (Enrico, 2019). Berdasarkan uji karakteristik limbah cair tenun Troso yang dilakukan oleh Agus (2016), diperoleh hasil kandungan *Total Suspended Solid (TSS)* sebesar 520 mg/l, kromium total 0,003 mg/l, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* sebesar 1935 mg/l, *Chemical Oxygen Demand (COD)* sebesar 5593 mg/l, fenol sebesar 2,348 mg/l dan pH sebesar 8. Sesuai dengan Perda Provinsi Jateng No. 5 Tahun 2012 maka parameter TSS, BOD, COD, dan fenol telah melampaui ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan, sehingga zat-zat yang terkandung dalam limbah tenun yang dibuang langsung ke sungai bersifat toksik terhadap biota air.

Toksisitas suatu zat dapat diuji melalui uji toksisitas yang digunakan untuk mendeteksi efek toksikan terhadap hewan uji. Udang air tawar merupakan salah satu hewan yang sering digunakan dalam penelitian toksisitas karena memiliki peran dalam rantai makanan, dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air serta peka terhadap berbagai jenis agen pencemar di perairan air tawar (Ratningsih, 2008). Salah satu cara uji toksisitas adalah *Whole Effluent Toxicity (WET)*.

Melalui uji WET dapat diketahui sumber dari toksisitas dan menunjukkan bahwa zat toksik yang terkandung dalam hewan uji kurang atau lebih beracun karena karakteristik limbah tertentu. Metode ini dapat memonitor dan mengidentifikasi

sumber toksisitas yang terkandung dalam air limbah industri tenun (Rahmawati, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui toksisitas dari limbah tenun baik sebelum maupun setelah pengolahan yang dilakukan menggunakan hewan uji udang air tawar.

1.2 Perumusan Masalah

Industri tenun Troso yang semakin berkembang dapat berdampak buruk pada lingkungan karena belum adanya pengolahan limbah yang memadai. Zat-zat toksik pada proses produksi tenun dapat merubah sifat fisik, kimiawi, dan biologis pada sungai sehingga tidak dapat berfungsi sebagai mana mestinya. Evaluasi limbah tenun yang dilakukan mencakup uji parameter fisik dan kimia sehingga diperlukan uji toksisitas baik sebelum maupun setelah pengolahan untuk mengetahui kinerja dari pengolahan limbah yang dilakukan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis toksisitas limbah tenun yang telah diolah menggunakan *floating wetland treatments* menggunakan hewan uji udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) dengan metode *Whole Effluent Toxicity (WET)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik limbah tenun di Desa Troso, Jepara.
2. Mengetahui analisa terkait toksisitas limbah tenun baik sebelum maupun setelah pengolahan dengan metode *Whole Effluent Toxicity*.

1.5 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pengujian toksisitas akut dilakukan pada contoh uji limbah tenun Troso yang telah melalui pengolahan dengan metode *floating wetlands*.
2. Pengujian toksisitas akut dilakukan menggunakan metode uji *Whole Effluent Toxicity*, sedangkan untuk cara pengujiannya dengan *static non renewal* dimana contoh uji yang sama digunakan selama 96 jam
3. Air yang digunakan untuk pengenceran sampel uji pada pengujian toksisitas merupakan air minum kemasan.
4. Organisme yang dipapar adalah udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) berusia 30-40 hari dalam tahap benur.
5. Pada proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji toksisitas dilakukan pengukuran pH, suhu, dan kematian udang setiap harinya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Tenun

Limbah tenun merupakan limbah cair yang dari industri tenun akibat dari proses pewarnaan (*dyeing*) yang membutuhkan bahan kimia dan air sebagai media pelarut. Proses produksi kain tenun dilakukan dengan mengolah kapas atau serat sintetis menjadi kain melalui proses berupa *spinning* (pemintalan) dan *weaving* (Penenunan) (Asrori, 2016). Limbah cair dari proses pewarnaan pada industri tenun diperoleh dari bahan pewarna yang memiliki kapabilitas untuk diserap oleh serat tekstil serta merupakan senyawa kimia sintetis, sehingga dapat mencemari lingkungan disekitarnya.

Limbah cair dari proses pencelupan zat warna reaktif memiliki tipikal derajat keasaman (pH) yang tinggi (>9), berwarna pekat dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) nya cukup tinggi. Hal ini diakibatkan karena dalam proses pencelupan digunakan alkali untuk proses fiksasi warna, sehingga pH larutan menjadi tinggi. Warna limbah cair yang masih pekat disebabkan karena tidak semua zat yang digunakan dapat diserap oleh serat kain, sedangkan COD yang cukup tinggi dikarenakan adanya bahan organik yang tersimpan dalam limbah cair tersebut, seperti sisa zat warna, zat pembasah, dan pelarut yang digunakan (Esmiralda, 2012). Tingginya konsentrasi limbah cair tenun Desa Troso akan memengaruhi ekosistem air sungai terutama pada kematian hewan yang ditandai dengan adanya perubahan perilaku/aktivitas gerak, keseimbangan tubuh, dan perubahan warna pada tubuh hewan. Derajat toksisitas (LC₅₀-96 jam) limbah cair tenun Desa Troso terhadap hewan uji berupa ikan mas (*Cyprinus carpio*) sebesar 2,3 % (Agus, 2016).

Zat warna tenun merupakan kombinasi dari zat organik tidak jenuh, kromofor dan auksokrom sebagai pengaktif kerja kromofor dan pengikat antara warna dan serat yang dapat memberikan warna yang konsisten dan stabil (Rahmacandra et al., 2010). Dalam satuan pewarna dengan ciri dan struktur kimia yang kompleks dan konstan dapat menciptakan kualitas warna yang stabil pada bahan baku yang digunakan, sehingga berpeluang untuk sulit terdegradasi. Naftol AS-BO – *Blue B* merupakan salah satu jenis pewarna buatan yang berfungsi dalam proses pewarnaan industri tenun ikat. Zat warna ini tersusun dari elemen penggandeng di dalam serat kain, yaitu campuran naftol dan garam diazonium yang terbentuk dari senyawa amina aromatik (Yulita, 2016). Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 mengenai baku mutu air limbah menyebutkan bahwa air limbah industri tekstil mempunyai standar tertentu untuk setiap parameter limbah sebelum dibuang ke badan air. Baku mutu air limbah untuk industri tekstil dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1.	Temperatur	38°C
2.	BOD	60
3.	COD	150
4.	TSS	50
5.	Fenol Total	0,5
6.	Khrom total (Cr)	1,0
7.	Amoniak total	8,0
8.	Sulfida (Sebagai S)	0,3
9.	Minyak dan lemak	3,0
10.	pH	6,0-9,0

Sumber: Peraturan Daerah Jateng No 5 Tahun 2012

2.2 Toksisitas

Toksikologi adalah bidang pengetahuan yang menganalisis kerusakan atau cedera pada organisme yang disebabkan oleh suatu substansi, materi, dan/ toksisitas akut, toksisitas subkronik dan toksisitas kronik. Uji toksisitas bertujuan untuk menganalisis efek toksik dan menentukan standar keamanan kandungan yang terdapat dalam zat kimia (Mukono, 2005)

Uji toksisitas dapat dilakukan terhadap organisme akuatik atau terrestrial, tergantung relevansi. Dosis uji divariasikan dengan perkiraan konsentrasi *xenobiotic* yang ada dalam media dan standar yang berlaku bagi *xenobiotic* dalam lingkungan. Uji dilaksanakan dalam 24-96 jam dan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama untuk menentukan LD/LC dengan cara *least square* ataupun dengan metode probit (Soemirat, 2005)

LD₅₀ dan LC₅₀ diartikan sebagai dosis dan konsentrasi yang diberikan sekali (tunggal) atau beberapa kali dalam kurun waktu 24 jam dari suatu zat yang secara statistik diharapkan dapat menyebabkan kematian 50% hewan uji. Parameter ini sering digunakan apabila suatu organisme dipaparkan pada konsentrasi tertentu dalam air atau udara yang dosisnya tidak diketahui. Uji toksisitas akut seringkali disebut sebagai uji jangka pendek. Uji ini terdiri atas beberapa tes, yaitu uji dosis respon untuk mencari LD/LC dan kemungkinan berbagai kerusakan organ, uji iritasi mata dan kulit, serta skrining pertama terhadap mutagenesis (Priyanto, 2010).

2.3 Whole Effluent Toxicity (WET)

Bagian ini menjelaskan rangkaian sistematis mengenai hasil penelitian dan pemikiran *Whole Effluent Toxicity* (WET) yang didefinisikan sebagai dampak toksis agregat dari efluen yang diuji secara langsung melalui uji toksisitas perairan

(USEPA,2000). Metode WET mengukur dampak zat toksik total terlepas dari komponen fisika dan kimiawinya. WET memiliki sifat yang menyeluruh, sederhana dan murah. Metode ini digunakan karena dinilai efektif untuk mengetahui campuran kontaminan kompleks yang ada di dalam suatu air limbah (Chapman, 2000). Seperti halnya metode pada umumnya, metode ini mempunyai kekurangan dan kelebihan, kekurangan dari metode WET yaitu tidak terdapat penilaian terhadap sifat zat kimia tertentu seperti potensi bioakumulasi dan tidak adanya identifikasi komponen toksik spesifik (Hall & Golding, 1998). Sedangkan untuk kelebihan dari metode WET ini adalah dapat mengalkulasikan sumber toksisitas dan memperlihatkan bahwa zat toksik yang diketahui untuk organisme air mungkin menjadi kurang atau lebih toksik karena karakteristik tertentu dari air limbah serta dapat mengukur efek biologi dari zat kimia di dalam limbah cair (USEPA, 2000).

Pengujian WET dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu uji *static renewal* dan uji *static non renewal*. Pada pengujian dengan cara *static renewal*, larutan yang dipaparkan pada hewan uji dengan konsentrasi yang sama diganti baru setiap 24 jam. Sedangkan pada *static non renewal*, larutan uji yang dipaparkan pada hewan uji menggunakan larutan yang sama selama pengujian. Dalam melakukan pengujian, pengenceran dilakukan terlebih dahulu apabila hanya sedikit informasi terkait air limbah, sedangkan presentase pengenceran yang disarankan yaitu 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; dan 100% (USEPA, 2000).

Tahapan uji WET adalah (USEPA 2002):

1. Persiapan influen dan efluen sampel air untuk uji toksisitas
2. Uji *preliminary* toksisitas *range-finding*
3. Uji toksisitas *Multi-Concentration (Definitive)*
4. Uji air (Umumnya dilakukan uji air dengan konsentrasi 100% atau control).
5. Jumlah organisme uji
6. Uji replika
7. Menunggu uji organisme
8. Pemberian makan
9. Uji temperatur
10. *Stress* (Meminimalkan tingkat *stress* pada organisme uji dengan menghindari gangguan yang tidak perlu)
11. *Dissolved Oxygen Concentration*
12. Durasi uji

Selama proses pengujian, perlu dilakukan evaluasi dengan dua kontrol, yaitu kontrol air 100% dan kontrol limbah 100%. Kedua kontrol ini harus dilakukan pada waktu yang sama dan dibandingkan untuk menentukan keberadaan toksisitas dalam air (Fleming, 2004). Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji. Seri pengenceran ini penting untuk dilakukan agar memperoleh hasil yang tepat dan dapat diandalkan (USEPA, 2000).

2.4 Hewan Uji (*Macrobrachium rosenbergii*)

Perubahan kualitas lingkungan perairan yang semakin memburuk seiring dengan bertambahnya waktu menyebabkan kehidupan biota di ekosistem perairan terganggu. Biota yang hidup di lingkungan perairan beraneka ragam, sehingga terdapat kriteria dalam menentukan organisme dalam suatu uji toksisitas, yaitu spesies uji yang memiliki spektrum kepekaan yang luas, spesies harus tersedia dalam

jumlah yang cukup dengan distribusi yang luas di alam, spesies harus mewakili ekosistem yang mungkin menerima dampak, spesies memiliki peran penting baik dalam artian rekreasi, komersil maupun ekologis (USEPA, 2002)

Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) adalah salah satu jenis udang air tawar dan komoditas perikanan yang bernilai ekonomi tinggi dengan nilai pasar yang luas serta digemari masyarakat (Khairuman, 2004). Udang galah memiliki ukuran tubuh yang cukup besar dan merupakan udang paling populer dari keseluruhan udang air tawar yang mempunyai nilai pasar baik domestik maupun luar negeri (Priyono *et al.*, 2011). Secara umum udang galah mempunyai karakteristik morfologi tubuh beruas-ruas yang masing-masing dilengkapi sepasang kaki renang, kulit keras dari chitin, dan pleura kedua menutupi pleura pertama dan ketiga. Badan terdiri atas 3 bagian, yaitu bagian kepala dan dada yang bersatu membentuk kepala dada (*cephalothorax*), bagian badan (*abdomen*), dan bagian ekor (*uropoda*). Pada saat larva, udang galah terdiri dari 11 stadia yang berlangsung selama 40 hari hingga terbentuk organ yang secara morfologis sudah mirip dengan udang dewasa (Alif, 2009).



Gambar 2.1 Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*)

Kualitas air media pemeliharaan udang galah pada tahap *juvenile* yaitu temperatur air 28-30 °C, derajat keasaman 7-8,5 dan kandungan oksigen terlarut lebih dari 5 mg/L. Periode makan udang terjadi 2 kali dalam sehari yaitu pada pagi dan sore atau malam hari. Bagi tubuh udang, pakan merupakan sumber energi yang berfungsi pada sistem metabolisme untuk menggerakkan semua fungsi tubuh dan bahan untuk membangun biomassa tubuh (Erlando *et al.*, 2015). Intensitas makan akan mengalami peningkatan pada ukuran udang yang semakin besar dan dewasa. Pemberian makanan tambahan pada udang galah berupa pellet (25% protein) dengan jumlah pakan 5% dari berat total biomassa populasi udang perhari (SNI 01-6486.3-2000).

Setiap hewan uji yang diperlukan untuk penelitian toksikologi dilakukan pemilihan berdasarkan tingkat trofis masing-masing pada piramida rantai makanan. Terdapat beberapa jenis organisme yang mewakili setiap tingkat trofis dalam piramida rantai makanan dan biasa digunakan dalam uji toksisitas (Soemirat, 2003):

1. Organisme trofis tingkat 1
Dapat digunakan algae air tawar *Selenastrium capricornatum*, *Scenedesmus subspicatus* dan *Chlorella vulgaris*, dimana spesies tersebut dapat tumbuh dengan cepat dan mudah dikultur.
2. Organisme trofis tingkat 2
Mewakili organisme akuatik air tawar *Daphnia magna* sedangkan akuatik laut digunakan *Artemia salina*.
3. Organisme trofis tingkat 3
Tidak termasuk dalam uji toksisitas, karena secara biokimia dan fisiologi relatif sama dengan organisme tingkat 4, sehingga respons terhadap senyawa toksik relatif sama.
4. Organisme trofis tingkat 4
Pada tingkat ini diwakili oleh ikan, jenis yang paling sering digunakan adalah *Rainbow trout (Salmo gairdneri)*, *blue gilled sunfish (Lepomis macrochirus)*. Untuk di Indonesia biasa digunakan ikan mujair (*Tilapia mozambica*), ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).
5. Organisme trofis tingkat 5
Merupakan konsumen pada tingkat atas dari rantai makanan, yang dapat menerima efek paling merugikan. Biasanya diwakili oleh kelompok burung-burungan

Untuk memperkirakan dampak toksikologis dari banyaknya bahan kimia yang beracun dalam lingkungan dapat diuji menggunakan spesies yang merepresentasikan lingkungan yang ada di perairan tersebut. Kriteria organisme yang cocok untuk digunakan sebagai uji hayati tergantung pada beberapa faktor diantaranya:

1. Organisme harus peka terhadap zat toksik dan perubahan lingkungan.
2. Penyebarannya luas dan mudah didapat dalam jumlah yang banyak.
3. Mempunyai arti ekonomi, rekreasi dan kepentingan ekologi baik secara daerah maupun nasional.
4. Memiliki proses pemeliharaan yang mudah dalam skala laboratorium.
5. Mempunyai kondisi yang sehat, bebas dari penyakit dan parasit.
6. Sesuai untuk kepentingan uji hayati.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini menggunakan hewan uji udang galah karena termasuk pada organisme trofis tingkat 2 dan dapat memenuhi beberapa kriteria dari hewan uji.

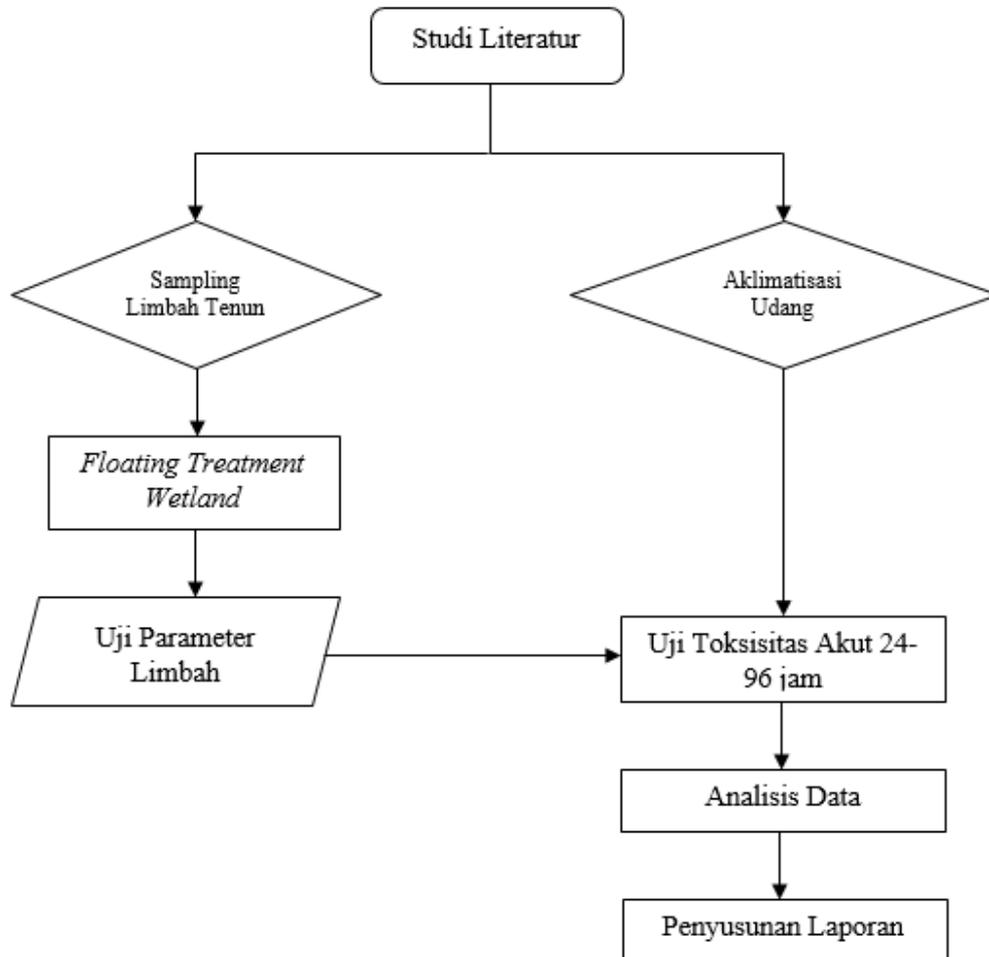
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan, berikut merupakan diagram alir metode penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan kajian pustaka. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel limbah tenun dan aklimatisasi. Proses aklimatisasi dilakukan selama 7 hari, sehingga selama proses tersebut dapat dilakukan pengambilan sampel air limbah yang mengacu pada SNI 6989.59-2008. Sampel kemudian diuji parameter fisik-kimianya seperti COD, TSS, pH, EC, TDS, warna, dan suhu. Data yang diperoleh kemudian dianalisis.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu aerator, reaktor aklimatisasi dengan volume 24 L yang memiliki dimensi 40 cm x 30 cm x 20 cm dan reaktor uji toksisitas dengan volume 4,5 L yang memiliki dimensi 15 cm x 15 cm x 20 cm, *beaker glass* 1000 mL, *beaker glass* 100 mL, pH meter, DO meter, botol sampel, jeriken, thermometer, neraca analitik, sendok sugu/sendok tandu, cawan petri, labu Erlenmeyer, pipet volum, dan kertas label. Sedangkan untuk bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah hewan uji yaitu udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*), air limbah tenun, aquades, dan larutan asam sulfat, pakan udang (*artemia*).

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km 14,5 Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel uji yang digunakan berasal dari limbah cair yang sudah diolah dengan metode *floating wetlands*. Penelitian dilakukan selama bulan Maret-Mei.

3.4 Desain Reaktor

Pada saat proses aklimatisasi, udang menyesuaikan diri dalam reaktor aklimatisasi dengan volume 24 L yang memiliki dimensi panjang 50 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 30 cm dengan tebal kaca 5 mm. Reaktor aklimatisasi dilengkapi dengan aerator. Reaktor yang berfungsi untuk wadah pemaparan, pemeliharaan, dan lain-lain yang terkena air limbah dan pengenceran terbuat dari kaca borosilikat atau plastik yang sudah dibersihkan agar sebisa mungkin untuk meminimalkan serapan dan pelepasan bahan beracun dan dapat digunakan kembali setelah dibersihkan (USEPA, 2002). Sedangkan pada proses pengujian, digunakan reaktor dengan dimensi panjang 15 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 20 cm. Pada proses ini digunakan 12 reaktor karena konsentrasi yang digunakan sebanyak 6 variasi, yaitu 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, 100%, serta satu control.



Gambar 3.2 Reaktor Aklimatisasi



Gambar 3.3 Reaktor Uji

3.5 Sampling Air Limbah

Lokasi sampel limbah ini diambil di bak penampung dari beberapa rumah industri tenun Desa Troso, Jepara. Limbah yang diambil merupakan air limbah sisa dari proses pewarnaan dan pencucian di industri tersebut. Sedangkan dalam penelitian ini, limbah yang digunakan merupakan limbah hasil pengolahan menggunakan metode *floating wetlands*.

3.6 Uji Parameter

Sampel limbah tenun Troso ini perlu dilakukan uji parameter sebagai data penunjang dalam uji toksisitas. Beberapa parameter kualitas air limbah yang diuji mengacu pada Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk industri tekstil, yaitu:

Tabel 3.1 Parameter Uji Air Limbah

Parameter	Satuan	Metode	Acuan
COD	mg/L	Refluks tertutup secara Titrimetri	SNI 06-6989.15-2004
pH	-	pH-meter	SNI 06-6989.11-2004
TSS	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.72-2009
Suhu	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
TDS	mg/L	Gravimetri atau konduktiviti meter	SNI 06-6989.27-2004
DO	mg/L	Titration Secara Iodometri (Modifikasi Azida)	SNI 06-6989.14-2004

3.7 Aklimatisasi Hewan Uji

Proses penyesuaian dilakukan agar hewan uji dapat beradaptasi terhadap lingkungan baru. Untuk udang galah, proses aklimatisasi minimal berlangsung selama 7 hari. Dalam skala laboratorium, aklimatisasi dapat dilakukan sistem resirkulasi. Pemberian pakan untuk udang galah dilakukan secara berkala dengan makanan hidup, hal ini dilakukan untuk mencegah sifat kanibalisme pada udang galah muda oleh udang dewasa. Kepadatan pakan yang disarankan adalah 2-3 artemia per mL dan kadar pemberian pakan adalah 150 artemia per udang per hari (USEPA, 1991).

Kualitas air untuk aklimatisasi udang galah perlu diperhatikan, untuk suhu air 28-30 °C, pH 7-8,5 dan kandungan oksigen terlarut lebih dari 5 mg/L. Sebelum dilakukan uji toksisitas, dibutuhkan proses seleksi pada udang dengan kategori yang sehat, tidak mengalami perubahan warna dan angka kematian kurang dari 10%. Jika udang yang telah melalui proses aklimatisasi ternyata memiliki tanda tidak sehat maka harus diganti dengan yang baru. Udang dapat dikategorikan sehat apabila memiliki gerakan yang aktif, warna kulit yang cerah dan bersih, anggota tubuh serta ekor yang utuh, insang berwarna kemerahan dan cerah, dan memiliki mata yang bening.

3.8 Uji Pendahuluan

Setelah dilakukan penyesuaian melalui uji aklimatisasi, udang dipindahkan ke reaktor uji toksisitas dengan presentase konsentrasi pengenceran limbah yang berbeda, yaitu konsentrasi 0% sebagai kontrol uji, 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; dan 100% yang dilakukan secara duplo. Uji pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi terendah dimana semua hewan uji mati dalam selang waktu 24 jam (Fleming, 2004). Reaktor yang digunakan untuk pengujian berbahan gelas borosilikat (kaca) atau plastik sisa yang sudah dibersihkan dengan volume air minimal 500 mL untuk 10 ekor udang (Satapornvanit, 2009). Saat pengujian dilakukan aerasi karena konsentrasi oksigen terlarut yang rendah akan berdampak pada hasil uji dan juga dilakukan pengukuran DO, pH, dan suhu selama proses pengujian.

Jika terjadi kematian seluruh hewan uji sebelum 24 jam pengujian, maka konsentrasi terendah dengan mortalitas 100% dikalikan dengan faktor pengenceran sebesar 0,5 sebagai konsentrasi tertinggi pengujian (USEPA, 2000). Hasil dari konsentrasi tersebut nantinya akan digunakan pada pengujian toksisitas. Apabila reaktor kontrol udang bertahan $\geq 90\%$ populasi maka hasil pengujian dapat diterima (USEPA, 1991).

3.9 Uji Toksisitas

Uji toksisitas dilaksanakan dalam waktu 24-96 jam dengan tipe static non renewal dimana proses pengujian dilakukan dengan memaparkan limbah yang sama pada hewan uji sampai akhir pengujian dan dilakukan di laboratorium (USEPA, 2000). Dalam pengujian digunakan 20 ekor udang dalam satu reaktor dengan minimal 2 replika. Hasil uji dapat dikatakan layak apabila ketahanan udang pada reaktor kontrol 90% (USEPA, 1991). Kematian hewan uji dapat disebabkan karena kurangnya adaptasi dari hewan terhadap ruang/wadah dan pakan yang diberikan, kegagalan *moulting* serta kanibalisme (Gustianty, 2016).

Aerasi pada setiap reaktor uji diperlukan dalam proses ini dengan tujuan agar memperoleh hasil yang lebih akurat dan efek yang terjadi benar-benar disebabkan oleh bahan uji, bukan karena kekurangan oksigen selama masa pengujian. Jumlah kematian udang selama pengujian dihitung setiap 24 jam. Kemudian hasil pengamatan dianalisa menggunakan analisa probit.

3.10 Analisis Data

Metode Spearman-Kärber dan metode probit merupakan beberapa metode yang digunakan untuk mengolah data uji toksisitas. Apabila pada kontrol terdapat angka kematian, pada konsentrasi rendah tidak ada kematian, atau pada konsentrasi tinggi terdapat kematian, maka metode grafik dapat digunakan. Jika terjadi penurunan tingkat mortalitas yang diiringi dengan peningkatan kadar limbah yang diujikan, maka metode Spearman-Kärber dapat digunakan. Sedangkan untuk metode Probit digunakan apabila mortalitas hewan uji mengalami peningkatan di tiap kenaikan kadar limbah. Input data berupa mortalitas di tiap kadar sampel dan waktu uji, sedangkan output berupa nilai LC_{50} yang dapat menunjukkan toksisitas dari sampel air limbah yang diujikan. Nilai LC_{50} juga bergantung pada nilai karakteristik limbah cair yang dipaparkan, semakin tinggi konsentrasinya maka semakin besar dampak yang di timbulkan kepada hewan uji.

Untuk menentukan titik perkiraan LC_{50} pada uji WET digunakan konsep konsentrasi-respon. Kurva yang dihasilkan berbentuk s(sigmoid), dilinearakan oleh variasi transformasi data (transform probit) untuk membantu dalam penggambaran kesimpulan relasi. Prakiraan titik konsentrasi efek dapat dihitung dari kurva konsentrasi-respon linier. Konsentrasi efek seperti LC_{50} digunakan untuk melaporkan hasil uji WET. Hasil pengujian dapat diterima jika kematian control saat pengujian <10% (USEPA, 2000).

Analisis probit digunakan untuk menghitung LC_{50} dengan presentase air limbah tertentu melalui pengolahan data sebagai berikut:

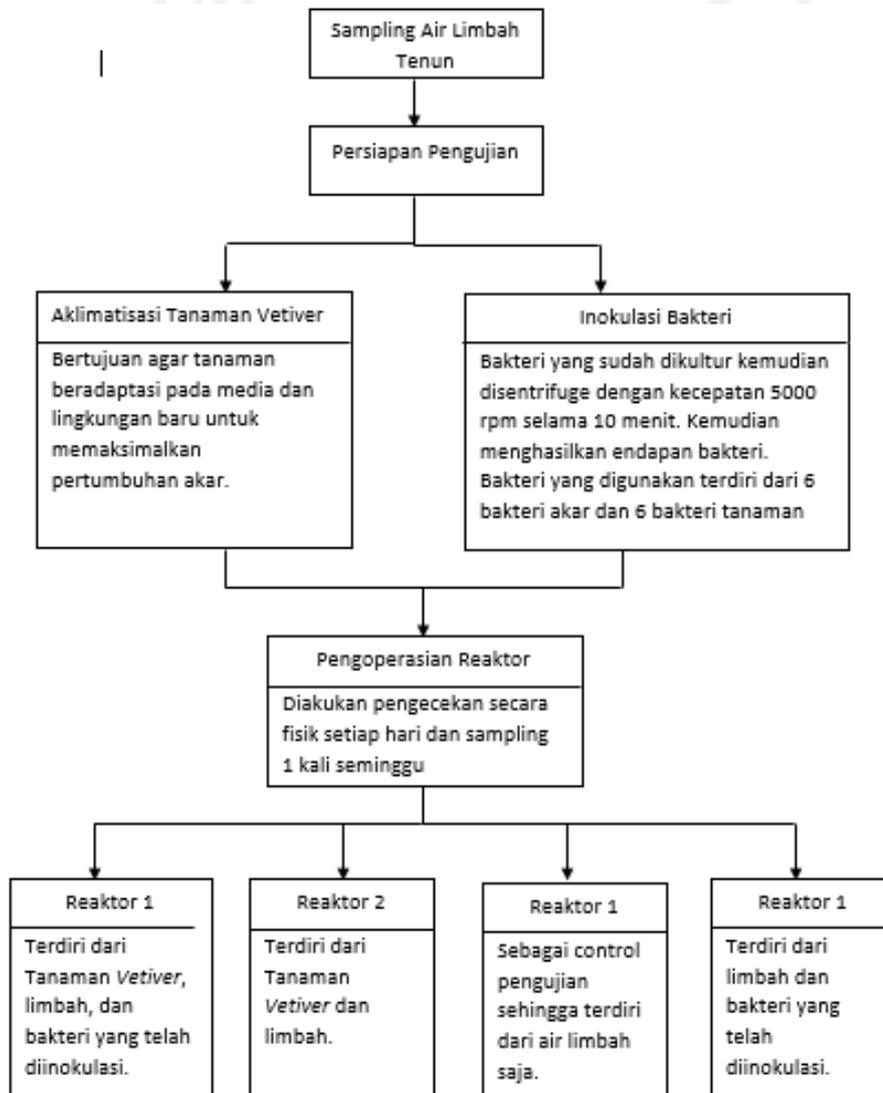
1. Pembuatan grafik konsentrasi-respon, yaitu dengan menghubungkan konsentrasi limbah dengan presentase mortalitas pada waktu 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Konsep konsentrasi-respon merupakan dasar untuk menentukan titik perkiraan LC_{50} pada uji WET.
2. *Toxic Unit* (TU)

Toxic Unit (TU) merupakan ukuran toksisitas pada suatu effluent sebagai penentu satuan toksisitas akut (Tua) atau toksisitas kronis (Tuc). Semakin besar TU, semakin besar tingkat toksisitasnya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

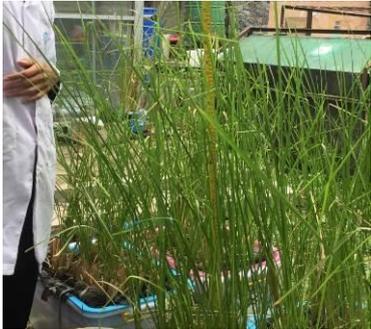
Air limbah yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil pembuangan dari industri tenun di Desa Troso, Jepara yang berasal dari proses pencucian dan pewarnaan kain tenun. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung di Desa Troso pada bulan Desember 2019. Air limbah tersebut diolah selama 4 minggu menggunakan metode *Floating Treatment Wetlands* dimana reaktor yang digunakan merupakan rangkaian dari kontainer dan keranjang yang berbahan plastik. Pada penelitian ini, reaktor dirancang memiliki sistem yang *continuous* dimana air yang digunakan dalam reaktor dapat disirkulasikan kembali. Proses pengolahan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:

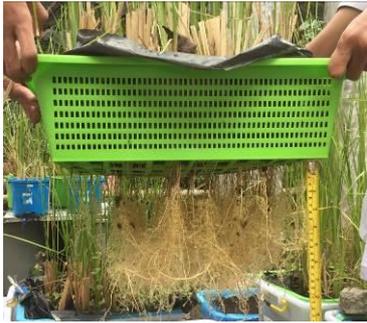


Gambar 4.1 Skema Pengoperasian Reaktor

Reaktor yang digunakan merupakan kontainer plastik berdimensi 50 cm x 35 cm x 30 cm yang memiliki volume 53 liter. *Floating Treatment Wetlands* disusun di dalam keranjang yang terdapat lubang di bawahnya yang berfungsi sebagai media pertumbuhan akar tanaman *Vetiver*. Keranjang ini disusun dengan beberapa komponen sebagai media tanam yaitu paling dasar 3 cm kerikil, 2 cm serabut kelapa, 3 cm pasir, dan 4 cm tanah dengan masing-masing keranjang ditanami sebanyak 15 batang tanaman *Vetiver*. Dari keempat jenis reaktor, memiliki kondisi yang berbeda-beda yang akan dijelaskan pada Tabel 4.1 berikut:

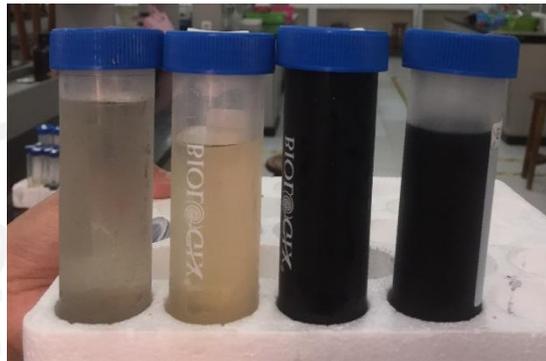
Tabel 4.1 Perbedaan 4 Jenis Reaktor Pengolahan Limbah

No	Nama Reaktor	Kondisi Tanaman Sebelum Pengolahan	Kondisi Tanaman Sesudah Pengolahan	Keterangan
1.	Reaktor 1			Reaktor ini terdiri dari tanaman <i>Vetiver</i> , bakteri dan limbah. Bakteri yang digunakan merupakan 6 jenis bakteri akar dan 6 bakteri tanaman.
				
2.	Reaktor 2			Reaktor 2 ini terdiri dari tanaman <i>Vetiver</i> dan limbah.

				
3.	Reaktor 3			Reaktor ini terdiri dari limbah saja sehingga reaktor 3 sebagai kontrol pengujian
4.	Reaktor 4			Reaktor 4 terdiri dari limbah dan bakteri. Bakteri yang digunakan sama dengan bakteri pada reaktor 1.

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa tanaman *Vetiver* memiliki peranan penting dalam pengolahan air limbah tenun. Hal tersebut terjadi karena tanaman *Vetiver* memiliki kemampuan untuk menyerap polutan dalam air limbah dan juga memiliki toleransi yang tinggi terhadap polutan (Komarawidjaja, 2015). Perubahan fisik yang terjadi pada tanaman *Vetiver* dapat dilihat dari akar tanaman yang berubah menjadi warna hitam karena akar tanaman digunakan untuk menyerap polutan yang kemudian diakumulasi pada bagian tanaman. Sehingga warna daun berubah menjadi kuning karena kadar polutan yang tinggi mengakibatkan terganggunya proses metabolisme pada tanaman (Tampubolon, 2017).

Air limbah tenun ini memiliki warna hitam pekat yang disebabkan karena tidak semua zat warna yang digunakan diserap oleh serat kain. Secara penampilan fisik, polutan bahan pewarna akan merepresentasikan keberadaan senyawa-senyawa pada sampel air limbah (Haryono, 2018). Setelah melalui proses pengolahan, warna dari limbah mengalami perubahan, dimana reaktor 1 dan reaktor 2 yang diolah menggunakan tanaman menjadi berwarna coklat bening, sedangkan limbah awal berwarna hitam pekat. Perbedaan tersebut dapat dilihat melalui Gambar 4.1.



Gambar 4.2 Limbah hasil pengolahan (dari kiri: reaktor 1, reaktor 2, reaktor 3, reaktor 4)

Pengujian parameter fisik-kimia dilakukan sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yaitu tentang Baku Mutu Air Limbah. Parameter yang diujikan yaitu pH, BOD, COD, TDS, Kadmium, dan amonia. Batas maksimum air limbah tekstil berdasarkan peraturan tersebut dapat dilihat melalui Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Beban Pencemaran Maksimum Limbah Tekstil

NO	PARAMETER	KADAR MAKS (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)							
			Tekstil Terpadu	Pencucian Kapas, Pemintalan Penunanan	Perekatan (Sizing) Desizing	Pengikisan, Pemasakan (Klering, Scouring)	Pemucatan (Bleaching)	Merseri sasi	Pencelupan (Dyeing)	Pencetakan (Printing)
1.	Temperatur	38 °C	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	BOD ₅	60	6,00	0,42	0,6	1,44	1,08	0,9	1,2	0,36
3.	COD	150	15,0	1,05	1,5	3,6	2,7	2,25	3,0	0,9
4.	TSS	50	5,00	0,35	0,5	1,2	0,9	0,75	1,0	0,3
5.	Fenol total	0,5	0,05	0,004	0,005	0,012	0,009	0,008	0,01	0,003
6.	Khrom total (Cr)	1,0	0,10	-	-	-	-	-	0,02	0,006
7.	Amoniak total (NH ₃ -N)	8,0	0,80	0,056	0,08	0,192	0,144	0,12	0,16	0,048
8.	Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03	0,002	0,003	0,007	0,0054	0,005	0,006	0,002
9.	Minyak dan lemak	3,0	0,30	0,021	0,03	0,07	0,054	0,045	0,06	0,018
10.	pH		6,0 - 9,0							
11.	Debit Maksimum (m ³ /ton produk tekstil)		100	7	10	24	18	15	20	6

Proses pengolahan menggunakan reaktor ini berlangsung selama 4 minggu. Selain dari penampilan fisiknya, air limbah juga dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter kualitas air. Setiap hari dilakukan pengecekan terhadap pH, suhu, Cd, dan TDS serta sampling satu minggu sekali untuk menguji kadar COD dan warna pada air limbah. Hasil pengujian pada parameter lain juga mengalami perubahan dan dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Limbah Tenun Troso

No	Parameter	Satuan	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4	Baku Mutu
1	Suhu	°C	25,50	26,90	25,20	25,10	38
2	pH	-	7,00	6,85	8,45	8,35	6,0-9,0
3	TDS	Ppm	8280,00	8695,00	12290,00	12230,00	
4	TSS	mg/L	342,00	303,00	1525,00	1067,00	50
4	Cd	ms	12,40	13,04	18,40	18,35	
5	COD	mg/L	284,38	180,63	1137,52	865,63	150
6	BOD	mg/L	127,12	84,64	280,61	263,22	60
7	Amonia	mg/L	4,88	3,47	15,75	14,96	8,0
8	Warna	ptco	51,21	48,36	838,21	768,57	200

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa secara keseluruhan untuk parameter TSS, COD, dan BOD dari reaktor 1, reaktor 2, reaktor 3, dan reaktor 4 masih melebihi baku mutu yang ditentukan, tetapi untuk hasil pengolahan dari reaktor 2 yang terdiri dari tanaman Vetiver dan limbah memiliki hasil pengolahan yang paling maksimal, walaupun jika dilihat secara keseluruhan masih melebihi baku mutu. Hasil pengujian dari reaktor 2 menunjukkan bahwa pengolahan tersebut dapat menurunkan semua parameter paling efektif dan memungkinkan untuk mencapai batas baku mutu apabila pengujian berlangsung lebih lama. Sedangkan reaktor 1 dan 4 menunjukkan hasil yang kurang maksimal. Hal tersebut terjadi karena bakteri yang terdapat di dalam reaktor bekerja kurang maksimal. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, bakteri endofit memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik yang ada di lingkungan akuatik, yang disebabkan karena adanya aktifitas enzimatis gabungan dari bakteri dan tanaman yang mengubah bahan organik menjadi metabolit sederhana.

Kinerja dari keempat reaktor pengolahan ini memiliki efektifitas yang berbeda-beda dalam mereduksi polutan. Adanya bahan organik dan anorganik yang ada di dalam air limbah juga memengaruhi kualitas air limbah itu sendiri. Hasil pengujian parameter kualitas air limbah dari tabel 4.3 dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Suhu

Perubahan suhu dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan cuaca. Berdasarkan pengujian, suhu air limbah dari reaktor 1, reaktor 2, reaktor 3, dan reaktor 4 berada dikisaran 25°C-27°C. Hasil tersebut menunjukkan masih dalam batas normal. Suhu yang ekstrem dapat memengaruhi berbagai laju reaksi kimia, baik dalam tubuh organisme maupun pada lingkungan (Fatimah, 2006).

2. Derajat Keasaman (pH)

Dari hasil pengukuran, pH dari keempat reaktor masih di bawah baku mutu. Tetapi, kisaran untuk pH air yang tidak tercemar yaitu antara 6,0-7,0. Sehingga pada reaktor 3 dan reaktor 4 dapat diindikasikan bahwa sampel limbah dari reaktor tersebut memiliki kadar polutan yang tinggi. Tingginya nilai pH pada limbah tenun terjadi karena pada saat proses merserisasi

menggunakan bahan kimia NaOH dan pada proses *scouring* menggunakan detergen dan sabun (EMDI, 1994).

3. *Total Suspended Solid (TSS)*

Pada reaktor 1 dan reaktor 2 memiliki kadar TSS yang relatif sama. Sedangkan pada reaktor 3 dan reaktor 4 memiliki kadar TSS yang sangat tinggi. Hal tersebut terjadi karena pada reaktor 1 dan 2 terdapat proses pengolahan yang dapat menyaring bahan-bahan tersuspensi pada air limbah. Zat TSS pada air limbah akan tertahan pada material tanah, kerikil dan pasir yang tersusun serta tertahan pada akar tanaman *Vetiver*.

4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Nilai COD pada setiap reaktor masih di atas baku mutu. Untuk reaktor 2 memiliki nilai COD yang mendekati baku mutu yaitu 180 mg/L. Sedangkan untuk reaktor 3 dan 4 sangat jauh di atas baku mutu. Tingginya kadar COD pada limbah tenun ini disebabkan karena adanya proses pewarnaan yang menggunakan fenol dan logam (kromium), juga adanya bahan penghilang kanji yang umumnya zat asam (EMDI, 1994). Pada reaktor 1 dan 4 memiliki pengolahan dengan ditambahkan bakteri. Bakteri yang terus berkembang biak dapat memicu kompetisi yang menyebabkan proses degradasi kadar COD berkurang (Miwada, 2006). Hal itu menyebabkan pada reaktor 1 memiliki hasil yang kurang maksimal meskipun terdapat tanaman *Vetiver*.

5. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Kadar BOD merupakan nilai oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme aerob dalam proses oksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air (Effendi, 2003). Berdasarkan pengujian yang dilakukan, kadar BOD dari 4 reaktor ini jauh melebihi baku mutu. Tetapi setelah dilakukan pengolahan pada reaktor 1 dan reaktor 2 menunjukkan perbedaan yang signifikan.

6. Amonia

Dari hasil pengujian, reaktor 1 dan reaktor 2 memiliki kadar ammonia dibawah baku mutu. Hal tersebut dikarenakan ammonia yang terdapat dalam limbah terserap ke dalam bahan tersuspensi sehingga terserap oleh tanaman *Vetiver*. Sedangkan reaktor 3 dan 4 memiliki kadar amonia yang melebihi baku mutu.

7. Warna

Parameter warna dapat menunjukkan kualitas dari air limbah tenun. Pada penelitian ini, air limbah yang digunakan berwarna hitam pekat, hal itu menunjukkan tingginya polutan yang terkandung pada air limbah. Setelah dilakukan pengolahan, air limbah dari reaktor 1 dan 2 mengalami perubahan yang signifikan, karena adanya penyerapan yang dilakukan oleh tanaman *Vetiver*, sedangkan untuk reaktor 3 dan 4 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan.

Hasil dari pengujian di atas menunjukkan bahwa limbah dari reaktor 2 memiliki hasil pengolahan yang paling efektif dan reaktor 3 yang tidak diolah memiliki kadar polutan paling tinggi. Apabila limbah tanpa pengolahan langsung di buang ke sungai maka dapat menyebabkan pencemaran dan akan mengganggu ekosistem di perairan. Meskipun limbah dari reaktor 2 memiliki hasil pengolahan

yang paling baik, tetapi masih terdapat parameter yang di atas baku mutu, sehingga hasil pengolahan limbah dari reaktor 2 ini masih memerlukan pengujian lanjutan mengenai uji toksisitas kronis pada hewan uji lain seperti ikan nila atau *Daphnia magma* agar dapat diketahui kelayakan air limbah hasil dari pengolahan untuk dibuang ke sungai. Proses pengolahan ini akan lebih baik apabila ditambah pengolahan tambahan untuk meningkatkan hasil limbah yang lebih maksimal demi menjaga keseimbangan ekosistem sungai. Selain sebagai tempat hidup hewan air, sungai juga dijadikan sumber air utama bagi manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Untuk mengetahui kadar toksisitas dari air limbah tenun ini, maka perlu dilakukan uji toksisitas yang dilakukan terhadap hewan uji Udang Galah menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity*.

4.2 Hewan Uji

Udang galah yang memiliki nama latin *Macrobrachium rosenbergii* ini merupakan salah satu hewan yang sensitif terhadap kondisi lingkungan terutama terhadap perubahan yang terjadi akibat bahan pencemar, sehingga hewan ini dapat dijadikan sebagai salah satu indikator terhadap pencemaran air (Mongabay, 2013). Selain itu, udang galah juga merupakan salah satu jenis udang air tawar yang bernilai ekonomi tinggi yang memiliki pasaran yang cukup luas dan gemar dikonsumsi oleh masyarakat (Khairuman, 2004).

Udang galah memiliki sifat sangat sensitif terhadap pH dan kadar oksigen terlarut di dalam air. Sehingga saat dilakukan aklimatisasi air yang digunakan memiliki pH kisaran 6,5-8,5 dan kadar oksigen terlarut >5 mg/L. Sifat kanibalisme juga dimiliki oleh udang galah, hal itu terjadi apabila udang hidup dalam kolam dengan kepadatan yang tinggi atau saat ketersediaan makanan kurang (Soetarno, 2006). Selain kanibalisme, udang galah biasanya memangsa sesamanya yang sedang melakukan proses ganti kulit, karena pada saat ganti kulit udang memiliki bau yang mengandung asam amino sehingga memicu udang lain yang sehat untuk memangsa (Irianti, 2016).



Gambar 4.3 Lokasi Pengambilan Udang Galah, UKBAP Samas, Bantul

Dalam penelitian ini, udang galah diperoleh dari Unit Kerja Budidaya Air Payau (UKBAP) Samas, Kabupaten Bantul. Saat pembelian, udang masih dalam tahapan benur yang berusia 30 hari yang memiliki berat sekitar 0,2 gram dan panjang 2-3 cm. Sebelum dilakukan pengujian, udang galah dilakukan aklimatisasi terlebih dahulu selama 10 hari, sehingga usia saat pengujian kurang lebih 40 hari. Kualitas benur udang dari habitatnya memiliki peran penting dalam penelitian ini. Benih dapat dikatakan baik apabila memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, daya adaptasi lingkungan dengan baik, dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap penyakit. Apabila dilihat secara fisik, benih yang baik merupakan benih yang tidak cacat, bergerak lincah dan aktif berenang ketika dipindahkan ke wadah lain (Khasani, 2008).

4.3 Uji Aklimatisasi

Pengujian aklimatisasi ini diperlukan untuk memastikan bahwa udang galah layak digunakan sebagai hewan uji. Pada pengujian ini, aklimatisasi dilakukan selama 10 hari, dimana 2 hari pertama merupakan hari penyesuaian udang galah dari habitat asal. Selama aklimatisasi, pemberian pakan dilakukan sebanyak 2 kali sehari yaitu pagi dan sore hari menggunakan denol dengan dosis yang sesuai, yaitu 3% dari biomassa udang (Agus, 2016). Saat aklimatisasi juga diberi aerator untuk masing-masing akuarium agar kadar oksigen di dalam airnya tetap stabil. Untuk mengetahui layak atau tidaknya hewan uji tersebut, terdapat beberapa parameter kualitas air yang diukur setiap hari, yaitu derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), dan temperatur.

Tabel 4.4 Data Uji Aklimatisasi

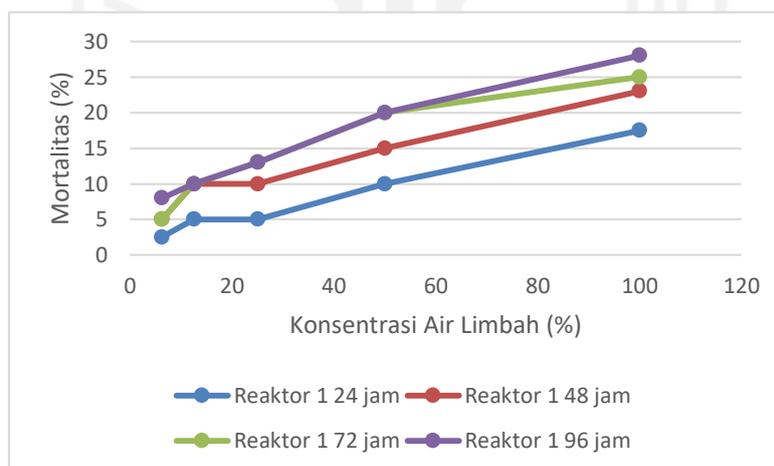
No	Har i ke-	Suhu		pH		DO		Kematian	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1.	1	26,3	27,4	7,8	7,8	8,6	8,5	4	3
2	2	26,5	26,8	7,6	7,6	8,7	8,4	2	3
3	3	26,8	26,1	7,6	7,8	8,5	8,5	2	1
4	4	25,8	25,9	7,9	7,9	8,7	8,6	1	0
5	5	26,2	26,3	7,9	8	8,4	8,4	0	0
6	6	27,8	27,3	7,9	8,1	8,8	8,5	0	0
7	7	26,5	26,8	7,9	7,8	8,8	8,6	0	0
8	8	26,8	26,6	7,8	7,8	8,6	8,6	0	0
9	9	26,3	26,1	7,8	7,8	8,5	8,6	0	0
10	10	26,3	26,4	7,9	7,9	8,6	8,7	0	0
Total Kematian								9	7

Dari data tersebut, kualitas air untuk hewan uji berada dalam batas aman untuk udang galah, dimana pH optimal untuk udang galah yaitu kisaran 6,5-8,5, suhu 26-30°C, dan kadar oksigen terlarut > 5 mg/L. Selain kualitas air, kematian dari hewan uji juga menentukan keberhasilan dari uji aklimatisasi. Kematian udang terjadi pada hari pertama hingga hari keempat, hal tersebut terjadi karena udang galah masih dalam fase penyesuaian terhadap habitat baru. Dilihat secara keseluruhan, kematian

udang tidak melebihi 10% dari total hewan uji maka aklimatisasi dapat dikatakan berhasil. Pada pengujian ini, jumlah kematian udang galah sebanyak 16 ekor dari total 1000 ekor udang sehingga presentase kematian kurang dari 10%.

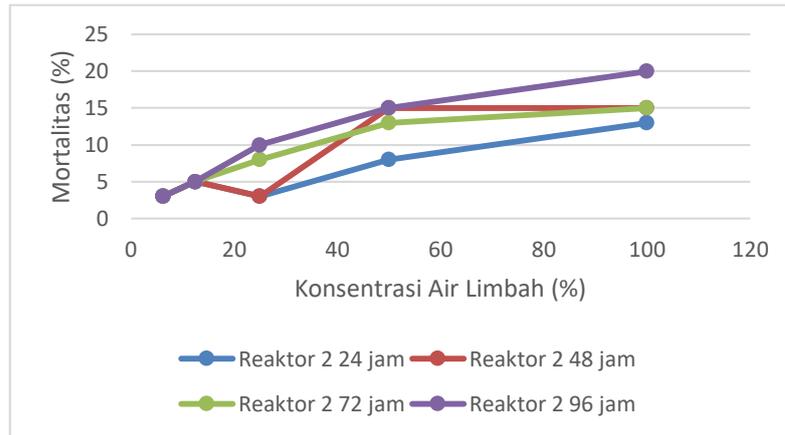
4.4 Uji Toksisitas Akut

Uji toksisitas akut dilakukan untuk mengetahui LC_{50} selama 96 jam. Pengujian dilakukan menggunakan akuarium kecil berdimensi 15 cm x 15 cm x 20 cm. Masing-masing akuarium berisi hewan uji sebanyak 20 ekor dan volume air 2 liter dengan konsentrasi pengenceran yaitu 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, kontrol pengujian dan dilakukan secara duplo pada masing-masing konsentrasi. Pengujian secara duplo dilakukan agar memperoleh sekumpulan data yang bervariasi, variasi yang diharapkan dalam penelitian tidak terlalu besar sehingga memiliki nilai kecermatan yang tinggi (Askar, 1999). Selama pengujian berlangsung, hewan uji tidak diberi pakan dan aerator, tetapi selama uji toksisitas dilakukan pengecekan kadar oksigen terlarut, suhu, dan derajat keasaman untuk mengetahui kualitas air agar tetap terjaga, sehingga kemungkinan faktor kematian berasal dari zat toksik dalam air limbah. Selain kualitas air, pengecekan juga dilakukan terhadap kematian dan perilaku udang galah. Saat uji 24 jam pertama, pengecekan dilakukan pengecekan minimal 2 kali dengan interval 3 jam dan untuk pengamatan 48-96 jam dilakukan 2 kali sehari yaitu pagi dan sore hari (Rahmawati, 2020). Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, setiap sampel limbah memiliki dampak kematian pada udang galah yang berbeda, hal itu dapat dilihat melalui Gambar 4.4 mengenai grafik perbandingan antara presentase kematian udang galah dengan presentase konsentrasi air limbah selama 96 jam.



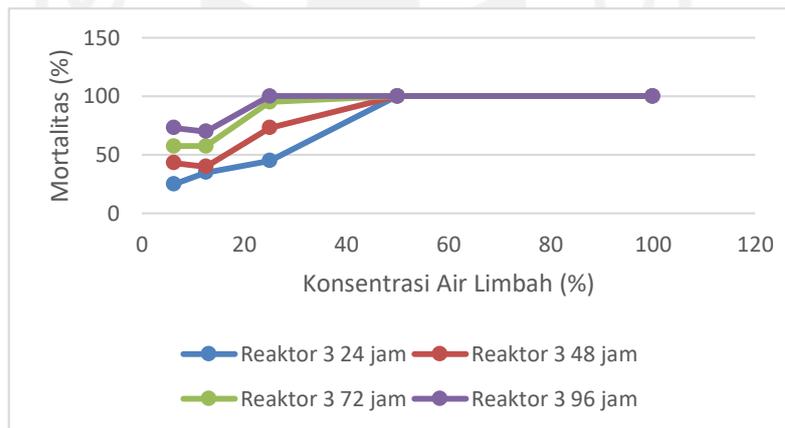
Gambar 4.4 Grafik Kematian Reaktor 1 24-96 jam

Gambar 4.4 di atas menunjukkan angka kematian tidak lebih dari 50%. Kematian tertinggi terjadi pada konsentrasi limbah 100% dengan persentase kematian sebesar 28%. Pada konsentrasi limbah 100% terdapat 6 ekor udang galah yang mati dan 4 diantaranya terjadi pada paparan 24 jam pertama. Pengukuran kualitas air limbah untuk pH berada dikisaran 6,4-7,4, untuk DO 7,6-8,1, dan untuk suhu 25-27°C.



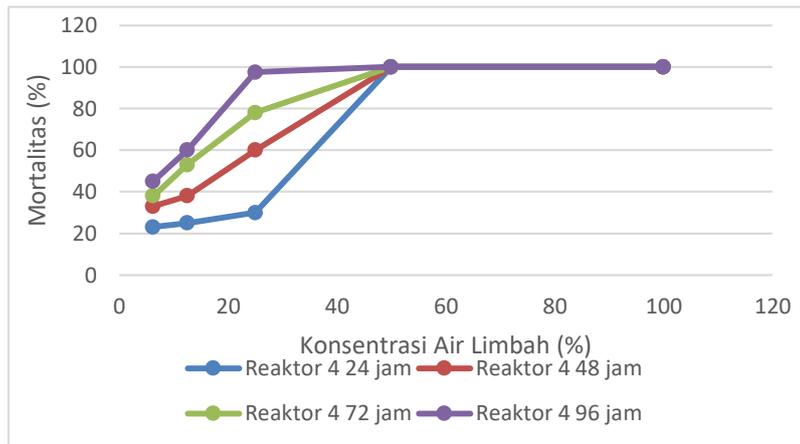
Gambar 4.6 Grafik Kematian Reaktor 2 24-96 jam

Gambar 4.5 di atas menunjukkan grafik kematian dari sampel air limbah reaktor 2. Berdasarkan grafik di atas, persentase kematian dari sampel limbah reaktor 2 memiliki nilai terendah dan kurang dari 50% kematian. Kematian tertinggi terjadi pada konsentrasi limbah 100% dengan persentase kematian sebesar 20% dimana terdapat 4 ekor udang galah yang mati dan 3 diantaranya terjadi pada 24 jam pertama paparan. Pengukuran kualitas air limbah untuk pH berada dikisaran 7,1-7,8, untuk DO 7,9-8,4, dan untuk suhu 27-27,4°C,



Gambar 4.5 Grafik Kematian Reaktor 3 24-96 jam

Berdasarkan Gambar 4.6 di atas, menunjukkan bahwa reaktor 3 memiliki persentase mortalitas yang tinggi. Pada konsentrasi air limbah 100%, 50%, dan 25% dapat mematikan 100% udang galah yaitu sebanyak 20 ekor untuk masing-masing reaktor uji pada paparan 24 jam pertama. Pengukuran kualitas air limbah untuk pH berada dikisaran 7,6-8,7, untuk DO 7,9-8,3, dan untuk suhu berada dikisaran 25-25,6°C.



Gambar 4.7 Grafik Kematian Reaktor 4 24-96 jam

Dari Gambar 4.7 di atas, menunjukkan bahwa sampel limbah dari reaktor 4 juga memiliki persentase mortalitas yang tinggi. Pada konsentrasi limbah 50% dan 100% dapat mematikan 100% udang galah yaitu sebanyak 20 ekor tiap reaktor pada paparan 24 jam pertama. Pengukuran kualitas air limbah untuk parameter pH berada dikisaran 7,3-8,3, untuk DO 7,4-8,0, dan untuk suhu kisaran 25°C.

Sampel limbah dari reaktor 1 dan 2 tidak memiliki angka kematian yang tinggi. Hal tersebut disebabkan karena sampel limbah dari reaktor 1 dan 2 telah melalui proses pengolahan dengan baik sehingga zat toksik didalamnya sebagian besar telah tereduksi meskipun nilai parameternya masih melebihi baku mutu. Hewan uji yang mati pada reaktor 1 dan reaktor 2 terjadi pada 48 jam pertama, sehingga hewan uji mampu bertahan dan beradaptasi pada polutan yang belum sepenuhnya tereduksi dari proses pengolahan. Sedangkan untuk hasil dari reaktor 3 dan 4 menunjukkan bahwa limbah dari reaktor 3 dan 4 memiliki presentase mortalitas yang tinggi. Hal tersebut disebabkan karena reaktor 3 merupakan limbah murni tanpa pengolahan apapun, sedangkan reaktor 4 merupakan hasil pengolahan limbah dengan bakteri. Jika dibandingkan dari semua reaktor, hasil tersebut berbanding lurus dengan hasil pengujian dari parameter kualitas air limbah. Udang galah mampu bertahan dengan baik pada air limbah reaktor 1 dan 2, dimana kualitas dari reaktor tersebut lebih baik dari reaktor 3 dan 4. Pada reaktor 3 dan 4, udang galah mengalami kematian 100% pada 24 jam pertama. Hal tersebut terjadi karena tubuh udang tidak bisa mentolerir zat toksik yang terkandung pada limbah, sehingga fungsi tubuh dan sistem metabolisme udang menjadi terganggu. Angka kematian hewan uji dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini, sedangkan untuk rincian kematian hewan lebih detail dapat dilihat pada Lampiran II mengenai Analisis Data Uji Toksisitas.

Tabel 4.5 Total Kematian Udang Galah Selama 96 jam

No	Reaktor (%)		Jumlah Populasi Terpapar	Total kematian			
				Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4
1.	100	1	20	6	4	20	20
		2	20	5	4	20	20
2.	50	1	20	4	3	20	20
		2	20	4	3	20	20
3.	25	1	20	3	2	20	20
		2	20	2	2	20	19
4.	12,5	1	20	2	1	15	14
		2	20	2	1	15	10
5.	6,25	1	20	2	0	14	9
		2	20	1	1	14	9
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	1
		2	20	0	1	1	1

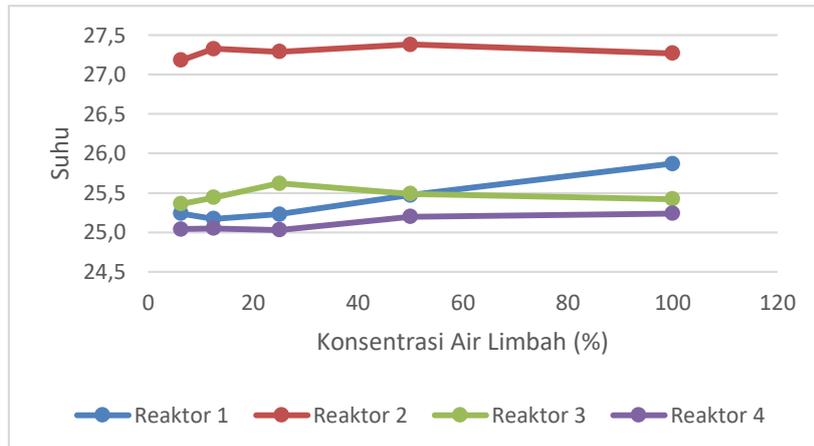
Kematian hewan uji dapat terjadi akibat dari kurangnya kadar oksigen dalam air, tetapi dalam penelitian ini, kematian hewan uji disebabkan karena zat toksik yang terdapat dalam limbah cair tenun hal itu dapat dipastikan dari hasil pengukuran kualitas air yang meliputi pH, DO dan suhu untuk kehidupan hewan uji masih dalam kisaran yang ditentukan. Hasil pengukuran kualitas air selama uji toksisitas dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini dan untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Lampiran II mengenai analisis data kualitas air limbah.

Tabel 4.6 Data Kualitas Air Uji Toksisitas

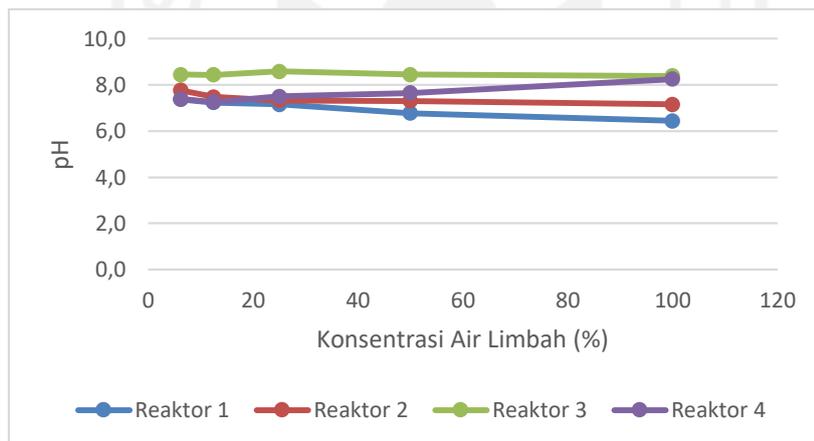
No	Reaktor	Reaktor 1			Reaktor 2			Reaktor 3			Reaktor 4			
		Suhu	pH	DO										
1.	100	1	25,9	6,4	7,8	27,3	7,1	7,9	25,5	8,4	8,0	25,2	8,2	7,6
		2	25,9	6,5	7,6	27,2	7,2	8,3	25,4	8,4	7,9	25,3	8,3	7,6
2.	50	1	25,5	6,7	7,7	27,4	7,3	8,1	25,5	8,2	7,9	25,3	7,7	7,7
		2	25,4	6,9	7,9	27,4	7,3	8,1	25,5	8,7	7,9	25,1	7,6	7,4
3.	25	1	25,2	7,1	8,1	27,2	7,3	8,0	25,7	8,6	8,2	25,0	7,6	7,9
		2	25,2	7,2	8,1	27,3	7,4	8,2	25,6	8,5	8,3	25,1	7,4	8,0
4.	12,5	1	25,2	7,3	8,1	27,3	7,3	8,2	25,5	8,4	8,3	25,0	7,3	7,9
		2	25,1	7,2	8,1	27,4	7,6	8,4	25,4	8,5	8,1	25,1	7,2	7,8
5.	6,25	1	25,3	7,3	8,0	27,2	7,7	8,3	25,4	8,5	8,2	25,0	7,4	7,9
		2	25,2	7,4	8,1	27,2	7,8	8,3	25,4	8,4	8,1	25,0	7,4	7,9
6.	K	1	27,3	7,3	8,1	27,0	7,3	8,4	25,6	7,5	8,1	25,0	7,8	7,8
		2	27,2	7,3	8,1	27,1	7,4	8,3	25,6	7,6	8,1	25,0	7,7	7,9

Berdasarkan data dari Tabel 4.6, terdapat perubahan dari kualitas air. Saat pengujian, parameter suhu pada reaktor 2 memiliki kisaran suhu yang tinggi, hal

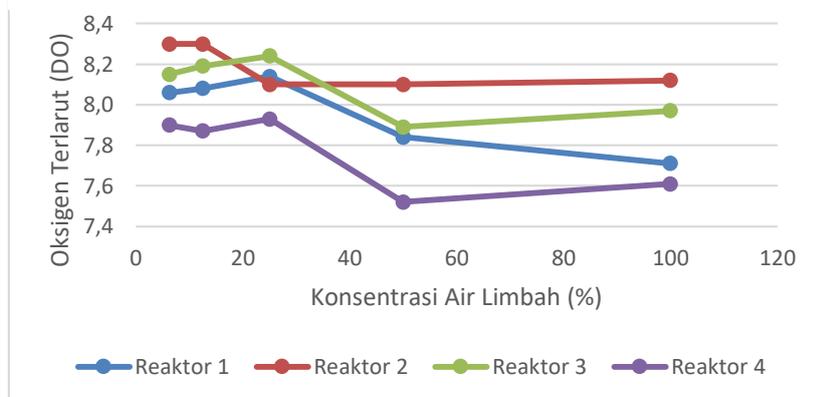
tersebut terjadi karena kondisi air limbah menyesuaikan dengan kondisi lingkungan di luar akuarium. Sedangkan untuk pH pada reaktor 3 dan 4 relatif lebih tinggi karena pada proses produksi kain tenun terdapat proses pencucian kain dengan menggunakan sabun dan detergen yang memicu air limbah bersifat basa. Untuk memperjelas perbandingan dari kualitas air selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 di bawah ini:



Gambar 4.8 Grafik Kualitas Suhu Air Limbah



Gambar 4.9 Grafik Kualitas pH Air Limbah



Gambar 4.10 Grafik Kualitas Oksigen Terlarut Air Limbah

Selama pengujian berlangsung terdapat beberapa perubahan yang terjadi secara fisik dan perilaku pada hewan uji. Masing-masing hewan uji dari setiap sampel limbah menunjukkan perubahan dan jumlah kematian yang berbeda, yaitu bergantung pada kadar polutan yang terdapat di air limbah. Semakin tinggi kadar polutan yang terkandung, maka semakin tinggi juga angka kematian hewan uji begitu juga sebaliknya. Hasil pengamatan mengenai hewan uji dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4.7 Kondisi Udang Galah Sebelum dan Sesudah Terpapar Air Limbah

No	Reaktor	Kondisi Udang Galah Sebelum Terpapar limbah	Kondisi Udang Galah Setelah Terpapar
1.	Reaktor 1		
2.	Reaktor 2		
3.	Reaktor 3		
4.	Reaktor 4		

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, udang yang terpapar limbah dari masing-masing reaktor menunjukkan perilaku yang berbeda. Saat udang dipaparkan oleh limbah dari reaktor 1 dan 2 menunjukkan reaksi yang hampir sama, yaitu saat 24 jam pertama udang-udang mulai bergerak secara aktif dan cenderung lebih agresif dengan menyerang satu sama lain, tetapi ketika 48 jam hingga 96 jam, udang-udang tersebut cenderung lebih tenang karena sudah beradaptasi dengan kondisi air limbah dari reaktor 1 dan 2. Sedangkan untuk udang yang dipaparkan oleh limbah dari reaktor 3 dan 4 menunjukkan perilaku stress dengan melentingkan tubuhnya hingga mencapai keluar dari permukaan, gejala tersebut menunjukkan bahwa udang ingin menghindari dari air limbah tersebut, karena berdasarkan data kualitas air, limbah dari reaktor 3 dan 4 memiliki tingkat polutan yang paling tinggi. Selain perilaku udang, kematian udang dari masing-masing reaktor juga berbeda. Perubahan fisik dan perilaku yang terjadi pada hewan uji dari setiap reaktor tentunya juga dipengaruhi

oleh perbedaan kualitas air limbah masing-masing reaktor. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada uraian berikut ini:

1. Tingkat keasaman (pH)

pH merupakan parameter yang sangat berpengaruh terhadap kondisi udang. Aktivitas fotosintesis dan respirasi dari ekosistem dapat menentukan perubahan nilai pH, dimana semakin tinggi konsentrasi karbondioksida, pH di dalam air semakin rendah. Akibat dari perubahan nilai pH pada udang yaitu dapat mengganggu sistem metabolisme, sehingga udang mudah terserang penyakit dan pertumbuhan udang terganggu akibat stress yang dialami oleh udang (Izzati, 2008). Pada reaktor 1 dan 2 memiliki kisaran pH antara 6,0-7,0 sehingga masih dalam batas aman dan pada reaktor ini memiliki tingkat kematian yang rendah, sedangkan pada reaktor 3 dan 4 memiliki pH yang tinggi yaitu kisaran 7,5-8,5. Perbedaan pH yang signifikan dari air biasa ke limbah dengan pH tinggi menjadikan udang stress dan mati.

2. Suhu

Perubahan suhu dalam air juga berpengaruh pada kelangsungan hidup udang. Dalam penelitian ini, kondisi suhu air limbah berada dalam kisaran batas aman untuk hidup udang. Apabila suhu terlalu dingin, dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan pada udang, sehingga berpengaruh terhadap laju tumbuh kembang udang dan rentan terhadap penyakit. Apabila jika suhu terlalu panas, akan memengaruhi kadar oksigen terlarut yang dapat mengganggu kondisi fisik udang, bahkan apabila suhu terlalu tinggi dapat menyebabkan kematian pada udang (Kisworo, 2015).

3. Oksigen Terlarut

Udang galah merupakan hewan yang bersifat sensitif terhadap kadar oksigen terlarut di dalam air. Kadar oksigen terlarut ini dipengaruhi oleh suhu, pH, dan bahan organik. Semakin tinggi suhu, maka DO akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya (Manurung, 2018). Oksigen terlarut di dalam air memiliki peranan penting karena merupakan sumber pernapasan bagi hewan, oleh sebab itu dalam setiap reaktor diperlukan kadar oksigen yang stabil. Dalam pengujian ini, kondisi oksigen terlarut dalam kisaran yang aman untuk kelangsungan hidup udang, sehingga dapat dipastikan kematian udang yang terjadi merupakan akibat dari zat toksik lain yang terdapat pada air limbah.

4. Amonia

Parameter kualitas air lain yang memengaruhi kelangsungan hidup udang ialah kadar amonia dalam air. Amonia yang melebihi baku mutu akan memengaruhi beberapa aspek dari tubuh udang, yaitu mengganggu permeabilitas sel, menurunkan kadar ion pada tubuh, menambah konsumsi oksigen dalam jaringan, kerusakan pada insang, dan menurunkan kapabilitas dalam darah (Umroh, 2007). Menurut Silaban (2012), hewan air tidak bisa mentoleransi kadar amonia yang melebihi baku mutu karena dapat menghambat proses pengikatan oksigen dalam darah dan akan menyebabkan kematian. Tingginya kadar ammonia dalam air limbah juga dapat menyebabkan iritasi pada insang sehingga filamen insang menjadi bengkak dan dapat mengurangi kapabilitas udang dalam menyerap oksigen dalam air (Permana, 2018). Berdasarkan pengujian, kadar ammonia pada reaktor 3 dan 4 melebihi baku mutu, sedangkan untuk reaktor 1 dan 2 berada di bawah baku mutu. Hal tersebut

sebanding dengan kematian udang dimana pada reaktor 3 dan 4 memiliki presentase kematian yang tinggi.

5. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Selain parameter kualitas yang telah diuraikan pada poin sebelumnya, zat organik di dalam air yang diukur melalui parameter BOD juga memengaruhi kelangsungan hidup pada udang. Kadar BOD berbanding terbalik dengan kadar oksigen terlarut di dalam air, sehingga apabila kadar BOD terlalu tinggi maka kandungan oksigen terlarut di dalam air akan semakin sedikit maka udang akan kekurangan oksigen dalam air. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, kadar BOD dari keempat reaktor masih di atas baku mutu yang telah ditentukan yaitu 50 mg/L. Tingginya nilai BOD pada air limbah tenun disebabkan karena adanya kanji yang merupakan salah satu komponen organik yang diaplikasikan saat proses penenunan.

6. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Sama halnya dengan nilai BOD, kadar COD yang tinggi akan menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut di dalam air. Kadar COD yang tinggi merupakan salah satu indikator bahwa kandungan zat toksik dalam sampel tersebut juga semakin tinggi (Esmiralda, 2012). Nilai COD menunjukkan besarnya oksigen yang diperlukan dalam proses oksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis ataupun yang sulit didegradasi menjadi CO₂ dan H₂O (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa nilai COD dari semua reaktor berada di atas nilai baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 150 mg/L. Nilai COD dan BOD yang tinggi dapat menyebabkan turunnya kadar oksigen dalam air. Pada penelitian ini, kadar oksigen terlarut dalam sampel air limbah tercukupi dan masih dalam kisaran aman untuk kehidupan udang, sehingga tingginya kadar BOD dan COD bukan menjadi alasan utama penyebab kematian pada udang.

7. *Total Suspended Solid (TSS)*

Kandungan TSS dari keempat reaktor dalam pengujian ini sangat berbeda. Hal itu dapat terlihat dari tingkat kekeruhan dan perubahan warna dari sampel air limbah tersebut. Tingginya nilai TSS dalam air dapat memengaruhi proses respirasi pada hewan, karena banyaknya padatan tersuspensi dalam air dapat menyumbat insang yang menyebabkan udang akan kesulitan bernapas. Kadar TSS yang tinggi juga menyebabkan warna air limbah menjadi lebih gelap, hal tersebut dapat memicu stress pada udang.

8. Warna

Berdasarkan Tabel 4.7, perubahan fisik dari udang terlihat pada perbedaan antara sebelum dan sesudah terpapar air limbah, dimana pada reaktor 3 dan 4 menunjukkan udang berubah warna menjadi hitam. Perubahan ini disebabkan karena adanya kontak secara langsung antara udang dan limbah. Sel-sel pigmen pada kulit udang dapat menyerap zat warna dan berubah sesuai dengan lingkungannya (Irianto, 2005). Tingginya zat warna pada sampel limbah dari reaktor 3 dan 4 berasal dari gabungan senyawa organik tidak jenuh, kromofom dan auksokrom, yang berperan mengaktifkan kerja kromofor dan mengikat antara warna dan serat (Pratiwi, 2010). Limbah yang terlalu pekat juga menyebabkan kurangnya pencahayaan dan kemampuan melihat pada udang, sehingga pada reaktor 3 dan 4 terjadi perilaku udang yang bergerak menuju

permukaan dan melentingkan tubuhnya hingga keluar permukaan untuk menghindari kegelapan.

Dari uraian di atas, parameter yang paling berdampak pada kematian udang yaitu amonia dan TSS. Pada waktu uji 24 jam terjadi secara mendadak kemudian kondisi udang mengapung di permukaan air limbah. Hal tersebut terjadi karena udang tidak dapat mentoleransi adanya perubahan kualitas air secara mendadak, terutama pada reaktor 3 dan 4 dimana kualitas airnya berubah secara signifikan sehingga menyebabkan kematian total pada udang. Apabila dibandingkan dengan hasil pengujian parameter kualitas air pada masing-masing reaktor maka berbanding lurus dengan kondisi yang terjadi pada udang. Dimana pada reaktor 3 dan 4 yang memiliki kualitas air paling buruk memiliki tingkat kematian udang paling tinggi. Begitu juga sebaliknya pada reaktor 1 dan 2. Hal tersebut terjadi karena setiap parameter kualitas air saling berhubungan satu sama lain dan memiliki peranan penting bagi organisme yang hidup di air.

4.5 Konsentrasi Kematian (LC₅₀)

Untuk menentukan nilai LC₅₀ dari sampel air limbah baik sebelum dan sesudah pengolahan ini dihitung menggunakan Metode Probit. Dalam menentukan LC₅₀ menggunakan metode probit memiliki beberapa persyaratan, yaitu apabila terdapat kematian parsial ≥ 2 konsentrasi uji dan signifikan, kemudian dua atau lebih dari yang diamati memiliki proporsi kematian antara nol dan satu, dan untuk mendapatkan perkiraan yang tepat maka proporsi kematian harus berada dikisaran 0,5 (EPA, 2002). Sehingga berdasarkan ketentuan tersebut, data uji toksisitas dari sampel limbah tenun ini cocok untuk dianalisis menggunakan metode probit. Nilai LC₅₀ pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi yang bisa mengakibatkan kematian sebanyak 50% pada udang galah dan dikorelasikan dengan waktu terpapar air limbah pada udang galah. Hasil LC_{50-96 jam} yang telah dianalisis menggunakan Metode Probit dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Nilai LC₅₀ pada Udang Galah

No	Waktu	LC ₅₀ Reaktor 1	LC ₅₀ Reaktor 2	LC ₅₀ Reaktor 3	LC ₅₀ Reaktor 4
1.	24 jam	2194,98	3502,72	13,33	14,92
2.	48 jam	1454,80	2361,13	10,24	11,78
3.	72 jam	637,43	1106,75	6,72	9,67
4.	96 jam	794,74	791,77	3,68	7,18

Dari Tabel 4.8 di atas, dapat dilihat bahwa reaktor 1 dan reaktor 2 memiliki nilai LC₅₀ yang tinggi, hal tersebut disebabkan karena dari sampel tersebut pada konsentrasi limbah 100% memiliki presentase kematian di bawah 50%. Untuk reaktor 1 memiliki presentase kematian 28%, sedangkan untuk reaktor 2 memiliki presentase kematian hanya 20%. Kedua reaktor tersebut memiliki pengolahan yang baik dan hasil pengujian beberapa parameter kualitas air menunjukkan bahwa zat toksik di dalamnya telah tereduksi. Apabila dibandingkan dengan reaktor 3 dan 4

bahwa limbah tersebut dapat mematikan 50% hewan uji pada konsentrasi yang sangat rendah, yaitu 3,67% untuk reaktor 3 dan 7,18% untuk reaktor 4.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, uji toksisitas limbah tenun Desa Troso menggunakan hewan uji Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) memiliki nilai $LC_{50-96 \text{ jam}}$ sebesar 2,3%, sedangkan pada penelitian ini memiliki hasil $LC_{50-96 \text{ jam}}$ 3,67%. Dalam menentukan hewan uji untuk penelitian toksisitas, dapat dipilih berdasarkan tingkat trofis pada piramida rantai makanan. Untuk Ikan Mas merupakan organisme trofis tingkat 4 dimana pada tingkatan tersebut mewakili jenis-jenis ikan yang sering digunakan, sedangkan untuk Udang Galah berada di tingkat trofis 2 dimana mewakili organisme akuatik air tawar dan air laut. Setiap organisme yang mewakili tingkat trofis dapat menunjukkan perbedaan nilai toksisitas karena memiliki karakteristik dan ketahanan terhadap air limbah yang berbeda. Limbah yang digunakan merupakan limbah murni tanpa pengolahan apapun. Pada saat terpapar air limbah, ikan mas mengalami perubahan perilaku berupa aktivitas gerak yang melambat dengan posisi tubuh tidak seimbang dan akhirnya mengalami kematian. Setelah mati, ikan mengeluarkan mukus pada bagian *branchia* dan permukaan tubuh ikan yang diakibatkan oleh paparan fenol (Agus, 2016).

Penelitian limbah tenun Troso dengan metode *floating treatment wetland* merupakan salah satu metode yang tepat untuk diaplikasikan guna mengolah limbah di Desa Troso, Jepara. Untuk menyempurnakan penelitian ini, perlu dilakukan pengujian toksisitas dengan hewan uji yang berbeda. Berdasarkan kondisi di Desa Troso Jepara, hewan uji yang cocok yaitu ikan nila, karena persebaran ikan nila di wilayah Sungai Troso cukup luas dan dapat ditemukan dalam jumlah yang banyak, mempunyai nilai ekonomis, berperan pada ekosistem perairan, dan juga memiliki proses pemeliharaan yang mudah dalam skala laboratorium. Sedangkan untuk hewan uji udang juga mungkin bisa diaplikasikan secara nyata, tetapi komoditas udang banyak ditemukan di wilayah pantai dan kurang terjangkau untuk konsumsi masyarakat di Desa Troso untuk sehari-hari.

4.6 Toxic Unit Acute (TUa)

Dari nilai LC_{50} yang telah diperoleh, dapat dihitung nilai TUa-nya untuk mengonversi seberapa tingkat toksisitasnya. Semakin besar nilai TUa, maka semakin besar tingkat toksisitasnya, begitu juga sebaliknya. *Toxic Unit acute* merupakan timbal balik konsentrasi effluent 100 kali yang menyebabkan 50% dari organisme mati pada uji toksisitas akut (EPA, 2010). Pada proses pengujian toksisitas, penentuan nilai LC_{50} dilakukan dengan menghitung mortalitas hewan uji selama 24 pertama setelah pemaparan air limbah. Tetapi, kematian pada hewan uji dapat terjadi setelah 24 jam. Sehingga diperlukan pengamatan mengenai kematian dan perubahan perilaku pada hewan uji setiap interval 24 jam hingga 96 jam.

Tabel 4.9 Tingkat Toksisitas Berdasarkan Toxic Unit acute

No	Waktu	Reaktor 1		Reaktor 2		Reaktor 3		Reaktor 4	
		LC ₅₀	TUa	LC ₅₀	TUa	LC ₅₀	TUa	LC ₅₀	TUa
1.	24 jam	2194,980	0,046	3502,720	0,029	13,330	7,502	14,920	6,702
2.	48 jam	1454,800	0,069	2361,130	0,042	10,240	9,766	11,780	8,489
3.	72 jam	637,430	0,157	1106,750	0,090	6,720	14,881	9,670	10,341
4.	96 jam	794,740	0,126	791,770	0,126	3,680	27,174	7,180	13,928

Berdasarkan Tabel 4.9, mengenai tingkat toksisitas berdasarkan *Toxic Unit acute*, menunjukkan bahwa nilai LC₅₀ reaktor 1 dan reaktor 2 yang telah melalui pengolahan dengan tanaman masuk ke dalam kategori *No Acute Toxicity*, sedangkan nilai LC₅₀ untuk reaktor 3 yang merupakan limbah murni dan reaktor 4 yang diolah hanya menggunakan bakteri masuk ke dalam kategori *High Acute Toxicity*. Nilai LC₅₀ dari semua reaktor mengalami penurunan dari 24-96 jam pengujian, hal itu disebabkan karena limbah menjadi semakin toksik dan kematian akut terjadi pada 24 jam pertama. Dari pengamatan yang dilakukan, air limbah tenun dari reaktor 1 dan 2 dapat dilakukan pengujian toksisitas subkronis, dimana uji toksisitas subkronis dilakukan untuk mengevaluasi dampak senyawa yang diberikan pada hewan uji secara berulang dalam waktu kurang lebih 10% dari masa hidup hewan. Uji toksisitas subkronis meliputi evaluasi secara menyeluruh hewan uji guna mengetahui dampak patologi anatomi dan histologi (Setiasih, 2016). Berdasarkan nilai TUa dari reaktor 1 dan 2 berada dalam kategori tidak toksik dengan uji akut, tetapi bisa menjadi toksik setelah dilakukan paparan secara berulang dengan waktu yang lebih lama. Hal ini disebabkan karena adanya akumulasi dan perubahan enzimatis dalam tubuh hewan uji serta gangguan fisiologis maupun homeostasis biokimianya (Omaye, 2004).



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Toksisitas air limbah tenun dari Desa Troso, Jepara dikategorikan sebagai *High Acute Toxicity* untuk sampel dari reaktor 3 dan reaktor 4 dan *No Acute Toxicity* pada reaktor 1 dan reaktor 2, dimana sampel dari reaktor tersebut telah diolah menggunakan floating wetland treatments. Sementara untuk kematian 50% populasi udang galah untuk reaktor 1 sebesar 794,7%, reaktor 2 sebesar 791,7% dengan nilai TUa keduanya sebesar 0,126, untuk reaktor 3 sebesar 3,67% dengan nilai TUa sebesar 27,23, dan reaktor 4 sebesar 7,18% dengan nilai TUa sebesar 13,92.

5.2 Saran

1. Melakukan analisa toksisitas subkronis mengenai zat toksik di dalam tubuh hewan uji untuk mengetahui dampak yang mungkin dihasilkan apabila zat toksik tersebut terakumulasi di tubuh udang dan berpotensi menimbulkan efek jangka panjang.
2. Melakukan pengujian terhadap histopatologi organ hewan uji dimana memungkinkan terjadi kerusakan pada organ tertentu akibat dari paparan limbah.
3. Melakukan analisa mengenai dampak terhadap manusia apabila hewan uji berada di perairan dan dikonsumsi manusia.
4. Menggunakan hewan uji lain untuk membandingkan ketahanan dari setiap jenis hewan uji.
5. Menambahkan parameter pengujian pada air limbah yaitu kadar fenol dan logam berat untuk penelitian selanjutnya, agar dapat menjelaskan lebih spesifik penyebab kematian dari hewan uji.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, U. N., F. Putut Martin H.B., dan Ibnu M. 2016. *Toksisitas Letal Akut Limbah Tenun Troso Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio L.)*. Unnes Jurnal of Life Science. Vol 5. (1): 2.
- Alamsyah, S. Indrathi, dan Siti M. 2014. *Kearifan Lokal pada Industri Tenun Troso: Potret Kewirausahaan pada Masyarakat Desa*. Semarang: CV. Madina.
- Ali F. 2009. *Mendongkrak Produktivitas Udang Galah hingga 250%*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Askar, Surayah. 1999. *Penerapan Statistika Secara Sederhana di Laboratorium Kimia Analitik*. Balai Penelitian Ternak: Bogor.
- Grazella, A.J. 2018. *Toksisitas Lindi Di IPL Piyungan Bantul Menggunakan Ikan Mas (Cyprinus carpio) Dengan Metode Whole Effluent Toxicity (WET)*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Asrori, Zaenal A., dan Noor S. 2016. *ibPE Pada Industri Tenun Troso, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah*. Jurnal Nasional Terapan Riset Inovatif.
- Chapman, P. M. (2000). *Whole Effluent Toxicity Testing-Usefulness, Level of Protection, and Risk Assessment*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 3-13.
- Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- EMDI (Environmental Management Development in Indonesia). 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia. Sumber Pengendalian dan Baku Mutu*. EMDI-BAPEDAL. Jakarta.
- Enrico. 2019. *Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan Dan Aplikasi Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha Mengurangi Limbah*. Universitas Ciputra. Surabaya
- Erlando, G., Rusliandi., Mulyadi. 2015. *Increasing Calcium (CaO) to Accelerate Moulting and Survival Rate Vannamei Shrimp (Litopenaeus vannamei)*. Universitas Riau. Riau
- Esmiralda, Zulkarnain, & Rahmadona. 2012. *Pengaruh COD dan Surfaktan dalam Limbah Cair Laundry Terhadap Nilai LC50*. Jurnal Teknik Lingkungan, 110-114.
- Fatimah, Fita. 2006. *Pengaruh Pengolahan Limbah Tekstil PT. Apac Inti Corpora (AIC) Terhadap Kualitas Air Sungai Bade Bawen*. Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah.

- Fleming, K. (2004). *Aquatic Life Toxicity Testing Methods Manual*. Washington DC: Bureau of Watershed Management.
- Gustianty, L.R. 2016. *Laju Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii de Man) Skala Laboratorium*. Universitas Asahan. Sumatera Utara.
- Hall, J. A., & Golding, L. (1998). *Standard Methods for Whole Effluent Toxicity Testing: Development and Application*. New Zealand: NIWA Client.
- Haryono, Faizal, M. Liamita, Christi, Rostika, A. 2018. *Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi*. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Padjajaran. Bandung
- Irianti, Ayu. D. S., Yustiati, Ayi. Dan Hamdani, Herman. 2016. *Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii) yang Diberi Kentang Pada Media Pemeliharaan*. Jurnal Perikanan Kelautan Vol: VII. Universitas Padjajaran.
- Irianto, A. 2005. *Patologi Ikan Teleostei*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Izzati, M. 2008. *Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak Setelah Penambahan Rumput Laut Sargassum Plagiyophyllum dan Ekstraknya*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Khairuman, Khairul Amri. 2004. *Budidaya Udang Galah Secara Intensif*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Khasani, Ikhsan. 2008. *Upaya Peningkatan Produktivitas Dalam Usaha Pembesaran Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii de Man)*. Loka Riset Pemuliaan dan Teknologi Budidaya Perikanan Air Tawar. Sukamandi.
- Kisworo, Y. dan Mukhlisah. 2015. *Performa Stock Parental Udang Galah Dari Muara Sungai Barito, Kintap dan Pagatan Sebagai Tetua Pada Sistem Seleksi Induk Unggul Lokal*. Ziraah. Vol 40 (1): 25-30.
- Komarawidjaja, Wage. dan Garno, Y.S. 2015. *Role of Vetiver Grass (Chrysopogon zizanioides) in Phytoremediation of Contaminated River Waters*. Pusat Teknologi Lingkungan (BPPT). Serpong.
- Kutner, Michael H, Nachtsheim, Neter. 2004. *Applied Linier Statistic Model 4th Edition*. Mc-Graw-hill. New York.
- Manurung, A.P, Yusanti, Anggraini, I. dan Haris, Kusuma, R.B. 2018. *Tingkat Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup, Pada Pembesaran Udang Galah*

- (*Macrobrachium rosenbergii de Man 1879*) Strain Siratu dan Strain Gimacro II. Universitas PGRI. Palembang.
- Miwada, I. N. S., Lindawati S.A., dan Tatang, W. 2006. *Tingkat Efektivitas "Starter" Bakteri Asam Laktat pada Proses Fermentasi Laktosa Susu*. J. Indon. Trop. Anim. Agric., 1 (31).
- Mukono, H. (2005). *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Ningsih, Dwi, A. 2017. *Uji Penurunan Kandungan BOD, COD, dan Warna Pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus grossus dan Iris pseudacorus dengan Sistem Pemaparan Intermitten*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Omaye, 2004. *Food and Nutritional Toxicology*. CRC Press, Boca Raton.
- Permana, Ziki. 2018. *Studi Toksisitas Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Dengan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) Menggunakan Macrobrachium rosenbergii*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Pratiwi, Y. 2010. *Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan Nutrition Value Coefficient Bioindicator*. J. Teknologi 3:129-137.
- Priyanto. 2009. *Toksikologi, Mekanisme, Terapi Antidotum, dan Penilaian Resiko*. Depok: Leskonfi (Lembaga Studi dan Konsultasi Farmakologi).
- Priyono, S.B., Sukardi., dan Harijanja, S.M. 2011. *Pengaruh Shelter Terhadap Perilaku dan Pertumbuhan Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii de Man)*. Jurnal Perikanan 13(2):78-85.
- Rahmacdanran, P. Ganesan., dan S. Hariharan. 2010. *Decolorization of Textile Effluent-An Overview*. Journal of the Institution of Engineers. Vol 90: 20 – 25.
- Rahmawati, Becti. 2018. *Uji Toksisitas IPAL Komunal Kecamatan Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta Terhadap Macrobrachium rosenbergii Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET)*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rahmawati, Suphia. 2020. *Modul Praktikum Uji Toksisitas Akut*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sa'adah, Nurun. N. 2020. *Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Floating Treatment Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

- Setiasih, Siti. I., Hanidah., Wira, D.W., Rialita, Tita., Sumanti, D.M. 2016. *The Toxicity test of Cauliflower (Brassica oleracea L.) with Minimally Processed by Ozonation*. Universitas Padjajaran: Bandung.
- Soemirat. (2005). *Prinsip Dasar Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Silaban, T.F. Limin, S. dan Suparno. 2012. *Peningkatan Kinerja Filter Air untuk Menurunkan Konsentrasi Amonia Pada Pemeliharaan Ikan Mas (Cyprinus carpio)*. E-Journal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan. 1(1): 47-56.
- SNI 01 6486.3. (2000). *Produksi Benih Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii de Man) Kelas Benih Sebar*. Indonesia: BSN
- SNI 6989.59. (2008). *Air dan Air Limbah- Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Indonesia: BSN.
- Tampubolon, Koko. Gustianty, L.R. Ridwan, Lokot. 2017. *Potensi Fitoremediasi Logam Berat Cd²⁺ dan Hg²⁺ dari Baterai Bekas Menggunakan Tanaman Akar Wangi (Vetiver zizanioides)*. Fakultas Pertanian USU. Medan.
- Tantri, A.F. 2014. *Penambahan Lisin Pada Pakan Komersial Terhadap retensi Protein dan Retensi Energi Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii)*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- US EPA. (1991). *Methods for Measuring The Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism: 4th Edition*. United States: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2000). *Method Guidance and Recommendations for Whole Effluent Toxicity (WET) Testing*. United States: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2002). *Methods for Masuring The Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism*. Washington DC: Environmental Protection Agency.
- Wasiyanto. 2004. *Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup pada Industri Tenun Ikat di Desa Troso Kecamatan Pecangaan Kabupaten Jepara*. Tesis Magister Ilmu Administrasi.
- Yulita I. M. 2016. *Kajian Bakteri Pendegradasi Naftol dari Limbah Industri Tenun Ikat Kupang dan Kemampuannya dalam Dekolorisasi Pewarna Tekstil*. Tesis Master of Science.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran I Analisis Data Kematian Ikan

A. Metode Probit

Dalam mengestimasi nilai LC_{50} pada penelitian ini menggunakan metode probit yang dianalisis menggunakan program excel di computer.

1. REAKTOR 1

Tabel I.1 Konsentrasi dan Nilai Probit Reaktor 1

No	Reaktor 1	Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					TOTAL	Rata-rata	%Mortalitas	Log konsentrasi	Probit	
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam						
1.	100	1	20	0	4	1	1	0	6	6	28	2,00	4,42
		2	20	0	3	1	0	1	5				
2.	50	1	20	0	2	1	1	0	4	4	20	1,70	4,16
		2	20	0	2	1	1	0	4				
3.	25	1	20	0	1	1	1	0	3	3	13	1,40	3,87
		2	20	0	1	1	0	0	2				
4.	12,5	1	20	0	1	1	0	0	2	2	10	1,10	3,72
		2	20	0	1	1	0	0	2				
5.	6,25	1	20	0	1	0	0	1	2	2	8	0,80	3,59
		2	20	0	0	1	0	0	1				
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0
		2	20	0	0	0	0	0	1				

Tabel I.2 Analisis Probit Reaktor 1

SUMMARY OUTPUT							
<i>Regression Statistics</i>							
Multiple R	0,9857091						
R Square	0,9716225						
Adjusted R Square	0,9621633						
Standard Error	0,0655235						
Observations	5						
ANOVA							
	df	SS	MS	F	Significance F		
Regression	1	0,441	0,441	102,7174	0,002046395		
Residual	3	0,01288	0,004293				
Total	4	0,45388					
<i>Coefficients</i>							
	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	2,9767902	0,100585346	29,59467	8,47E-05	2,656682737	3,2968977	2,656682737
X Variable 1	0,6976049	0,068831547	10,13496	0,002046	0,478552197	0,9166576	0,478552197

Perhitungan LC₅₀:

$$\begin{aligned}
 b &= 2,9767902 \\
 a &= 0,6976049 \\
 Y &= bX + a \\
 &= 2,9767902X + 0,6976049
 \end{aligned}$$

Jika Y untuk 50% kematian populasi adalah 5, maka:

$$\begin{aligned}
 5 &= 2,9767902X + 0,6976049 \\
 X &= \frac{5-0,6976049}{2,9767902} \\
 &= 2,90022 \\
 Lc_{50} &= 10^{2,90022} \\
 &= 794,7 \% \\
 TUa &= 100/LC_{50} \\
 &= 100/794,7 \\
 &= 0,126 \text{ (No Acute Toxicity)}
 \end{aligned}$$

2. REAKTOR 2

Tabel I.3 Konsentrasi dan Nilai Probit Reaktor 2

No	Reaktor 2		Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					TOTAL	Rata-rata	%Mortalitas	Log konsentrasi	Probit
				0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam					
1.	100	1	20	0	3	0	1	0	4	4	20	2,00	4,16
		2	20	0	2	1	0	1	4				
2.	50	1	20	0	2	1	0	0	3	3	15	1,70	3,96
		2	20	0	1	2	0	0	3				
3.	25	1	20	0	0	1	1	0	2	2	10	1,40	3,72
		2	20	0	1	0	1	0	2				
4.	12,5	1	20	0	1	0	0	0	1	1	5	1,10	3,36
		2	20	0	1	0	0	0	1				
5.	6,25	1	20	0	0	0	0	0	0	1	3	0,80	3,12
		2	20	0	1	0	0	0	1				
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0
		2	20	0	1	0	0	0	1				

Tabel I.4 Analisis Probit reaktor 2

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,9952447							
R Square	0,9905119							
Adjusted R Square	0,9873492							
Standard Error	0,0478888							
Observations	5							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0,71824	0,71824	313,186	0,000393367			
Residual	3	0,00688	0,002293					
Total	4	0,72512						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	2,4194465	0,073514161	32,9113	6,17E-05	2,185491672	2,6534014	2,185491672	2,65340141
X Variable 1	0,8902767	0,050306467	17,69706	0,000393	0,730179099	1,0503744	0,730179099	1,05037436

Perhitungan LC₅₀:

$$\begin{aligned}
 b &= 2,4194465 \\
 a &= 0,8902767 \\
 Y &= bX + a \\
 &= 2,4194465X + 0,8902767
 \end{aligned}$$

Jika Y untuk 50% kematian populasi adalah 5, maka:

$$\begin{aligned}
 5 &= 2,4194465X + 0,8902767 \\
 X &= \frac{5 - 0,8902767}{2,4194465} \\
 &= 2,8985 \\
 LC_{50} &= 10^{2,8985} \\
 &= 791,7 \% \\
 TUa &= 100/LC_{50} \\
 &= 100/791,7 \\
 &= 0,126 \text{ (No Acute Toxicity)}
 \end{aligned}$$

3. REAKTOR 3

Tabel I.5 Konsentrasi dan Nilai Probit reaktor 3

No	Reaktor 3		Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					TOTAL	Rata-rata	%Mortalitas	Log konsentrasi	Probit
				0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam					
1.	100	1	20	0	20	-	-	-	20	20	100	2,00	8,09
		2	20	0	20	-	-	-	20				
2.	50	1	20	0	20	-	-	-	20	20	100	1,70	8,09
		2	20	0	20	-	-	-	20				
3.	25	1	20	0	8	7	5	-	20	20	100	1,40	8,09
		2	20	0	10	4	4	2	20				
4.	12,5	1	20	0	8	2	3	2	15	15	75	1,10	5,67
		2	20	0	6	2	4	3	15				
5.	6,25	1	20	0	5	3	4	2	14	14	70	0,80	5,52
		2	20	0	5	4	2	3	14				
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0
		2	20	0	1	0	0	0	1				

Tabel I.6 Analisis Probit Reaktor 3

SUMMARY OUTPUT									
<i>Regression Statistics</i>									
Multiple R	0,8740451								
R Square	0,7639548								
Adjusted R Square	0,6852731								
Standard Error	0,7672288								
Observations	5								
<i>ANOVA</i>									
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>				
Regression	1	5,71536	5,71536	9,709432	0,052635203				
Residual	3	1,76592	0,58864						
Total	4	7,48128							
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>	
Intercept	3,5812447	1,17774904	3,040687	0,055837	-0,16696067	7,3294501	-0,16696067	7,329450111	
X Variable 1	2,5113776	0,805963015	3,115996	0,052635	-0,05355638	5,0763117	-0,05355638	5,076311659	

Perhitungan LC₅₀:

$$\begin{aligned}
 b &= 3,5812447 \\
 a &= 2,5113776 \\
 Y &= bX + a \\
 &= 3,5812447X + 2,5113776
 \end{aligned}$$

Jika Y untuk 50% kematian populasi adalah 5, maka:

$$\begin{aligned}
 5 &= 3,5812447X + 2,5113776 \\
 X &= \frac{5-2,5113776}{5,812447} \\
 &= 0,56439 \\
 LC_{50} &= 10^{0,56439} \\
 &= 3,67 \% \\
 TUa &= 100/LC_{50} \\
 &= 100/3,67 \\
 &= 27,23 \text{ (High Acute Toxicity)}
 \end{aligned}$$

4. REAKTOR 4

Tabel I.7 Konsentrasi dan Nilai Probit Reaktor 4

No	Reaktor 4	Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					TOTAL	Rata-rata	%Mortalitas	Log konsentrasi	Probit	
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam						
1.	100	1	20	0	20	-	-	-	20	20	100	2,00	8,09
		2	20	0	20	-	-	-	20				
2.	50	1	20	0	20	-	-	-	20	20	100	1,70	8,09
		2	20	0	20	-	-	-	20				
3.	25	1	20	0	5	9	3	3	20	20	98	1,40	7,05
		2	20	0	7	3	4	5	19				
4.	12,5	1	20	0	6	3	3	2	14	12	60	1,10	5,25
		2	20	0	4	2	3	1	10				
5.	6,25	1	20	0	4	2	1	2	9	9	45	0,80	4,87
		2	20	0	5	2	1	1	9				
6.	Kontrol	1	20	0	1	0	0	0	1	1	5	0	0
		2	20	0	0	1	0	0	1				

Tabel I.8 Analisis Probit Reaktor 4

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,9554528							
R Square	0,9128901							
Adjusted R Square	0,8838535							
Standard Error	0,5233737							
Observations	5							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	8,61184	8,61184	31,43925	0,011210906			
Residual	3	0,82176	0,27392					
Total	4	9,4336						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	2,3605015	0,80343229	2,938022	0,060607	-0,196378668	4,9173816	-0,196378668	4,91738158
X Variable 1	3,0827493	0,549796662	5,607072	0,011211	1,333050915	4,8324476	1,333050915	4,832447629

Perhitungan LC₅₀:

$$\begin{aligned}
 b &= 2,3605015 \\
 a &= 3,0827493 \\
 Y &= bX + a \\
 &= 2,3605015X + 3,0827493
 \end{aligned}$$

Jika Y untuk 50% kematian populasi adalah 5, maka:

$$\begin{aligned}
 5 &= 2,3605015X + 3,0827493 \\
 X &= \frac{5 - 3,0827493}{2,3605015} \\
 &= 0,8562 \\
 LC_{50} &= 10^{0,8562} \\
 &= 7,18 \% \\
 TUa &= 100/LC_{50} \\
 &= 100/7,18 \\
 &= 13,92 \text{ (High Acute Toxicity)}
 \end{aligned}$$

Lampiran II Analisis Data Uji Toksisitas

A. Uji Aklimatisasi

Hewan uji diadaptasi selama 10 hari, dimana 2 hari pertama merupakan hari penyesuaian dari habitat asal. Parameter kualitas air berupa suhu, derajat keasaman, dan kadar oksigen terlarut diukur setiap hari. Selain parameter tersebut, jumlah kematian udang juga dicatat agar dapat diketahui apakah udang tersebut layak digunakan sebagai hewan uji atau tidak.

Tabel II.1 Data Aklimatisasi

No	Hari ke-	Suhu		pH		DO		Kematian	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1.	1	26,3	27,4	7,8	7,8	8,6	8,5	4	3
2	2	26,5	26,8	7,6	7,6	8,7	8,4	2	3
3	3	26,8	26,1	7,6	7,8	8,5	8,5	2	1
4	4	25,8	25,9	7,9	7,9	8,7	8,6	1	0
5	5	26,2	26,3	7,9	8	8,4	8,4	0	0
6	6	27,8	27,3	7,9	8,1	8,8	8,5	0	0
7	7	26,5	26,8	7,9	7,8	8,8	8,6	0	0
8	8	26,8	26,6	7,8	7,8	8,6	8,6	0	0
9	9	26,3	26,1	7,8	7,8	8,5	8,6	0	0
10	10	26,3	26,4	7,9	7,9	8,6	8,7	0	0

Dari data tersebut, kualitas air untuk hewan uji berada dalam batas aman untuk udang galah, dimana pH optimal untuk udang galah yaitu kisaran 6,5-8,5, suhu 26-30°C, dan kadar oksigen terlarut > 5 mg/L. Selain kualitas air, kematian dari hewan uji juga menentukan keberhasilan dari uji aklimatisasi. Apabila kematian udang tidak melebihi 10% dari total hewan uji maka aklimatisasi dapat dikatakan berhasil. Pada pengujian ini, jumlah kematian udang galah sebanyak 14 ekor dari total 1000 ekor udang sehingga presentase kematian kurang dari 10%.

$$\begin{aligned}\% \text{Kematian} &= \frac{14 \text{ ekor}}{1000 \text{ ekor}} \times 100\% \\ &= 1,4\%\end{aligned}$$

Maka, udang galah dikatakan mampu bertahan >90% populasi sehingga dapat dikategorikan layak untuk dijadikan hewan uji pada penelitian ini.

B. Uji Toksisitas

Tabel II.2 Data Kematian Uji Toksisitas Reaktor 1

No	Reaktor	Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					Total kematian	
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
1.	100%	1	20	0	4	1	1	0	6
		2	20	0	3	1	0	1	5
2.	50	1	20	0	2	1	1	0	4
		2	20	0	2	1	1	0	4
3.	25	1	20	0	1	1	1	0	3
		2	20	0	1	1	0	0	2
4.	12,5	1	20	0	1	1	0	0	2
		2	20	0	1	1	0	0	2
5.	6,25	1	20	0	1	0	0	1	2
		2	20	0	0	1	0	0	1
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0
		2	20	0	0	0	0	0	0

Tabel II.3 Data Kualitas Air Limbah Reaktor 1

No	Reaktor	Suhu					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	25,5	25	25,9	26,3	26,7
		2	25,5	24,5	26,2	26,3	26,8
2.	50	1	24,8	24,6	25,4	25,9	26,8
		2	24,7	25	24,7	26	26,8
3.	25	1	25,3	24,1	24,4	25,9	26,5
		2	25,3	24,1	24,3	25,9	26,5
4.	12,5	1	25,2	24,1	24,3	25,8	26,6
		2	25,1	24	24,2	25,9	26,5
5.	6,25	1	25,5	24	24,2	25,9	26,7
		2	25,5	24	24,1	25,8	26,7
6.	Kontrol	1	24,8	24,2	25	25,8	36,7
		2	24,7	24,1	24,9	25,8	36,6

Tabel II.4 Data Kualitas pH air Reaktor 1

No	Reaktor		pH				
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
1.	100%	1	6,9	6,2	6,3	6,2	6,2
		2	7,1	6,8	6,4	6,1	6,2
2.	50	1	7,3	6,9	6,6	6,3	6,3
		2	7,4	7,1	6,9	6,5	6,5
3.	25	1	7,6	6,8	7,2	7,1	6,9
		2	7,6	6,9	7,2	7,2	7,1
4.	12,5	1	7,6	7	7,3	7,2	7,2
		2	7,7	7,1	7,2	7,1	7
5.	6,25	1	8	7,3	7,2	7,1	7,1
		2	8,2	7,4	7,3	7,1	7,1
6.	Kontrol	1	7,8	7,1	7,3	7,2	7,1
		2	7,6	7,2	7,4	7,2	7,1

Tabel II.5 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 1

No	Reaktor		DO				
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
1.	100%	1	8,5	7,8	7,6	7,6	7,5
		2	8	7,6	7,6	7,5	7,4
2.	50	1	8,6	7,8	7,4	7,6	7,3
		2	8,7	8,1	7,8	7,8	7,3
3.	25	1	8,8	8,3	8	7,8	7,8
		2	8,7	8,3	8,2	7,8	7,7
4.	12,5	1	8,6	8,4	8	7,7	7,8
		2	8,6	8,1	8	7,8	7,8
5.	6,25	1	8,7	8,2	7,9	7,6	7,8
		2	8,7	8,2	8,1	7,6	7,8
6.	Kontrol	1	8,5	8,2	8,3	7,8	7,5
		2	8,6	8,3	8,2	7,8	7,5

Tabel II.6 Data Kematian Udang Reaktor 2

No	Reaktor	Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					Total kematian	
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
1.	100%	1	20	0	4	1	1	0	6
		2	20	0	3	1	0	1	5
2.	50	1	20	0	2	1	1	0	4
		2	20	0	2	1	1	0	4
3.	25	1	20	0	1	1	1	0	3
		2	20	0	1	1	0	0	2
4.	12,5	1	20	0	1	1	0	0	2
		2	20	0	1	1	0	0	2
5.	6,25	1	20	0	1	0	0	1	2
		2	20	0	0	1	0	0	1
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0
		2	20	0	0	0	0	0	0

Tabel II.7 Data Kualitas Suhu Air Limbah reaktor 2

No	Reaktor	Suhu					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	26,9	27,8	26,8	27,9	27,1
		2	26,8	27,6	26,8	27,9	27,1
2.	50	1	26,9	27,9	27,1	27,8	27,2
		2	27,1	27,8	27	27,8	27,2
3.	25	1	26,6	27,6	26,9	27,8	27,3
		2	26,7	27,9	26,9	27,9	27,3
4.	12,5	1	26,7	27,9	26,8	27,7	27,3
		2	26,7	27,9	26,7	27,7	27,2
5.	6,25	1	26,6	27,6	26,9	27,7	27,2
		2	26,5	27,8	26,8	27,6	27,1
6.	Kontrol	1	27	27,2	26,5	27,6	26,9
		2	27,1	27,3	26,6	27,5	27

Tabel II.8 Data Kualitas pH Air Limbah Reaktor 2

No	Reaktor	pH					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	6,8	6,9	6,9	7,7	7,4
		2	6,9	6,8	6,9	7,6	7,7
2.	50	1	7,1	7,3	7,3	7,5	7,4
		2	7,1	7,1	7,2	7,5	7,6
3.	25	1	7,3	7,3	7,2	7,4	7,3
		2	7,4	7,3	7,3	7,4	7,4
4.	12,5	1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,5
		2	7,6	7,4	7,6	7,7	7,8
5.	6,25	1	7,7	7,8	7,7	7,7	7,8
		2	7,8	7,7	7,8	7,8	7,9
6.	Kontrol	1	7,4	7,3	7,3	7,5	7,1
		2	7,5	7,4	7,4	7,7	7,2

Tabel II.9 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 2

No	Reaktor	DO					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	8,8	8,5	7,4	7,5	7,5
		2	8,9	8,3	8,3	8,2	7,8
2.	50	1	8,8	8,5	7,9	7,9	7,6
		2	8,8	8,4	7,9	7,8	7,4
3.	25	1	8,8	8,5	7,8	7,6	7,5
		2	8,7	8,6	8,1	7,9	7,5
4.	12,5	1	8,7	8,6	8,2	7,9	7,8
		2	8,8	8,7	8,2	7,9	8,2
5.	6,25	1	8,6	8,6	8,2	8,1	8,2
		2	8,6	8,3	8,2	8,3	7,9
6.	Kontrol	1	8,8	8,4	8,1	8,4	8,1
		2	8,6	8,3	8,2	8,5	7,9

Tabel II.10 Data Kematian Udang Reaktor 3

No	Reaktor	Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					Total kematian	
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
1.	100%	1	20	0	3	0	1	0	4
		2	20	0	2	1	0	1	4
2.	50	1	20	0	2	1	0	0	3
		2	20	0	1	2	0	0	3
3.	25	1	20	0	0	1	1	0	2
		2	20	0	1	0	1	0	2
4.	12,5	1	20	0	1	0	0	0	1
		2	20	0	1	0	0	0	1
5.	6,25	1	20	0	0	0	0	0	0
		2	20	0	1	0	0	0	1
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0
		2	20	0	1	0	0	0	1

Tabel II.11 Data Kualitas Suhu Air Limbah Reaktor 3

No	Reaktor	Suhu					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	25,3	24,9	24,5	25,9	26,7
		2	25,1	24,7	24,6	26,1	26,4
2.	50	1	25,7	24,7	24,5	26,2	26,4
		2	25,7	24,7	24,5	26,2	26,3
3.	25	1	25,3	25,1	25,4	26,3	26,2
		2	25,1	24,9	25,3	26,4	26,2
4.	12,5	1	24,9	24,5	25,2	26,4	26,3
		2	24,9	24,4	25	26,4	26,4
5.	6,25	1	24,9	24,4	24,8	26,4	26,3
		2	24,9	24,3	24,8	26,5	26,3
6.	Kontrol	1	24,9	25,1	25,5	26,4	26,3
		2	24,9	25	25,6	26,5	26,2

Tabel II.12 Data Kualitas pH Air Limbah Reaktor 3

No	Reaktor	pH					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	8,4	8,9	8,8	8	7,8
		2	8,5	8,9	8,6	8,1	7,9
2.	50	1	7,9	8,5	8,4	8,2	7,9
		2	8,6	9	8,8	8,6	8,6
3.	25	1	8,8	8,7	8,8	8,4	8,5
		2	8,7	8,6	8,6	8,4	8,4
4.	12,5	1	8,9	8,1	8,3	8,3	8,5
		2	8,9	8	8,5	8,4	8,5
5.	6,25	1	9	8	8,6	8,5	8,3
		2	8,9	8,1	8,5	8,2	8,4
6.	Kontrol	1	7,6	7,6	7,6	7,5	7,3
		2	7,5	7,8	7,5	7,6	7,4

Tabel II.13 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 3

No	Reaktor	DO					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	8,5	8,2	7,8	7,7	8
		2	8,4	8,2	7,3	7,4	8,2
2.	50	1	8,3	8,1	7,8	7,3	7,9
		2	8,3	8	7,6	7,8	7,8
3.	25	1	8,7	8,5	8,1	8	7,8
		2	8,7	8,5	8	8,3	7,8
4.	12,5	1	8,7	8,4	8,1	8,2	7,9
		2	8,5	8,3	8,2	8,1	7,5
5.	6,25	1	8,8	8,3	8,2	8,2	7,3
		2	8,9	8,2	8,1	8,1	7,4
6.	Kontrol	1	8,6	8,5	7,9	8,1	7,2
		2	8,8	8,5	7,9	8,2	7,1

Tabel II.14 Data Kematian Udang Galah Reaktor 4

No	Reaktor	Jumlah Populasi Terpapar	Kematian					Total kematian	
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
1.	100	1	20	0	20	-	-	-	20
		2	20	0	20	-	-	-	20
2.	50	1	20	0	20	-	-	-	20
		2	20	0	20	-	-	-	20
3.	25	1	20	0	8	7	5	-	20
		2	20	0	10	4	4	2	20
4.	12,5	1	20	0	8	2	3	2	15
		2	20	0	6	2	4	3	15
5.	6,25	1	20	0	5	3	4	2	14
		2	20	0	5	4	2	3	14
6.	Kontrol	1	20	0	0	0	0	0	0
		2	20	0	1	0	0	0	1

Tabel II.15 Data Kualitas Suhu Air Limbah Reaktor 4

No	Reaktor	Suhu					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	25,1	24,5	24,3	26,3	25,9
		2	25,1	24,6	24,4	26,3	25,9
2.	50	1	25,2	24,4	24,3	25,9	26,5
		2	24,8	24,4	24,3	25,8	26,4
3.	25	1	24,7	24	24,2	25,7	26,4
		2	24,8	24,1	24,3	25,7	26,4
4.	12,5	1	24,9	24,1	24,2	25,7	26,3
		2	24,9	24	24,2	25,8	26,4
5.	6,25	1	24,9	24	24,2	25,6	26,5
		2	25	24	24,2	25,6	26,4
6.	Kontrol	1	24,9	24	24,3	25,6	26,3
		2	24,9	24,1	24,3	25,7	26,2

Tabel II.16 Data Kualitas pH Air Limbah Reaktor 4

No	Reaktor	pH					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	8,3	8,7	7,5	8,4	8,3
		2	8,4	8,5	7,8	8,3	8,3
2.	50	1	8,5	8,1	7,5	7,3	7,3
		2	8,5	8	7,2	7,1	7
3.	25	1	8,2	7,7	7,5	7,3	7,3
		2	8,3	7	7,2	7,2	7,3
4.	12,5	1	8,4	7	6,9	7,2	7,1
		2	8,3	7,1	6,9	6,9	6,8
5.	6,25	1	8,4	7,2	7	7,3	7,2
		2	8,5	7,1	7,1	7	7,1
6.	Kontrol	1	8,2	7,8	7,8	7,6	7,5
		2	8,1	7,9	7,6	7,4	7,4

Tabel II.17 Data Kualitas DO Air Limbah Reaktor 4

No	Reaktor	DO					
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
1.	100%	1	7,4	8,1	7,5	7,6	7,4
		2	7,2	7,9	7,8	7,6	7,6
2.	50	1	7,6	7,8	7,5	7,8	7,6
		2	7,5	7,3	7,2	7,2	7,7
3.	25	1	8,4	8,3	8,1	7,6	7,1
		2	8,5	8,3	8,2	7,6	7,2
4.	12,5	1	8,6	8,1	8,1	7,5	7,2
		2	8,6	8	7,9	7,5	7,2
5.	6,25	1	8,6	8,2	7,9	7,4	7,3
		2	8,8	8,2	8	7,5	7,1
6.	Kontrol	1	8,3	8,3	8	7,5	7,1
		2	8,4	8,2	8,1	7,4	7,3

Lampiran III Karakteristik Limbah Tenun Troso

1. Perhitungan *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Tabel III.1 Standar KHP COD

Standar	COD (mg/L) (X)	Absorbansi (Y)	XY	X ²
Standar 1	0	0	0	0
Standar 2	100	0,03	3	10000
Standar 3	300	0,09	27	90000
Standar 4	500	0,165	82,5	250000
Standar 5	700	0,232	162,4	490000
Standar 6	900	0,319	287,1	810000
Total	2500	0,836	562	1650000

Dari table di atas dapat dihitung nilai a dan b untuk mengetahui persamaan regresi liniernya. Nilai a dan b dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

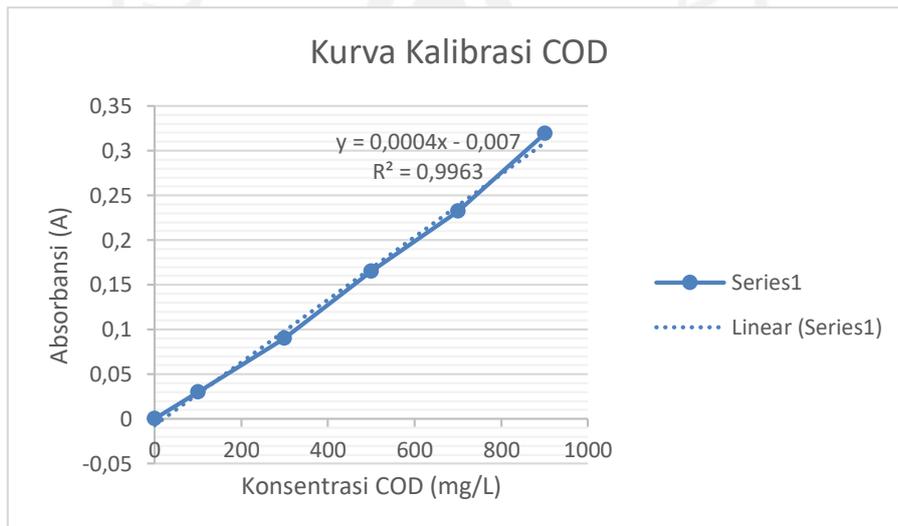
$$= -0,007$$

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

$$= 0,0004$$

$$Y = bX + a$$

$$= -0,007X + 0,0004$$



Gambar III.1 Kurva Kalibrasi Standar

Kurva kalibrasi harus memiliki nilai R lebih besar atau sama dengan 0,995. Dari grafik di atas, diketahui bahwa nilai R pada kurva yaitu 0,9963 sehingga dapat dikatakan kurva kalibrasi ini layak dan diterima sesuai dengan SNI 06-6989.2-2004. Untuk mengetahui nilai COD, maka dapat dihitung melalui persamaan $Y = bX + a$ sebagai berikut:

Tabel III.2 Hasil Perhitungan Nilai COD

Kode	COD (Abs)		C		fp	COD (mg/l)		COD Rata-rata (mg/l)	Rata Rata
	1	2	(mg/l)						
Reaktor 1	0,094	0,098	252,5	262,5	1	252,5	262,5	257,5	284,375
Reaktor 1	0,114	0,121	302,5	320	1	302,5	320	311,25	
Reaktor 2	0,076	0,061	207,5	170	1	207,5	170	188,75	180,625
Reaktor 2	0,065	0,059	180	165	1	180	165	172,5	
Reaktor 3	0,102	0,104	272,5	277,5	5	1362,5	1387,5	1375	1137,5
Reaktor 3	0,061	0,069	170	190	5	850	950	900	
Reaktor 4	0,064	0,058	177,5	162,5	5	887,5	812,5	850	865,625
Reaktor 4	0,065	0,062	180	172,5	5	900	862,5	881,25	

2. Perhitungan *Total Suspended Solid* (TSS)

Tabel III.3 Berat Kertas Saring

No	Contoh Uji	Kertas Kosong	Kertas + Residu (1)	Kertas + residu (2)
		gram	gram	gram
1	Blanko (1)	1,2245	1,2247	1,2248
2	Blanko (2)	1,2155	1,2157	1,2162
3	Reaktor 1 (1)	1,2212	1,2314	1,2345
4	Reaktor 1 (2)	1,2250	1,2363	1,2397
5	Reaktor 2 (1)	1,2263	1,2355	1,2341
6	Reaktor 2 (2)	1,2217	1,2307	1,2985
7	Reaktor 3 (1)	1,2196	1,2654	1,2681
8	Reaktor 3 (2)	1,2235	1,2692	1,2688
9	Reaktor 4 (1)	1,2248	1,2549	1,2554
10	Reaktor 4 (2)	1,2193	1,2512	1,2523

Nilai TSS dapat dihitung melalui persamaan berikut ini:

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

Keterangan:

A = Berat kertas saring + residu

B = Berat kertas saring kosong

V = Volume sampel

Perhitungan:

a. Blanko (1)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2247-1,2245) \times 1000}{0,030} \\ &= 6,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

b. Blanko (2)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2157-1,2155) \times 1000}{0,030} \\ &= 6,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

c. Reaktor 1 (1)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2314-1,2212) \times 1000}{0,030} \\ &= 340 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

d. Reaktor 1 (2)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2365-1,2250) \times 1000}{0,030} \\ &= 343,3 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

e. Reaktor 2 (1)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2355-1,2263) \times 1000}{0,030} \\ &= 306,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

f. Reaktor 2 (2)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2307-1,2217) \times 1000}{0,030} \\ &= 300 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

g. Reaktor 3 (1)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2654-1,2196) \times 1000}{0,030} \\ &= 1526,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

h. Reaktor 3 (2)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2692-1,2235) \times 1000}{0,030} \\ &= 1523,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

i. Reaktor 4 (1)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2539-1,2248) \times 1000}{0,030} \\ &= 1070 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

j. Reaktor 4 (2)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2512-1,2193) \times 1000}{0,030} \\ &= 1063,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Pengujian ini dilakukan secara duplo, sehingga diperlukan nilai replikasi (RPD) untuk mengetahui ketelitian dari analisis. Perbedaan pengukuran secara duplo adalah di bawah 5% dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

Keterangan:

X₁ = hasil pengukuran

X₂ = duplikat pengukuran

Perhitungan

a. Blanko

$$\begin{aligned} \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{6,67 - 6,67}{(6,67 + 6,67)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

b. Reaktor 1

$$\begin{aligned} \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{340 - 343,3}{(340 + 343,3)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0,966\% \end{aligned}$$

c. Reaktor 2

$$\begin{aligned} \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{306,67 - 300}{(306,67 + 300)/2} \right| \times 100\% \\ &= 2,199\% \end{aligned}$$

d. Reaktor 3

$$\begin{aligned}
 \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{1526,67 - 1523,33}{(1526,67 + 1523,33)/2} \right| \times 100\% \\
 &= 0,218\%
 \end{aligned}$$

e. Reaktor 4

$$\begin{aligned}
 \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{1070 - 1063}{(1070 + 1063)/2} \right| \times 100\% \\
 &= 0,65\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan RPD di atas menunjukkan bahwa nilai replikasi pada pengujian ini <5% sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan pada SNI 06-6989.3-2004

3. Perhitungan *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Tabel III.4 Volume Titration

Sampel		$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7}$	F	Vol titrasi 0 hari	Volume Titration 5 hari
Reaktor 1	1	0,0263	1,0081	3,4	2,6
	2	0,0263	1,0081	3,2	2,5
Reaktor 2	1	0,0263	1,0081	3,2	2,7
	2	0,0263	1,0081	3,3	2,8
Reaktor 3	1	0,0263	1,0081	3,9	2,2
	2	0,0263	1,0081	3,9	2,3
Reaktor 4	1	0,0263	1,0081	5,1	3,5
	2	0,0263	1,0081	4,9	3,4
Blanko	1	0,0263	1,0081	1,5	1,4
	2	0,0263	1,0081	1,1	1,0

Dari data diatas dapat dihitung oksigen terlarut 0 hari dan 5 hari sebagai berikut:

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

V = Volume titration $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (mL)

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (N)

F = faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi MnSO_4 dan alkali iodida azida)

Blanko 1

$$DO_0 = \frac{1,5 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 6,36 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{1,4 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 5,94 \text{ mg/ L}$$

Blanko 2

$$DO_0 = \frac{1,1 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 4,67 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{1 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 4,27 \text{ mg/ L}$$

Setelah diketahui oksigen terlarut blanko pada hari ke 0 dan ke 5, dapat dihitung penurunan kandungan oksigen terlarutnya, sebagai berikut:

Penurunan Blanko A1

$$= \frac{(DO_0 - DO_5)}{P}$$

$$= \frac{(6,36 - 5,94)}{1}$$

$$= 0,4 \text{ mg/ L}$$

Penurunan Blanko A2

$$= \frac{(DO_0 - DO_5)}{P}$$

$$= \frac{(4,67 - 4,27)}{1}$$

$$= 0,4 \text{ mg/ L}$$

Air bebas mineral digunakan sebagai kontrol dengan penurunan oksigen terlarut maksimum < 0,4 mg/ L setelah 5 hari. Blanko 1 dan blanko 2 mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0,4 mg/L sehingga memenuhi persyaratan SNI 6989.72-2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*BOD*).

Selanjutnya dapat dihitung oksigen terlarut lindi pada 0 hari dan 5 hari menggunakan persamaan yang sama, sebagai berikut:

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

DO = Oksigen terlarut (mg/L)

V = Volume titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (mL)

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (N)

F = faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi MnSO_4 dan alkali iodida azida)

Reaktor 1(1)

$$DO_0 = \frac{3,4 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 14,42 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{2,6 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 11,03 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 1(2)

$$DO_0 = \frac{3,2 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 13,57 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{2,5 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 10,61 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 2(1)

$$DO_0 = \frac{3,2 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 13,57 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{2,7 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 11,45 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 2(2)

$$DO_0 = \frac{3,3 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 13,99 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{2,8 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 11,88 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 3(1)

$$DO_0 = \frac{3,9 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 16,54 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{2,2 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 9,33 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 3(2)

$$DO_0 = \frac{3,9 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 16,54 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{2,3 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 9,76 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 4(1)

$$DO_0 = \frac{5,1 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 21,63 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{3,5 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 14,84 \text{ mg/ L}$$

Reaktor 4(2)

$$DO_0 = \frac{4,9 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 20,79 \text{ mg/ L}$$

$$DO_5 = \frac{3,4 \text{ mL} \times 0,0263 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 14,42 \text{ mg/ L}$$

Kandungan Oksigen Biokimia dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$BOD = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P}$$

- A_1 = oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/ L)
- A_2 = oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/ L)
- B_1 = oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/ L)
- B_2 = oksigen terlarut blanko uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/ L)
- V_b = volume suspensi mikroba dalam dalam botol DO blanko (mL)
- V_c = volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL)
- P = Perbandingan volume contoh uji (V_1) per volume total (V_2)

$$\begin{aligned}
 & \text{Reaktor 1(1)} \\
 \text{BOD} &= \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P} \\
 &= \frac{(14,42 - 11,03) - \left(\frac{6,36 - 5,94}{0}\right) \times 1}{\frac{25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\
 &= 135,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Reaktor 1(2)} \\
 \text{BOD} &= \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P} \\
 &= \frac{(13,57 - 10,61) - \left(\frac{6,86 - 5,94}{0}\right) \times 1}{\frac{25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\
 &= 118,4 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Reaktor 3(1)} \\
 \text{BOD} &= \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P} \\
 &= \frac{16,54 - 9,33 - \left(\frac{6,36 - 5,94}{0}\right) \times 1}{\frac{25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\
 &= 288,4 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Reaktor 3(2)} \\
 \text{BOD} &= \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P} \\
 &= \frac{(16,54 - 9,76) - \left(\frac{6,86 - 5,94}{0}\right) \times 1}{\frac{25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\
 &= 254,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Reaktor 4(1)} \\
 \text{BOD} &= \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P} \\
 &= \frac{21,63 - 14,84 - \left(\frac{6,36 - 5,94}{0}\right) \times 1}{\frac{25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\
 &= 271,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

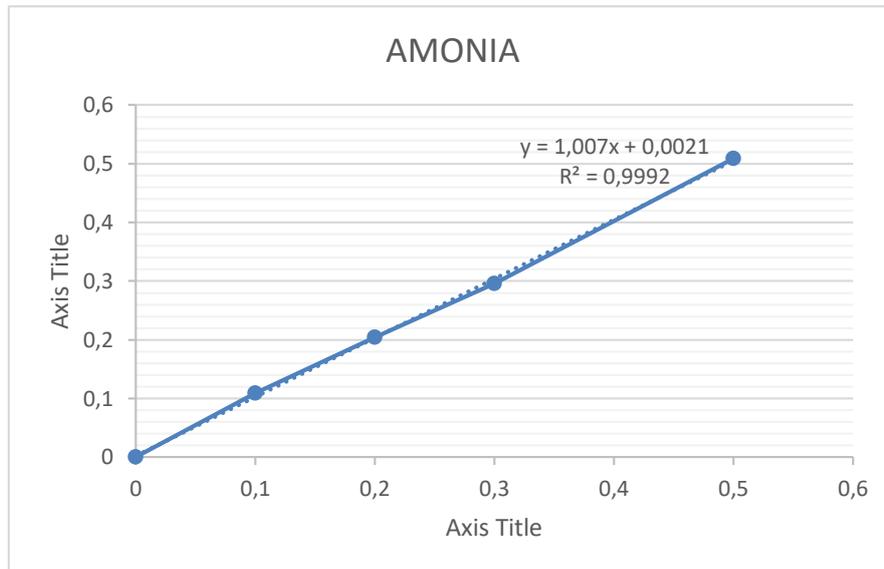
$$\begin{aligned}
 & \text{Reaktor 4(2)} \\
 \text{BOD} &= \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P} \\
 &= \frac{(20,79 - 14,42) - \left(\frac{6,86 - 5,94}{0}\right) \times 1}{\frac{25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\
 &= 254,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Tabel III.5 Hasil Perhitungan Nilai BOD

Sampel		BOD	BOD rata-rata
Reaktor 1	1	84,8	127,12
	2	84,4	
Reaktor 2	1	135,6	84,64
	2	118,4	
Reaktor 3	1	288,4	280,61
	2	254,8	
Reaktor 4	1	271,6	263,22
	2	254,8	

4. Perhitungan Kadar Amonia

Tabel III.6 Kurva Kalibrasi



Dari kurva di atas, diperoleh persamaan regresi linier $Y = 1,007x + 0,0021$, sehingga dapat ditentukan kadar amonia dari persamaan tersebut dengan memasukkan nilai absorbansi ke dalam persamaan regresi linier. Hasil perhitungannya dapat di lihat pada table di bawah ini:

Tabel III.7 Hasil Perhitungan Kadar Amonia

No	Reaktor	Kode	Amonia (Abs)		C		fp	Amonia (mg/l)		Amonia Rata-rata (mg/l)
			1	2	(mg/l)					
1	R1 100%	1	0,054	0,052	0,052	0,050	100	5,15	4,96	5,05
		2	0,051	0,048	0,049	0,046	100	4,86	4,56	4,71
2	R2 100%	1	0,037	0,032	0,035	0,030	100	3,47	2,97	3,22
		2	0,041	0,038	0,039	0,036	100	3,86	3,57	3,71
3	R3 100%	1	0,167	0,164	0,164	0,161	100	16,38	16,08	16,23
		2	0,158	0,154	0,155	0,151	100	15,48	15,08	15,28
4	R4 100%	1	0,153	0,148	0,150	0,145	100	14,99	14,49	14,74
		2	0,156	0,154	0,153	0,151	100	15,28	15,08	15,18



Lampiran IV Dokumentasi



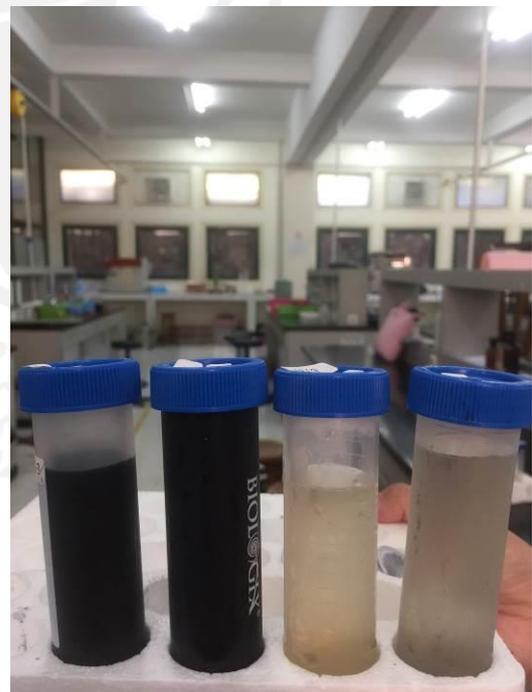
Kondisi Sungai Tercemar di Desa Troso



Reaktor Pengolahan Limbah



Proses Pengujian Air Limbah



Penampilan Fisik Limbah



Proses Aklimatisasi



Kondisi Udang Setelah Terpapar



Pengecekan Kualitas Air



Proses Uji Toksisitas



“Halaman ini sengaja dikosongkan”