



TUGAS AKHIR - RE091324

**UJI TOKSISITAS AKUT AIR LIMBAH INDUSTRI
BATIK TERHADAP BIOTA UJI IKAN NILA
(*OREOCHROMIS NILOTICUS*) DAN TUMBUHAN
AIR KAYU APU (*PISTIA STRATIOTES*)**

**BRIAN PRAMUDITA
NRP. 3310 100 032**

**Dosen Pembimbing
Bieby Vojjant Tangahu ST, MT, Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT - RE091324

**ACUTE TOXICITY TEST WASTE WATER OF
BATIK INDUSTRY IN NILE TILAPIA (*Oreochromis
niloticus*) AND SHELLFLOWER (*Pistia
stratiotes*)**

**BRIAN PRAMUDITA
NRP. 3310 100 032**

**Supervisor
Bieby Vojant Tangahu ST, MT, Ph.D.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

ABSTRAK

Uji Toksisitas Akut Air Limbah Industri Batik Terhadap Biota Uji Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Tumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Nama Mahasiswa : Brian Pramudita
NRP : 3310100032
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu, ST,
MT, Ph.D.

Batik merupakan salah satu kerajinan Indonesia yang mendunia. Dalam setiap proses produksi mengeluarkan air limbah, dalam air limbah batik mengandung logam berat krom yang bersifat karsinogenik. Mayoritas pengusaha batik membuang air limbahnya langsung kedalam sungai. Hal ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan terhadap biota di sungai tersebut,

Penelitian ini menggunakan metoda uji toksisitas akut yang mengamati jumlah kematian biota uji selama 96 jam dan dicari nilai konsentrasi dimana 50% biota uji mati (LC_{50}). Air limbah yang digunakan adalah air limbah dari proses pelorodan atau pelepasan lilin, dan air limbah pencelupan warna. Biota uji yang digunakan adalah ikan nila dan tumbuhan air kayu apu, dikarenakan biota uji dapat mewakili keadaan lingkungan sebenarnya.

Menurut hasil penelitian didapati Nilai LC_{50} untuk air limbah pelorodan dengan biota uji ikan nila adalah $0,9\% \pm 0,2$; nilai LC_{50} air limbah pelorodan dengan biota uji tumbuhan kayu apu adalah $1,3\% \pm 0,4$; nilai LC_{50} untuk air limbah pewarnaan dengan biota uji ikan nila adalah $4,9\% \pm 0,3$; dan nilai LC_{50} untuk air limbah pewarnaan dengan biota uji tumbuhan kayu apu adalah $3,3\% \pm 0,4$.

Kata kunci: LC_{50} , Krom, Air Limbah

ABSTRACT

Acute Toxicity Test Waste Water of Batik Industry in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Shellflower (*Pistia stratiotes*)

Student Name : Brian Pramudita
NRP : 3310100032
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Bieby Voijant Tangahu, ST,
MT, Ph.D.

Batik is one of Indonesian handicrafts worldwide. In each process production, they effused wastewater that containing Chromium as heavy metals which are carcinogenic. Majority of batik entrepreneurs dispose their wastewater directly into the river. This will cause environmental pollution on the organisms of the river.

This research uses acute toxicity method, which observed number of mortality during 96 hours test and find the concentration where 50% of organism test dead (LC_{50}). Wastewater samples were used from released wax and dyeing colour process. The test organism used are nile tilapia and shellflower as the aquatic plant, those organisms may represent the actual condition of the environment.

According to the result, the LC_{50} from released wax wasterwater values were $0,9\% \pm 0,2$ for nile tilapia; and for shellflower the LC_{50} values were $1,3\% \pm 0,4$; from dyeing colour wastewater, LC_{50} values were $4,9\% \pm 0,3$ for nile tilapia ; and for shellflower LC_{50} values were $3,3\% \pm 0,4$.

Keywords: LC_{50} , Chrome, Wastewater

LEMBAR PENGESAHAN

Uji Toksisitas Akut Air Limbah Industri Batik
Terhadap Biota Uji Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*)
Dan Tumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
BRIAN PRAMUDITA
NRP. 3310 100 032

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D
NIP : 197108181997320011



SURABAYA, APRIL 2014

KATA PENGANTAR

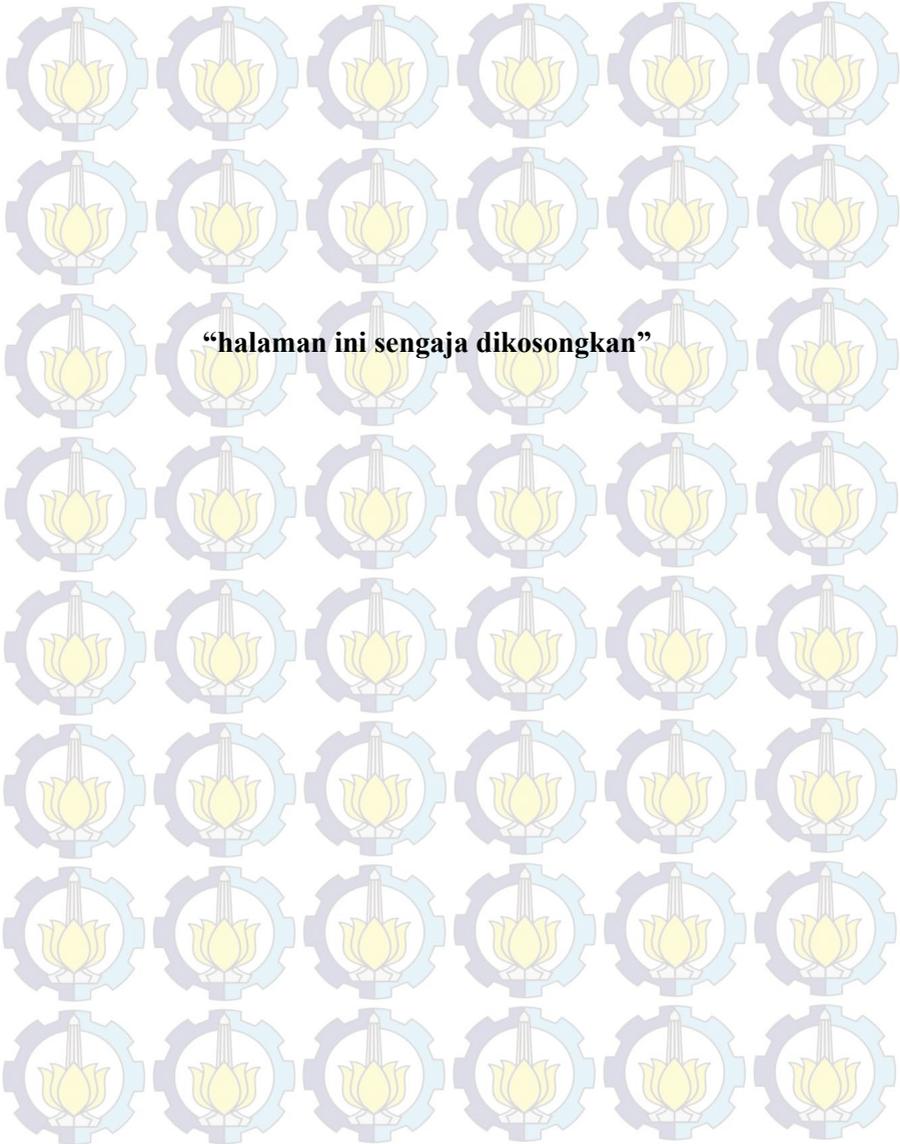
Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT, karena-Nya lah penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “*Uji Toksisitas Akut Air Limbah Industri Batik Terhadap Biota Uji Ikan Nila (Oreochromis niloticus) dan Tumbuhan Kayu Apu (Pista stratiotes)*” dengan baik.

Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, Ph.D sebagai Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing penyusun dalam pembuatan proposal Tugas Akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo MscES, Alia Damayanti, ST, MT, Ph.D., Ipung Fitri Purwanti ST, MT, Ph.D, dan Arseto Yekti Bagastyo ST, M.Phil, Ph.D sebagai Dosen Penguji atas segala bimbingan dan perbaikan yang diberikan.
3. IDAA Warmadewanthi, ST, MT, PhD atas bimbingannya selama masa perkuliahan di jurusan Teknik Lingkungan ITS.
4. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M.Sc, PhD selaku Kepala Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
5. Keluarga penyusun: mama, papa, dan kakak-kakak atas segala motivasi dan semangat yang diberikan.
6. Teman-teman REBEL 2010, terutama Ruri, Rizal, Kasih, Une, Ina, Coco, Esthi, Dede yang selalu menyemangati dan mendampingi penyusun selama pembuatan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca semua.

Surabaya, Oktober 2013



“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	1
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Industri Batik	5
2.2. Proses Produksi Batik	5
2.2.1 Karakteristik Air Limbah Batik	6
2.3. Dampak Limbah Batik	8
2.3.1 Karakteristik Fisik	8
2.3.2 Karakteristik Kimia	9
2.3.3 Kandungan Krom	9
2.4. Toksikologi	9
2.4.1 Toksikan	10
2.4.2 Toksisitas	10
2.4.3 Uji Toksisitas	10
2.5. Biota Uji	11
2.4.4 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
2.4.5 Tumbuhan Kayu Apu (<i>Pista stratiotes</i>)	13
2.6. Metoda Perhitungan LC ₅₀	14
BAB III METODA PENELITIAN	17
3.1. Kerangka Penelitian	17
3.2. Tahapan Penelitian	19
3.2.1 Ide penelitian	19

3.2.2	Studi Literatur	19
3.2.3	Tahap Persiapan	20
3.2.4	Analisa Pendahuluan	22
3.3.	Tahap Aklimatisasi	22
3.4.	<i>Range Finding Test</i>	23
3.5.	Uji Toksisitas Akut	25
3.6.	Perhitungan LC ₅₀ Hasil Uji Toksisitas	26
3.7.	Teknik Analisis Parameter Penelitian	27
3.8.	Analisa Kandungan Krom Dalam Tubuh Ikan	27
3.9.	Analisa dan pembahasan	28
3.10.	Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Aklimatisasi	37
4.2	Range Finding Test	41
4.2.1	Karakteristik Limbah	41
4.2.2	Hasil Penelitian dan Pembahasan	45
4.3	Acute Toxicity Test	
4.3.1	Karakteristik Air Limbah	62
4.3.2	Hasil Penelitian dan Pembahasan	62
4.4	Sifat Fisik Kimia Biologis Lingkungan	67
4.5	Sifat Fisik Kimia Toksikan	72
4.6	Perhitungan Nilai LC ₅₀ , 96 Jam	
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		79
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN		98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Tekstil	8
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan	29
Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan	30
Tabel 4.11 karakteristik limbah yang digunakan untuk <i>Range Finding Test</i>	42
Tabel 4.12 variasi konsentrasi limbah pada <i>range finding test 2</i>	43
Tabel 4.13 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada <i>range finding test</i>	44
Tabel 4.18 karakteristik limbah yang digunakan untuk <i>Acute Toxicity Test</i>	63
Tabel 4.19 variasi konsentrasi air limbah pada <i>acute toxicity test</i>	64
Tabel 4.20 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada <i>acute toxicity test</i>	66
Tabel 4.25 Data untuk perhitungan LC_{50}	85
Tabel 4.26 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi^2	90
Tabel 4.27 Nilai Chi^2 untuk batas kepercayaan 95%	94
Tabel 4.28 kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Pembuatan Batik	7
Gambar 2.2 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	12
Gambar 2.3 Tubuhan Kayu Apu (<i>Pista stratiotes</i>)	13
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	17
Gambar 3.2 Reaktor Uji	24
Gambar 3.3 Skema peralatan pada uji <i>Range Finding Test</i>	25
Gambar 3.4 Skema peralatan pada uji Uji Toksisitas Akut	26
Gambar 4.1 Hasil pengamatan temperatur pada tahap aklimatisasi	39
Gambar 4.2 Hasil pengamatan pH pada tahap aklimatisasi	40
Gambar 4.3 hasil pengamatan DO pada tahap aklimatisasi	41
Gambar 4.4 hasil pengamatan kematian biota uji pada tahap aklimatisasi	42
Gambar 4.5 hasil pengamatan DO untuk air limbah pelorodan	48
Gambar 4.6 hasil pengamatan DO untuk air limbah pencelupan warna	49
Gambar 4.7 suhu untuk ikan nila pada air limbah pelorodan	50
Gambar 4.8 suhu untuk kayu apu pada air limbah pelorodan	51
Gambar 4.9 suhu untuk ikan nila pada air limbah pencelupan warna	52
Gambar 4.10 suhu untuk kayu apu pada air limbah pencelupan warna	53
Gambar 4.11 pH pada untuk ikan nila pada air limbah pelorodan	54

Gambar 4.12	pH untuk kayu apu pada air limbah pelorodan	55
Gambar 4.13	pH untuk ikan nila pada air limbah pencelupan warna	56
Gambar 4.14	pH untuk kayu apu pada air limbah pencelupan warna	57
Gambar 4.15	akumulasi kematian ikan nila pada air limbah pelorodan	59
Gambar 4.16	akumulasi kematian kayu apu pada air limbah pelorodan	60
Gambar 4.17	akumulasi kematian ikan nila pada air limbah pencelupan warna	61
Gambar 4.18	akumulasi kematian kayu apu pada air limbah pencelupan warna	62
Gambar 4.19	jumlah kematian ikan nila pada air limbah pelorodan	69
Gambar 4.20	jumlah kematian kayu apu pada air limbah pelorodan	70
Gambar 4.21	jumlah kematian ikan nila pada air limbah pencelupan warna	71
Gambar 4.22	jumlah kematian kayu apu pada air limbah pencelupan warna	72
Gambar 4.23	nilai DO pada ikan nila air limbah pelorodan	74
Gambar 4.24	nilai DO pada ikan nila air limbah pencelupan warna	75
Gambar 4.25	suhu pada ikan nila air limbah pelorodan	76
Gambar 4.26	suhu pada kayu apu air limbah pelorodan	77
Gambar 4.27	suhu pada ikan nila air limbah pencelupan warna	78
Gambar 4.28	pH suhu pada kayu apu air limbah pencelupan warna	79

Gambar 4.29 pH pada ikan nila air limbah pelorodan 81

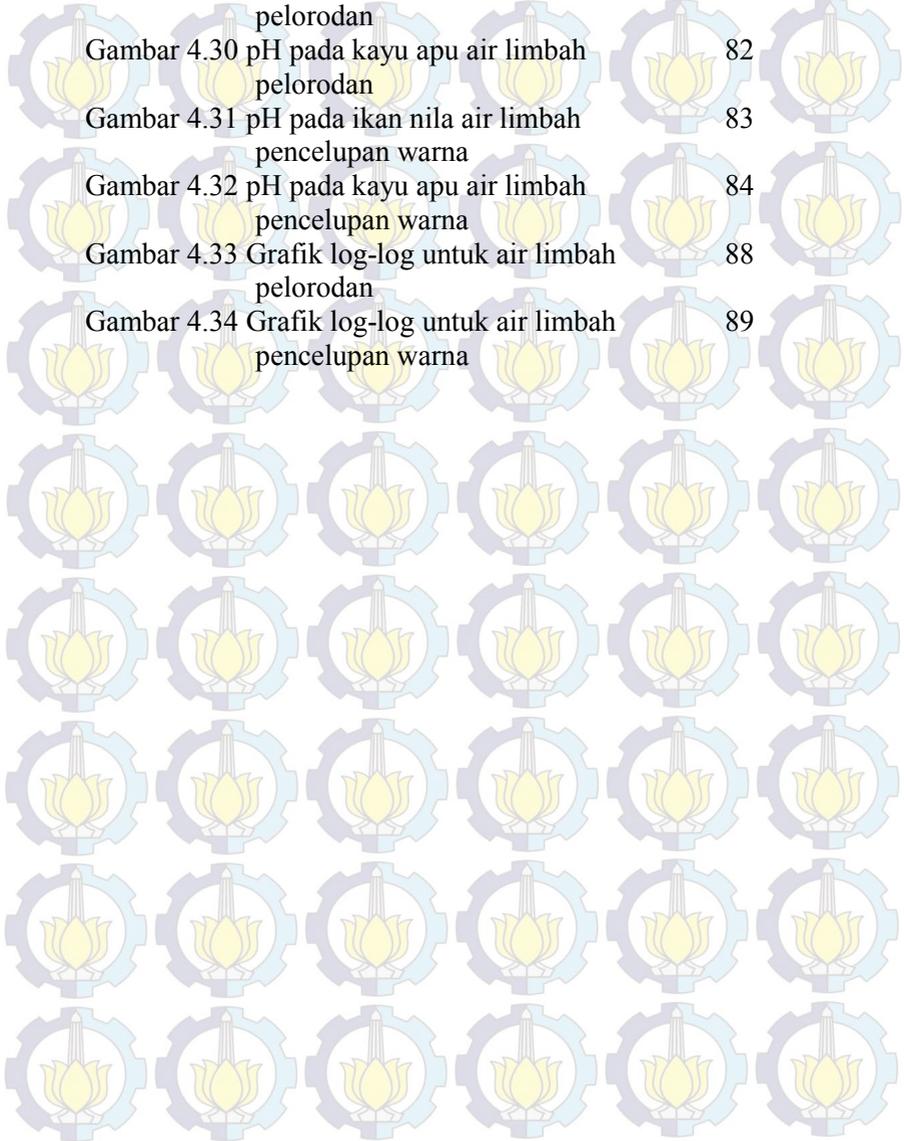
Gambar 4.30 pH pada kayu apu air limbah pelorodan 82

Gambar 4.31 pH pada ikan nila air limbah pencelupan warna 83

Gambar 4.32 pH pada kayu apu air limbah pencelupan warna 84

Gambar 4.33 Grafik log-log untuk air limbah pelorodan 88

Gambar 4.34 Grafik log-log untuk air limbah pencelupan warna 89



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Tekstil	8
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan	29
Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan	30
Tabel 4.11 karakteristik limbah yang digunakan untuk <i>Range Finding Test</i>	42
Tabel 4.12 variasi konsentrasi limbah pada <i>range finding test 2</i>	43
Tabel 4.13 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada <i>range finding test</i>	44
Tabel 4.18 karakteristik limbah yang digunakan untuk <i>Acute Toxicity Test</i>	63
Tabel 4.19 variasi konsentrasi air limbah pada <i>acute toxicity test</i>	64
Tabel 4.20 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada <i>acute toxicity test</i>	66
Tabel 4.25 Data untuk perhitungan LC_{50}	85
Tabel 4.26 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi^2	90
Tabel 4.27 Nilai Chi^2 untuk batas kepercayaan 95%	94
Tabel 4.28 kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Pembuatan Batik	7
Gambar 2.2 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	12
Gambar 2.3 Tubuhan Kayu Apu (<i>Pista stratiotes</i>)	13
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	17
Gambar 3.2 Reaktor Uji	24
Gambar 3.3 Skema peralatan pada uji <i>Range Finding Test</i>	25
Gambar 3.4 Skema peralatan pada uji Uji Toksisitas Akut	26
Gambar 4.1 Hasil pengamatan temperatur pada tahap aklimatisasi	39
Gambar 4.2 Hasil pengamatan pH pada tahap aklimatisasi	40
Gambar 4.3 hasil pengamatan DO pada tahap aklimatisasi	41
Gambar 4.4 hasil pengamatan kematian biota uji pada tahap aklimatisasi	42
Gambar 4.5 hasil pengamatan DO untuk air limbah pelorodan	48
Gambar 4.6 hasil pengamatan DO untuk air limbah pencelupan warna	49
Gambar 4.7 suhu untuk ikan nila pada air limbah pelorodan	50
Gambar 4.8 suhu untuk kayu apu pada air limbah pelorodan	51
Gambar 4.9 suhu untuk ikan nila pada air limbah pencelupan warna	52
Gambar 4.10 suhu untuk kayu apu pada air limbah pencelupan warna	53
Gambar 4.11 pH pada untuk ikan nila pada air limbah pelorodan	54
Gambar 4.12 pH untuk kayu apu pada air limbah	55

pelorodan

Gambar 4.13 pH untuk ikan nila pada air limbah 56

pencelupan warna

Gambar 4.14 pH untuk kayu apu pada air limbah 57

pencelupan warna

Gambar 4.15 akumulasi kematian ikan nila pada air 59

limbah pelorodan

Gambar 4.16 akumulasi kematian kayu apu pada 60

air limbah pelorodan

Gambar 4.17 akumulasi kematian ikan nila pada air 61

limbah pencelupan warna

Gambar 4.18 akumulasi kematian kayu apu pada 62

air limbah pencelupan warna

Gambar 4.19 jumlah kematian ikan nila pada air 69

limbah pelorodan

Gambar 4.20 jumlah kematian kayu apu pada air 70

limbah pelorodan

Gambar 4.21 jumlah kematian ikan nila pada air 71

limbah pencelupan warna

Gambar 4.22 jumlah kematian kayu apu pada air 72

limbah pencelupan warna

Gambar 4.23 nilai DO pada ikan nila air limbah 74

pelorodan

Gambar 4.24 nilai DO pada ikan nila air limbah 75

pencelupan warna

Gambar 4.25 suhu pada ikan nila air limbah 76

pelorodan

Gambar 4.26 suhu pada kayu apu air limbah 77

pelorodan

Gambar 4.27 suhu pada ikan nila air limbah 78

pencelupan warna

Gambar 4.28 pH suhu pada kayu apu air limbah 79

pencelupan warna

Gambar 4.29 pH pada ikan nila air limbah 81

pelorodan

Gambar 4.30 pH pada kayu apu air limbah 82

pelorodan

Gambar 4.31 pH pada ikan nila air limbah 83

pencelupan warna

Gambar 4.32 pH pada kayu apu air limbah 84

pencelupan warna

Gambar 4.33 Grafik log-log untuk air limbah 88

pelorodan

Gambar 4.34 Grafik log-log untuk air limbah 89

pencelupan warna

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batik merupakan salah satu kesenian dan salah satu warisan budaya di Indonesia. Semenjak batik telah diakui secara internasional sebagai salah satu warisan budaya Indonesia, saat ini produksi dan permintaan masyarakat atas batik terus meningkat. Karena itu batik merupakan salah satu jenis usaha kecil mandiri yang berkembang pesat di masyarakat.

Sebagaimana industri lainnya, industri pada batik ini juga menghasilkan limbah, yaitu berupa limbah cair. Selama ini limbah cair hasil produksi batik tersebut langsung dibuang ke badan air dalam saluran-saluran umum terdekat tanpa diolah terlebih dahulu. Hanya sebagian kecil masyarakat pengrajin batik ini yang mengolah limbahnya, hal ini dikarenakan kebanyakan para pengrajin batik merupakan orang dengan usaha menengah kecil.

Industri batik ini merupakan salah satu industri penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur no. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, telah diatur tentang standar baku mutu air limbah yang boleh dibuang ke badan air. Peraturan ini juga berlaku bagi industri batik. Apabila parameter-parameter air limbah yang disebutkan dalam Keputusan Gubernur ini melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, maka air limbah dari proses pembatikan ini berpotensi untuk mencemari lingkungan sehingga perlu adanya identifikasi tingkat bahaya dari air limbah batik ini. Dalam air limbah tersebut selain mengandung zat warna yang tinggi, air

limbah proses pembatikan juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut maupun diuraikan (Diniyati, 2012). Apabila air limbah proses pembatikan ini masuk ke dalam badan air tentunya akan menimbulkan pencemaran lingkungan seperti kematian biota-biota akuatik, dikarenakan komponen utama dari air limbah tersebut merupakan bahan sintetik yang bersifat toksik.

Krom merupakan salah satu zat toksik yang terkandung dalam air limbah batik. Krom merupakan logam berat yang berpotensi menyebabkan berbagai macam penyakit seperti iritasi pada kulit dan kanker pada manusia. Pada biota akuatik kandungan krom dapat terakumulasi dalam tubuh, hingga kematian pada biota itu sendiri. Kematian biota-biota akuatik pastinya akan membuat keseimbangan ekosistem akan terganggu. Ketidakseimbangan ekosistem ini dapat membuat berbagai macam persoalan. Persoalan yang dapat terjadi antara lain seperti hilangnya spesies-spesies ikan tertentu.

Agar kita dapat menjaga keseimbangan lingkungan, perlu adanya kajian atau uji tentang bagaimanakah sifat dan karakteristik air limbah batik ini. Salah satu uji yang dapat dilakukan adalah dengan uji toksisitas. Uji toksisitas merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui unsur-unsur penyebab toksik dan dampaknya terhadap biota akuatik dalam suatu penelitian, hasil uji ini akan berbentuk LC_{50} yaitu nilai konsentrasi pemaparan zat toksik yang dimana 50% biota uji mati (Smith et al, 2001). Menurut Halang (2004), toksisitas merupakan sifat relatif dari toksikan terhadap efek negatif yang ditimbulkan pada makhluk hidup. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi uji toksisitas ini, di antara konsentrasi toksikan, komposisi dan jenis dari

toksikan itu sendiri, waktu pemaparan dari toksikan, hingga karakteristik dari biota uji penerima toksikan dalam uji ini. Biota uji yang digunakan adalah ikan nila sebagai perwakilan dampak air limbah terhadap biota hewan air dan tumbuhan air Kayu Apu sebagai perwakilan dampak air limbah terhadap biota tumbuhan air.

Dengan adanya uji toksisitas air limbah batik ini, diharapkan dapat memperoleh gambaran umum tentang bagaimanakah tingkat bahaya atas air limbah batik, baik terhadap badan air penerima air limbah dan terutama terhadap biota-biota akuatik yang terkandung didalamnya.

1.2 Rumusan Masalah

Air limbah batik mengandung zat toksik yaitu Krom (Cr) dan berpotensi membahayakan kehidupan biota akuatik. Dikarenakan hal tersebut, adapun beberapa rumusan masalah yang diperoleh yakni bagaimanakah pengaruh konsentrasi zat toksik krom (Cr) yang terkandung di dalam air limbah batik terhadap nilai LC_{50} dan berapakah nilai LC_{50} pada air limbah batik tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menentukan nilai LC_{50} , 96 jam air limbah pabrik batik terhadap ikan nila dan tumbuhan kayu apu.
2. Menganalisa pengaruh konsentrasi krom (Cr) dalam air limbah batik terhadap hewan uji ikan nila dan tumbuhan kayu apu.

1.4 Ruang Lingkup

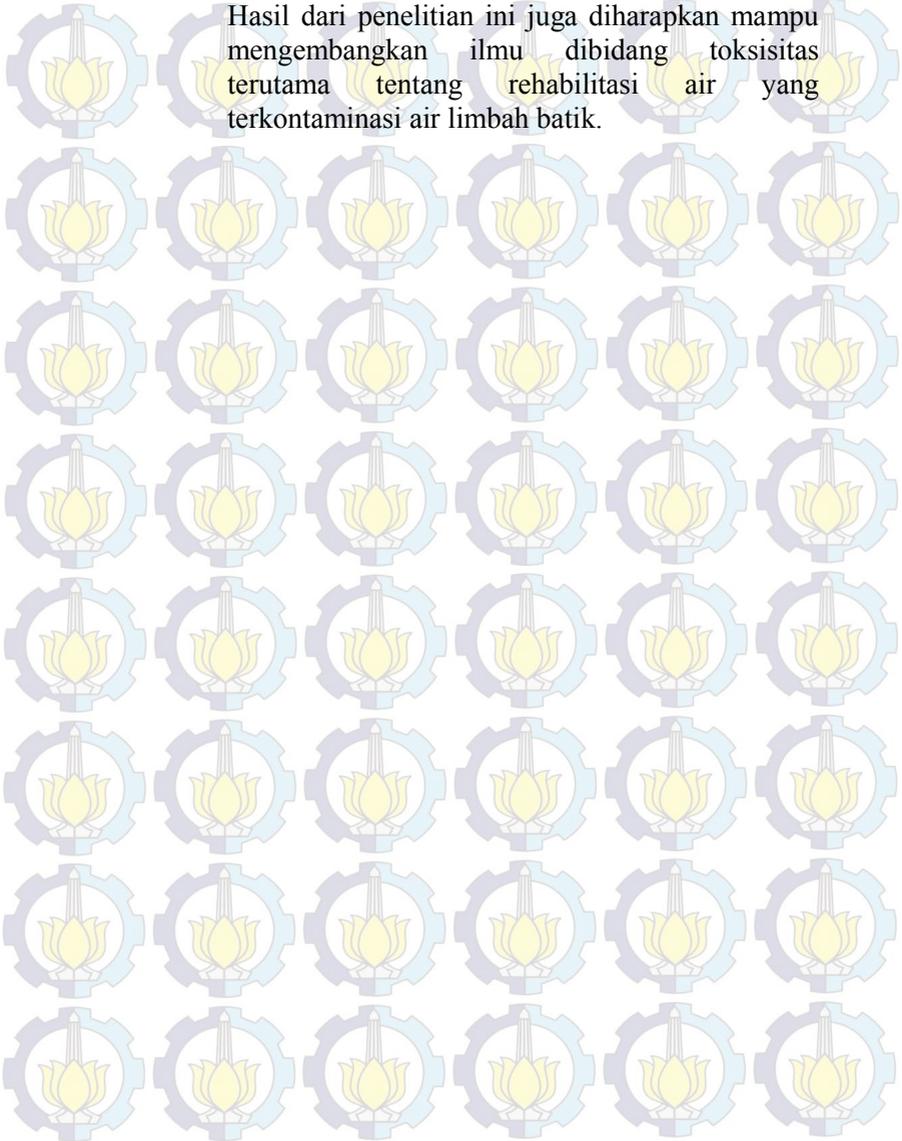
Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah

1. Air Limbah yang digunakan adalah air limbah industri batik pada salah satu pengusaha batik di kampung batik Jetis, Sidoarjo.
2. Air pengencer yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air PDAM sambungan yang terdapat pada Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
3. Biota uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*).
4. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan prinsip LC₅₀, yaitu dimana 50% dari biota uji mengalami kematian akibat paparan zat toksik yang dilakukan selama 96 jam.
5. Variabel uji penelitian yang digunakan adalah sampel air limbah yang diambil dari proses pewarnaan dan pelorodan batik, sedangkan untuk variabel biota uji digunakan ikan nila dan tumbuhan kayu apu.
6. Uji toksisitas akut dilakukan dengan menggunakan parameter kematian biota uji dan dilakukan dalam skala laboratorium dengan konsentrasi toksikan yang berbeda dalam pengenceran.
7. Parameter yang digunakan untuk air uji selama pengamatan adalah suhu, DO, dan pH. Untuk BOD, COD, TSS dilakukan pada jam ke 96 saja.
8. Uji kandungan krom total dalam ikan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan manfaat dalam pemberian informasi tentang air limbah proses produksi batik, dan hasil dari uji toksisitas air limbah batik terhadap hewan uji akuatik

berupa ikan nila dan tumbuhan air kayu apu. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan mampu mengembangkan ilmu dibidang toksisitas terutama tentang rehabilitasi air yang terkontaminasi air limbah batik.





BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Batik

Kerajinan batik merupakan kerajinan tradisional warisan budaya Jawa dan tetap dilestarikan hingga sekarang. Kata Batik sendiri berasal dari kata “Mbatik” dalam bahasa Jawa yang artinya membuat titik-titik. Berdasarkan asal kata batik itu sendiri, sehingga seni batik adalah seni membuat titik-titik yang diciptakan oleh manusia sehingga menimbulkan rasa senang baik lahir maupun batin (Ariyanto, 2002).

Semenjak muncul insiden pengklaiman seni Batik terhadap Negara lain, pemerintah dan masyarakat Indonesia mulai meninggikan rasa cinta terhadap batik ini. Setelah batik diakui oleh UNESCO pada 2 Oktober 2011 lalu, warisan budaya ini kembali menjadi primadona, hal ini terbukti dengan ditetapkannya 2 Oktober sebagai hari batik nasional.

2.2 Proses Produksi Batik

Teknik membuat batik adalah merupakan serangkaian proses pekerjaan yang dimulai dari kain polos (mori), hingga menjadi kain batik (Purwaningsih, 2008). Secara umum, proses pengolahan batik adalah:

1. Proses Persiapan Bahan baku dan Lilin
Dalam proses ini disiapkan bahan baku berupa kain mori atau kain yang akan dibuat menjadi batik, dan lilin batik yang berfungsi sebagai pelindung terhadap pencelupan warna yang tidak diinginkan dalam pola. Ada berbagai macam bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lilin batik, salah satunya berasal dari

gondorukem, paraffin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, hingga lilin batik bekas pelorotan. Namun tidak semua bahan-bahan yang telah disebutkan diatas ada dalam proses pembuatan lilin batik.

2. Proses Pematikan

Merupakan proses-proses pelekatan lilin batik pada kain, hingga membuat pola-pola batik yang diinginkan. Pada umumnya pelekatan lilin ini menggunakan alat yang disebut dengan canting. Adapula cara pematikan lainnya adalah dengan menggunakan cap yang telah terbentuk pola.

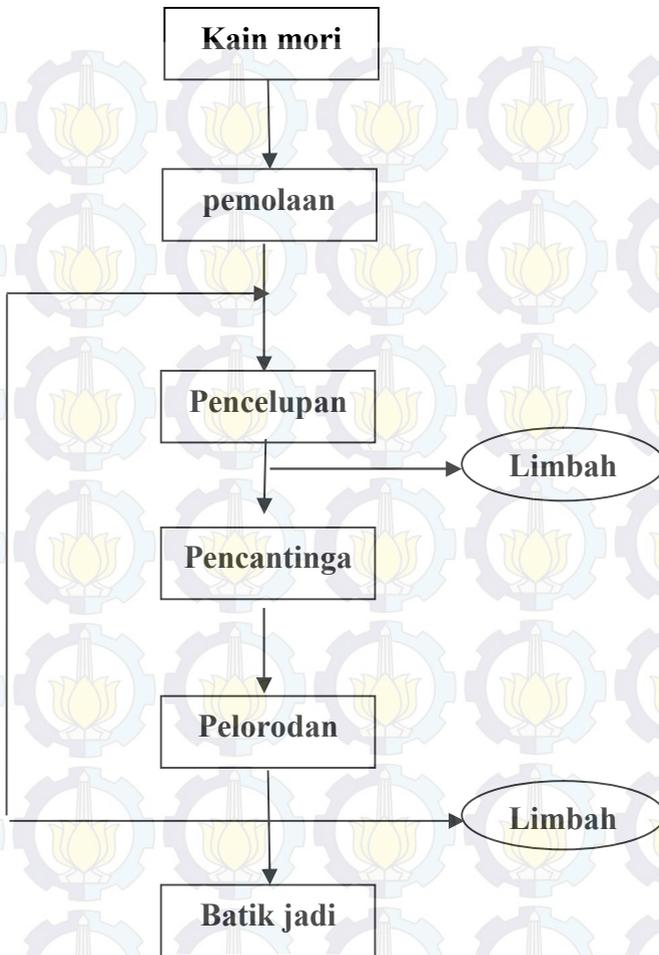
3. Proses Pemberian Warna

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

4. Proses Pelepasan Lilin Batik (Pelorotan)

Maksud dari proses ini adalah untuk melepaskan lilin-lilin dalam proses pematikan. Lilin-lilin pada proses pematikan dimaksudkan untuk melindungi kain dari proses pewarnaan dasar, yang kemudian lilin-lilin ini akan dilepaskan untuk pemberian lilin-lilin pelindung berikutnya.

Untuk alur pembuatan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema Pembuatan Batik

2.2.1 Karakteristik Air Limbah Batik

Air limbah batik pada umumnya bersifat basa dan memiliki kadar organik yang tinggi akibat sisa proses pematikan. Proses pencelupan yang dilakukan merupakan penyumbang zat warna yang kuat apabila tidak diberikannya pengolahan yang tepat (Manurung, 2004).

Zat warna yang terkandung dalam air limbah batik umumnya sukar untuk terdegradasi dengan baik. Zat warna ini umumnya didesain untuk memiliki tingkatan kimia yang tinggi untuk menahan kerusakan akibat oksidatif yang berasal dari cahaya matahari.

Industri batik dapat dikategorikan sebagai industri yang bergerak dibidang tekstil, dan berpotensi untuk mengahsillkan logam krom dalam keluaran air limbah. Pemerintah sendiri sebelumnya telah mengeluarkan standar baku mutu air limbah tekstil. Standar baku mutu ini diatur dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur no 45 tahun 2002, tentang baku mutu limbah cair bagi industri atau kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair untuk industri tekstil / batik

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
BOD5	60
COD	150
TSS	50
pH	6-9
Chrom Total	1

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
Fenol	0,5
Minyak dan Lemak	3,6
NH ₃ -N	8
Sulfida (Sebagai H ₂ S)	0,3

Sumber: Kep. Gubernur Jawa Timur no. 72/2013

2.3 Dampak Limbah Batik

Dalam industri batik ataupun tekstil, salah satu kandungan yang paling mengganggu adalah kandungan zat warna. Sekitar 10-15% dari zat warna yang sudah digunakan tidak dapat digunakan kembali, sehingga harus dibuang. Zat warna ini akan mencemari lingkungan, selain itu masih banyak dampak yang dapat ditimbulkan akibat zat warna ini, seperti iritasi kulit, mata, kanker, hingga dapat menyebabkan terjadinya mutasi (Mathur et al., 2005). Selain itu limbah cair hasil proses pematikan ini juga dapat mempengaruhi kualitas air sumur dan sungai yang ada di sekitar industri pematikan tersebut (Diniyati, 2012).

2.3.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik disini meliputi Total Suspended Solid (TSS) dan suhu. Material tersuspensi yang banyak pada lingkungan ikan dapat mempengaruhi kesehatan ikan. Insang-insang pada ikan dapat rusak dan menyebabkan iritasi akibat penyumbatan insang oleh partikel-partikel tersuspensi tersebut. Sedangkan suhu dapat mempengaruhi kadar *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air. Kenaikan temperatur sebesar 10°C dapat

menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan akan mempercepat metabolisme 2 kali lipat.

2.3.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik Kimia disini meliputi *Chemical Oxygen Demand* (COD) , pH, dan DO. COD merupakan banyaknya oksigen dalam mg/l yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk pula kualitas air tersebut. DO merupakan sebuah ukuran banyaknya kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan hal yang paling penting bagi ikan. DO optimum untuk ikan adalah 5-6 mg/l, sedangkan kadar DO minimum paling tidak adalah 3 mg/l. pH merupakan cara untuk menunjukkan derajat keasaman dalam perairan. Ikan dapat hidup pada kisaran pH 5-9. Ikan akan mati apabila pH dalam air dibawah dari 4 ataupun diatas dari 11.

2.3.3 Kandungan Krom

Krom merupakan logam berat yang memiliki zat toksik tinggi dan sering merusak lingkungan. Krom merupakan bahan pengoksidasi kuat, bersifat karsinogenik atau berpotensi menyebabkan kanker, dan akan lebih toksik terhadap makhluk hidup apabila lama terpapar (Sudiarta, 2010).

Suatu zat yang berbahaya seperti logam berat akan diseoleh ikan melalui insang dan saluran pencernaan. Krom ini dapat menyebabkan terganggunya fungsi-fungsi dalam metabolisme tubuh. Efek toksisitas dari krom ini juga menyebabkan kerusakan pada insang ikan, insang

akan mengalami penebalan pada lapisan epitel sehingga akan menyulitkan ikan untuk mengambil oksigen dari air.

2.4 Toksikologi

Ilmu-ilmu yang mempelajari dampak negatif dari zat-zat kimia terhadap organisme hidup disebut sebagai Toksikologi. Selain mempelajari dampak-dampak negatif yang ditimbulkan dari zat-zat kimia terhadap organisme hidup, Toksikologi juga mempelajari kemampuan dari zat-zat toksik itu sendiri terhadap biota uji. Jenis toksikan, konsentrasi toksikan, komposisi toksikan, dan lama pemaparan merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kondisi dari biota uji (EPA, 2002).

2.4.1 Toksikan

Toksikan adalah zat-zat yang dapat memberikan efek negatif bagi lingkungan sekitar dengan cara merusak struktur maupun fungsi biologis. Zat-zat dalam toksikan ini dapat berupa zat yang berdiri sendiri, maupun campuran dari berbagai macam zat-zat yang ada. Sifat dari toksikan ini adalah memberikan dampak negatif bagi biota-biota yang ada dengan merusak dan merubah struktur maupun fungsi dari biota itu sendiri, baik secara akut (jangka pendek), maupun secara kronis (jangka panjang).

2.4.2 Toksisitas

Toksisitas adalah kemampuan limbah yang beracun untuk menimbulkan dampak kerusakan apabila dimasukkan kedalam tubuh maupun lingkungan (EPA, 2002). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi toksisitas,

seperti jenis toksikan, komposisi toksikan, konsentrasi, hingga waktu pemaparan toksikan.

2.4.3 Uji Toksisitas

Uji toksisitas merupakan uji yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai toksisitas dari toksikan terhadap hewan uji. Menurut OECD (2004), tujuan dari uji toksisitas ini adalah untuk memberikan toksikan, dan mempelajari dampak yang ditimbulkannya ke dalam lingkungan dengan menggunakan hewan uji yang mewakili lingkungan pada perairan tersebut. Uji toksisitas dapat dibedakan menjadi 2, yaitu uji toksisitas akut (jangka pendek), dan uji toksisitas kronis (jangka panjang).

Hal dasar yang membedakan antara uji toksisitas akut dan kronis adalah waktu pemaparan toksikan terhadap hewan uji dalam penelitian. Dalam uji toksisitas akut, waktu uji cenderung singkat, yaitu berkisar 96 jam. Dalam uji toksisitas kronis, dapat dibedakan menjadi uji sub kronis dan kronis. Dalam uji sub kronis, waktu pemaparan dilakukan selama kurang dari 3 bulan, sedangkan dalam uji kronis waktu pemaparan dilakukan selama lebih dari 3 bulan.

2.5 Biota Uji

Biota uji yang dipakai dalam penelitian ini adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*). Pemilihan hewan-hewan uji tersebut sesuai dengan kriteria-kriteria hewan uji toksisitas menurut APHA (2005). Kriteria-kriteria hewan uji toksisitas adalah sebagai berikut:

- a. Organisme haruslah organisme yang sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan.
- b. Tersedia dalam jumlah banyak dengan berbagai macam ukuran sepanjang tahun.
- c. Dapat dipelihara dalam skala laboratorium.
- d. Merupakan sumberdaya yang bernilai ekonomis
- e. sesuai dengan kepentingan uji hayati.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hidup ikan adalah pH. Nilai pH yang cocok untuk hidup ikan adalah antara pH 6-9. Apabila nilai pH terletak <4 maupun >11 , maka ikan tersebut akan mati. Secara umum perubahan pH secara tiba-tiba akan membuat perubahan tingkah laku pada ikan, ikan tersebut dapat loncat-loncat, mengeluarkan lendir secara berlebihan, hingga berenang sangat cepat (Arafad, 2000).

2.5.1 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila ini masih berkerabat dekat dengan ikan mujair (*Tilapia mossambica*), dikarenakan bentuk ikannya yang mirip dengan ikan mujair, tetapi untuk ikan nila warnanya masih lebih cerah dan tumbuh lebih besar. Ciri-ciri dari ikan ini adalah adanya garis-garis vertical yang berwarna gelap pada sirip ekornya. Garis-garis tersebut juga ada pada sirip punggung dan sirip dubur, hal ini berbeda dengan ikan mujair yang tidak memiliki garis-garis pada punggung dan dubur (Suyanto, 2003).



Gambar 2.2 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila memiliki taksonomi sebagai berikut :

Phylum : Chordata
 Sub – phylum : Vertebrata
 Kelas : Osteichthyes
 Sub-kelas : Acanthopterygi
 Ordo : Percomorphi
 Sub ordo : Percoidea
 Familia : Cichlidae
 Genus : Oreochromis
 Spesies : Oreochromis niloticus

Menurut Suyanto (2003), ikan nila ini merupakan salah satu ikan yang dapat hidup terhadap perubahan lingkungan. Dikarenakan kemampuan beradaptasi yang baik inilah, banyak masyarakat yang membudidayakan ikan ini. Ikan nila ini dapat hidup di perairan air tawar, payau, dan di air laut. Pertumbuhan dari ikan ini tergolong cepat serta tahan terhadap penyakit. Ikan yang berukuran kecil atau yang masih muda, cenderung lebih tahan terhadap perubahan lingkungan daripada ikan yang besar atau berumur lebih tua. Ikan nila ini mampu tumbuh hingga mencapai 50 cm.

Kondisi optimal untuk pertumbuhan pada ikan nila adalah pada pH 7,0-8,0 dan pada suhu 25°C-30°C, namun menurut Cahyono (2000) ikan nila ini mampu bertahan hidup pada pH air antara 5,0-11,0. Makanan pokok ikan ini adalah tumbuh-tumbuhan dan plankton. Apabila tidak terdapat tumbuh-tumbuhan maupun plankton, ikan nila juga dapat memakan hewan-hewan air dikarenakan ikan nila merupakan ikan omnivora (Suyanto, 2003).

2.5.2 Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Tumbuhan kayu apu merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang sering kita jumpai pada perairan air tawar yang kaya akan nutrisi. Tumbuhan ini merupakan keluarga araceae dan telah teridentifikasi sebanyak 40 jenis. Tumbuhan kayu apu merupakan tumbuhan yang berada pada permukaan perairan (Skillicom et al., 2005). Tumbuhan kayu apu termasuk salah satu tumbuhan yang penyebarannya sangat luas di seluruh penjuru dunia dan penyebarannya paling banyak pada daerah yang beriklim tropis dan memiliki temperatur hangat.



Gambar 2.3 Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Tumbuhan kayu apu memiliki taksonomi sebagai berikut:

Sub Kingdom : Tracheobionta
Super Divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Arecidae
Ordo : Arales
Famili : Araceae
Genus : Pistia
Spesies : Pistia stratiotes L.

Tumbuhan ini merupakan jenis tumbuhan yang mengapung pada permukaan air. Ciri-ciri fisiologi tumbuhan ini tidak berbatang, memiliki akar serabut yang panjangnya mencapai 90 mm, helaian daun berongga seperti spons dengan ujung membulat dan melekok, tumbuhan ini umumnya berbentuk oval dengan lebar daun rata-rata 5 mm berwarna hijau, memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat dan biasanya dapat membentuk kelompok 4-8 buah.

Menurut Hilman (2002), kriteria air yang cocok untuk tempat tinggal tumbuhan ini adalah adanya unsur hara yang tinggi, suhu yang optimum yaitu berkisar antara 6° – 33° C, pH antara 6,5 – 7,5, dan mendapatkan sinar matahari yang cukup.

2.6 Metoda Perhitungan LC_{50}

Dalam menghitung nilai LC_{50} terdapat berbagai macam cara, namun menurut

Margiastuti (2005) terdapat 3 macam cara perhitungan LC_{50} , yaitu:

1. *Straight-line graphical interpolation* (Metode kalkulus grafis).

Merupakan data konsentrasi efek, yang dimana digunakan untuk melihat adanya korelasi positif terhadap kelemahan, yaitu tidak memperhitungkan batas-batas kepercayaan LC_{50}

Prosedur perhitungan meliputi:

- a. Menyiapkan tabulasi data.
- b. Data diplot pada grafik semilogaritma dengan sumbu y bernilai log, sehingga didapatkan garis korelasi dengan persamaan sumbu.
- c. Masukkan $x = 50$ pada persamaan sumbu, sehingga didapatkan nilai y yang merupakan konsentrasi toksikan yang mengakibatkan kematian ikan uji sebesar 50%.

2. *Moving average interpolation* (Metoda rata-rata sudut bergerak).

Metoda ini dipakai jika tidak ada hasil akut dalam pengujian sedikitnya terdapat 2 data konsentrasi toksikan yang lebih besar dari LC_{50} memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari LC_{50} . proses perhitungan ini meliputi:

- a. masukkan data konsentrasi toksikan (%) pada kolom KT dan hitung log KT
- b. Menghitung proporsi respon (R)

$$R = \frac{\text{Jumlah biota uji yang terkena efek}}{\text{Jumlah biota uji awal}}$$

- c. Menghitung transformasi R menjadi satuan sudut (R°) dengan batsan berikut:

1) Untuk $R = 0,01 - 0,99$: $^{\circ}R = \text{Arc sin } (R)0,5$

2) Untuk $R = 0$: $^{\circ}R = \text{Arc sin } (0,25/N)0,5$

3) Untuk $R = 1$: $^{\circ}R = 90 - \text{Arc sin } (0,25/N)0,5$

Dimana N = jumlah biota uji tiap wadah

d. Menghitung dua rata-rata sudut bergerak (S), yang besarnya:

1) Terdekat dengan sudut $<45^{\circ}$ dengan cara jumlahkan tiga $^{\circ}R$ terbesar dibagi tiga. Hasilnya ditempatkan sebaris antara tiga $^{\circ}R$ tersebut. Sudut ini merupakan S_{min}

2) Terdekat dengan sudut $>45^{\circ}$ dengan cara jumlahkan tiga $^{\circ}R$ terbesar dibagi tiga. Hasilnya ditempatkan sebaris antara $^{\circ}R$ tersebut. Sudut ini merupakan S_{maks} .

3. *Lithfield – Wilcoxon Abbreviated Method.*

Metoda ini dipakai apabila harus ada efek akut parsial dalam pengujian, memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC_{50} . prosedur perhitungan ini adalah sebagai berikut:

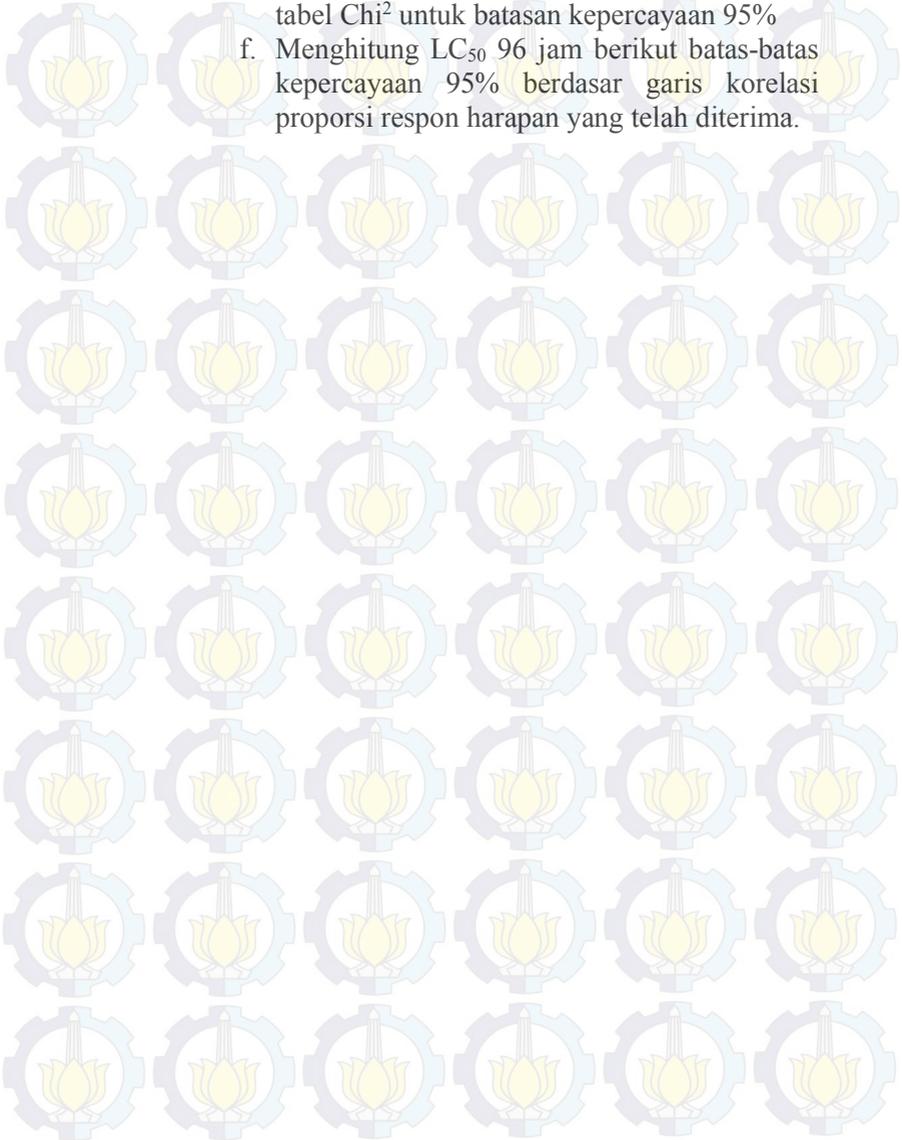
a. Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-log serta menentukan garis korelasinya dengan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan.

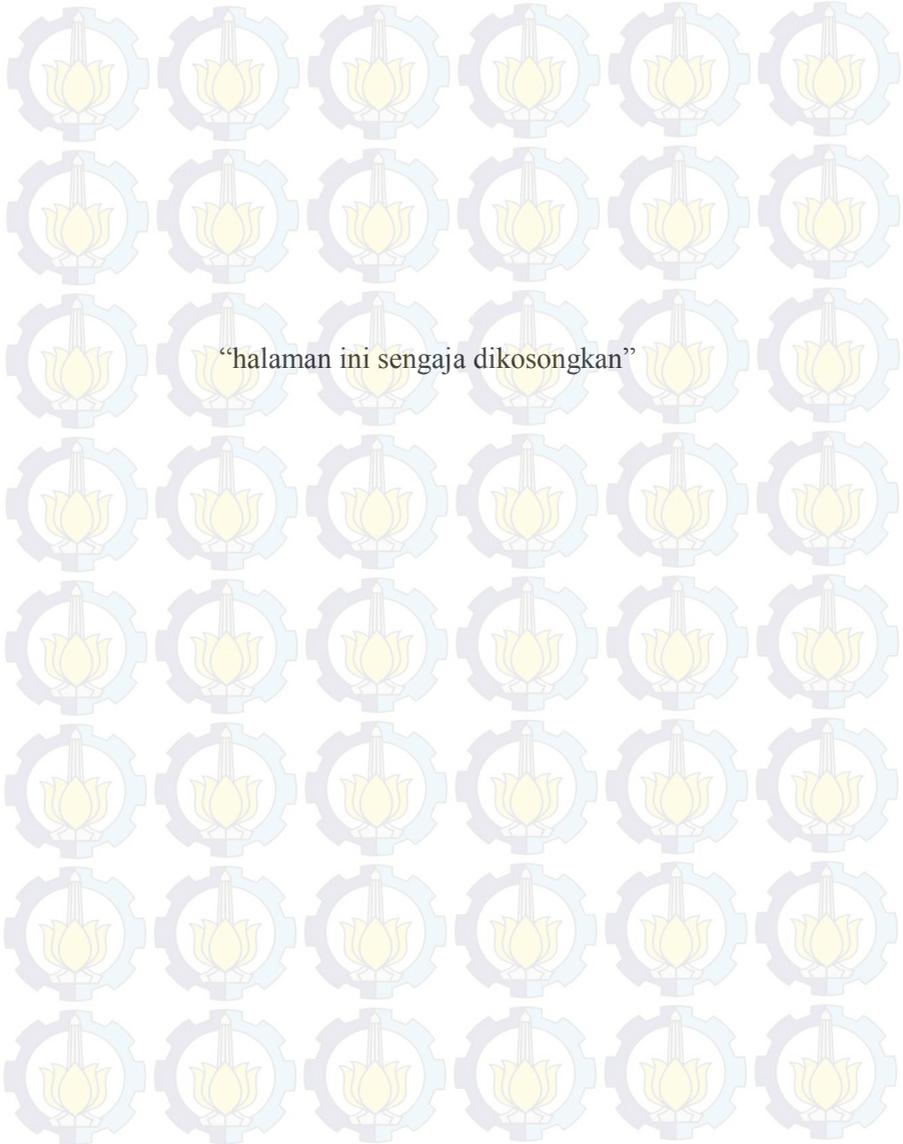
b. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis korelasi.

c. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.

d. Menghitung CHI^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf Chi^2 .

- e. Menghitung tingkat kebebasan (n) dengan tabel Chi^2 untuk batasan kepercayaan 95%
- f. Menghitung LC_{50} 96 jam berikut batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.





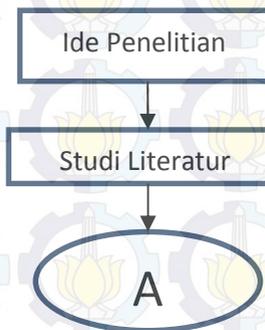
BAB III METODA PENELITIAN

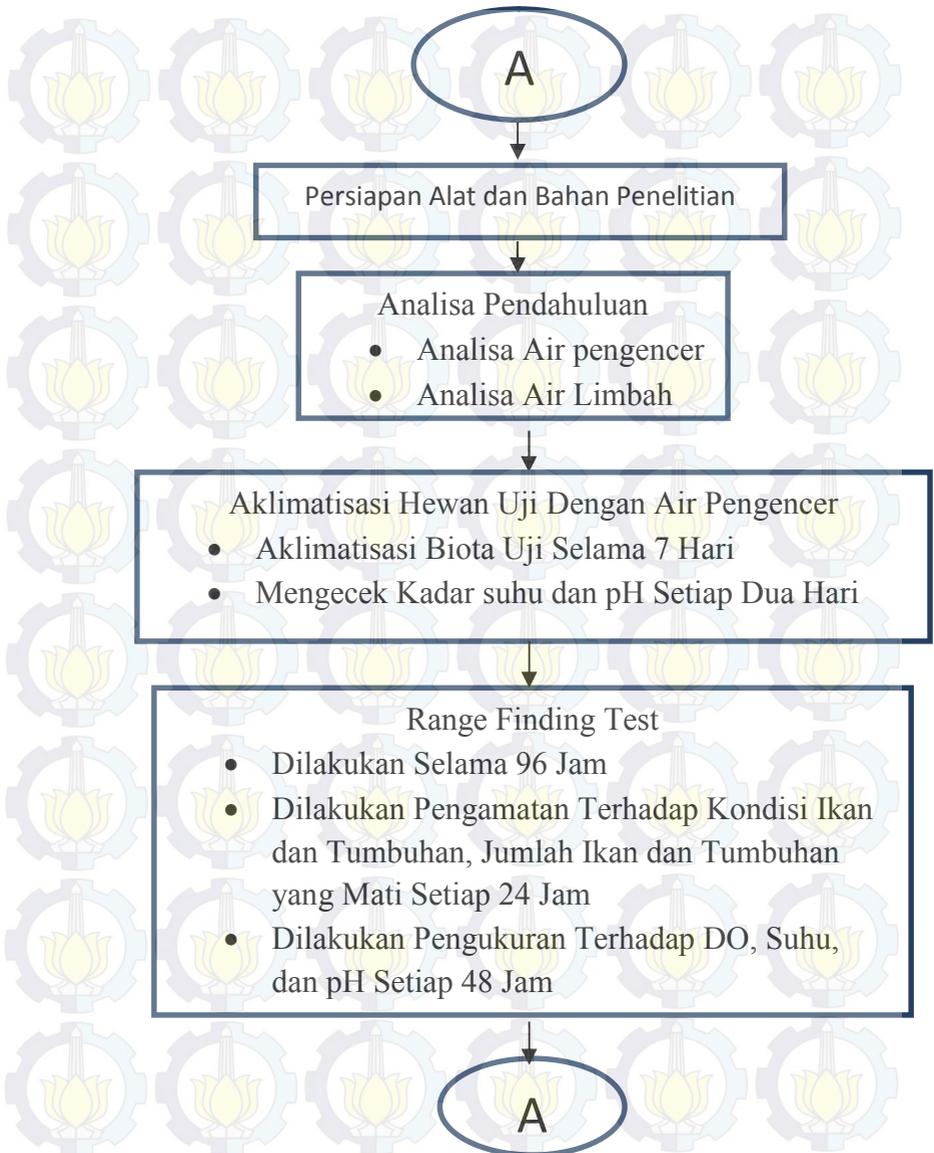
3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan landasan pemikiran yang akan digunakan dalam melakukan penelitian secara bertahap. Penelitian ini akan membahas tentang tingkatan pencemaran air limbah industri batik dengan melakukan uji toksisitas akut. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada skema gambar 3.1.

Tujuan dalam metoda penelitian ini adalah:

1. Dapat memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
2. Mendapatkan tahapan-tahapan dari penelitian secara sistematis sehingga dapat digunakan sebagai panduan dari awal penelitian hingga penulisan laporan akhir.
3. Dapat menghindari dan mengurangi dari kesalahan-kesalahan selama pelaksanaan penelitian.







3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Ide Penelitian

Dikarenakan banyaknya industri kecil batik yang tidak memiliki pengolahan air limbah sehingga air limbah hasil proses pembatikan langsung dibuang ke badan air. Di dalam air limbah proses pembatikan terdapat krom (Cr) yang dimana merupakan logam berat dan bersifat racun, sehingga perlu diadakannya uji toksisitas akut terhadap air limbah batik. Uji toksisitas akut ini menggunakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai perwakilan hewan air dan tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai perwakilan tumbuhan air.

3.2.2 Studi Literatur

Studi Literatur dalam penelitian ini meliputi studi literatur uji toksisitas yang terkait dengan penelitian, dan studi tentang karakteristik air limbah uji. Studi literatur mencakup studi penelitian-penelitian terdahulu, proses pembuatan batik, karakteristik air limbah batik, biota uji yang digunakan, taksonomi biota uji yang digunakan, pengertian toksikologi, dan toksisitas, serta perhitungan LC_{50} .

3.2.3 Tahap Persiapan

A. Tempat

Tempat untuk melakukan uji toksisitas ini berada pada Laboratorium Teknik Lingkungan ITS, sedangkan dalam menentukan kadar Cr dalam biota uji dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia ITS.

B. Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat berbagai macam jenis peralatan yang dipakai. Alat yang digunakan antara lain:

1. Wadah aklimatisasi sebanyak 1 buah, reaktor yang berisi variasi konsentrasi air limbah yang diuji namun tanpa biota uji sebanyak 12 buah, reaktor uji untuk penelitian sebanyak 22 buah, dan reaktor kontrol tanpa hewan uji namun diberi zat toksik sebanyak 2 buah.
2. Jerigen untuk sampling air limbah 30 liter sebanyak 5 buah.
3. Perlengkapan aerasi seperti aerator, selang, dan kompresor.
4. pH meter.
5. Termometer.
6. Perlengkapan untuk pengukuran BOD yang disediakan dalam laboratorium Teknik Lingkungan antara lain seperti botol Winkler 300 ml sebanyak 2 buah, botol winkler 150 ml sebanyak 2 buah, incubator, labu takar 500 ml 1 buah, pipet 10 ml, 5 ml, gelas ukur 100 ml 1 buah, buret 25 ml 1 buah, dan Erlenmeyer 250 ml 1 buah).
7. Perlengkapan untuk pengukuran COD yang tersedia dalam laboratorium Teknik Lingkungan (Buret 50 ml, Erlenmeyer COD, alat refluks dan pemanasnya, pipet 10 ml, beker glass 50 ml, dan penjepit buret).

C. Persiapan Bahan :

1. Air Sampling limbah industri Batik
Persiapan untuk analisa COD

2. Larutan Kalium Dikromat $K_2Cr_2O_7$
3. Kristal perak sulfat, dicampur dengan asam sulfat
4. Kristal merkuri sulfat (Hg_2SO_4)
5. Larutan standart ferro ammonium sulfat 0,05 N
6. Larutan indikator fenantrolin ferro sulfat
Persiapan untuk analisa BOD
1. Larutan Buffer Fosfat
2. Larutan magnesium sulfat ($MgSO_4$)
3. Larutan kalium klorida (K_2Cl)
4. Larutan feri klorida
5. Bubuk inhibitor nitrifikasi
6. Larutan mangan sulfat ($MnSO_4$)
7. Larutan pereaksi oksigen
8. Indicator amilum 0,5%
9. Asam sulfat pekat
10. Larutan standart natrium tiosulfat 0,0125 N

D. Air Pengencer

Air pengencer yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan air PDAM yang terdapat di Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Sebelumnya telah dilakukan terlebih dahulu pengukuran terhadap kesadahan, suhu, dan pH atas air pengencer ini agar layak digunakan sebagai air pengencer dalam uji toksisitas.

E. Air Limbah Uji

Air Limbah Uji yang digunakan adalah air limbah hasil proses pewarnaan, dan proses pelorodan warna batik di kampung batik Jetis Sidoarjo. Dalam proses pembuatan batik terdapat

dua proses yang dapat menghasilkan air limbah, yaitu dalam proses pewarnaan batik, yang terletak pada Gang 3, dan proses pelorotan warna yang terletak pada Gang 1.

Air limbah uji ini mengandung zat toksik yaitu krom (Cr) yang merupakan logam berat dan bersifat toksik terhadap kesehatan

F. Biota Uji

Biota uji yang dipakai dalam penelitian ini adalah ikan nila dan tumbuhan air kayu apu. Pemilihan biota uji ini didasarkan dengan kriteria biota uji yang harus dipenuhi. Biota uji yang digunakan haruslah biota uji yang dapat mewakili lingkungan dari perairan tersebut, agar dapat menaksir jumlah polutan yang masuk ke dalam lingkungan tersebut (Soemirat, 2003).

Untuk hewan uji yang dipakai adalah ikan yang berukuran 4-6 cm. Penggunaan ikan yang berukuran kecil ini disebabkan hewan yang lebih kecil lebih tahan terhadap perubahan lingkungan yang ada dibandingkan dengan ikan yang lebih besar (Suyanto, 2003). Sehingga pemilihan hewan uji berdasarkan ukuran dan ikan yang sehat.

3.2.4 Analisa Pendahuluan

Analisa pendahuluan merupakan analisa yang dilakukan sebelum uji sebenarnya dimulai. Analisa ini meliputi analisa terhadap air pengencer yang digunakan, dan air limbah toksikan yang akan diuji. Dalam air pengencer yang digunakan merupakan air sambungan PDAM yang terdapat dalam Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Adapun

parameter kriteria air pengencer yang diperbolehkan sebagai air pengencer menurut OECD (2004) adalah:

- Kesadahan total : 50 – 250 mg CaCO₃/L
- pH : 6,0 – 8,5
- temperatur : 25°C – 30°C
- DO : 5 – 6 mg/L

Tujuan dilakukannya analisa terhadap air pengencer ini adalah untuk menghindari adanya kematian hewan uji akibat kondisi dari air pengencer. Analisa juga dilakukan terhadap air limbah toksikan, hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya zat toksik yang terkandung dalam air limbah toksikan. Adapun parameter yang diukur dalam air limbah toksikan adalah TSS, COD, DO, pH, suhu, dan krom.

3.3 Tahap Aklimatisasi

Pada tahap ini bertujuan untuk adaptasi biota uji yang akan dipakai dengan air pengencer. Tahap aklimatisasi ini dilakukan setidaknya selama 7 hari. Berdasarkan OECD (2004) kriteria air pengencer adalah:

- a. Air Pengencer tidak dapat digunakan dalam uji toksisitas apabila terdapat lebih dari 10% populasi biota uji yang ada mati.
- b. Dilakukan perpanjangan aklimatisasi selama 14 hari apabila jumlah biota yang mati berkisar antara 5% hingga 10% dari populasi biota yang ada.
- c. Air pengencer dikatakan layak untuk uji toksisitas apabila jumlah biota yang mati adalah kurang dari 5% dari total populitas ikan yang ada.

Tahap aklimatisasi ini dilakukan dalam wadah besar yang berdiameter 50 cm dan kedalaman 20 cm, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.2. Dalam wadah ini dimasukkan seluruh hewan uji. Pengamatan atas hewan uji dilakukan selama setiap 24 jam, dan dilakukan pencatatan atas jumlah hewan uji yang mati. Hewan uji diberi makan 1 kali sehari dengan jumlah sepertiga dari besar badan ikan tersebut.

3.4 *Range Finding Test*

Pada tahap ini merupakan tahapan awal dalam memulai penelitian. *Range Finding Test* merupakan tahapan untuk menentukan konsentrasi terkecil dari toksikan yang menyebabkan 100% biota uji mati dalam pemaparan selama 96 jam. Dikarenakan dalam tahap ini merupakan pencarian kisaran secara kasar, maka dapat dilakukan variasi konsentrasi toksikan dengan jarak interval yang cukup besar. Pada tahapan ini dilakukan pengulangan sebanyak dua kali untuk masing-masing konsentrasinya.

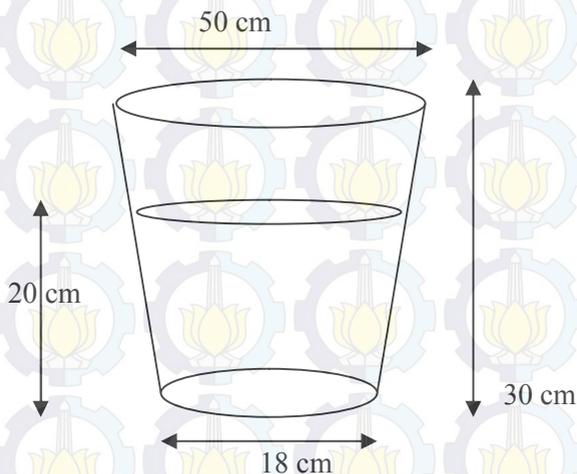
Dalam uji ini menggunakan 10 biota uji untuk masing-masing konsentrasi toksikan. Dibutuhkan volume total air untuk masing-masing wadah sebanyak 10 liter, dengan perbandingan 1 gram ikan / 1 liter air, 1 gram tumbuhan / 1 liter air, dan berat rata-rata biota uji sebesar 1 gram/ekor.

Variasi konsentrasi toksikan yang diencerkan dengan air pengencer pada tahap ini adalah sebesar 0% (sebagai kontrol), 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Ukuran reaktor uji memiliki panjang 30 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 30 cm seperti pada gambar

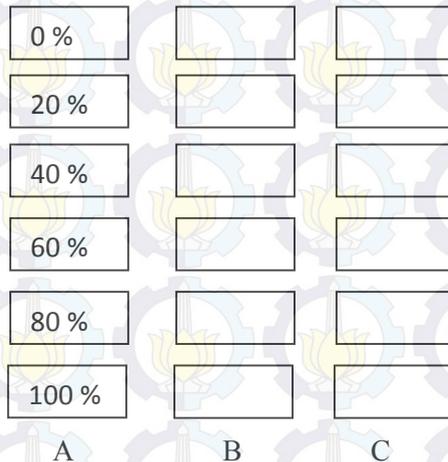
3.3. Pada tahap ini dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali untuk masing-masing konsentrasi.

Pada tahap awal untuk tahap ini pertama-tama toksikan diencerkan terlebih dahulu dengan air pengencer sesuai dengan prosentase yang diinginkan. Semisal jika kita ingin membuat 20% toksikan, maka dibutuhkan 2 liter toksikan yang diencerkan dengan 8 liter air pengencer.

Sebelum kita mulai memasukkan ikan uji kedalam air toksikan yang telah diencerkan, sebelumnya dilakukan pengukuran DO, pH, dan suhu terhadap air toksikan yang dimana telah dilakukan aerasi sebelumnya. Biota uji kemudian dimasukkan kedalam wadah yang telah diberikan masing-masing konsentrasi toksikan sebelumnya, yang selanjutnya kemudian dilakukan pengamatan setiap 24 jam selama 96 jam.



Gambar 3.2 Reaktor Uji



Reaktor uji untuk biota uji ikan nila dan tumbuhan kayu apu

Gambar 3.3 Skema peralatan pada *range finding test*
1

Keterangan:

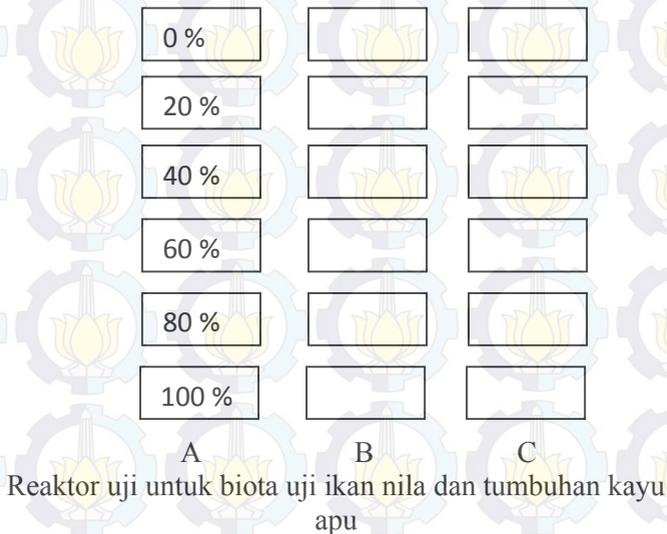
- A merupakan air limbah dari proses pewarnaan
- B merupakan air limbah dari proses pelorotan
- C merupakan air limbah kontrol tanpa hewan uji

3.5 Uji Toksisitas Akut

Tujuan pada tahapan tes ini adalah menentukan konsentrasi toksikan yang dimana dapat memberikan kematian terhadap biota uji dalam waktu yang relatif singkat. Dilakukan pengulangan sebanyak dua kali pada tahapan ini untuk masing-masing konsentrasi toksikan. Dalam tiap wadah yang disediakan diberi 10 biota uji, dengan variabel uji didapat dari hasil *Range Finding Test*. Nilai LC_{50}

dapat dicari menggunakan hasil data yang telah diperoleh dalam pengamatan terhadap hewan uji selama 96 jam, untuk keterangan lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.4. Untuk wadah biota uji pada tahapan ini sama dengan yang digunakan dalam *Range Finding Test*.

Langkah-langkah yang digunakan pada tahap ini sama dengan langkah-langkah pada *Range Finding Test*.



Gambar 3.4 Skema peralatan pada uji Uji Toksisitas Akut

Keterangan:

- A merupakan air limbah dari proses pewarnaan.
- B merupakan air limbah dari proses pelorodan.
- C merupakan air limbah kontrol tanpa hewan uji.

3.6 Perhitungan LC_{50} Hasil Uji Toksisitas

Nilai LC_{50} merupakan nilai dimana pada konsentrasi tersebut terdapat 50% biota uji dalam penelitian mati. Nilai LC_{50} ini diperlukan dalam menganalisa dan pembahasan dari penelitian ini. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai LC_{50} ini menggunakan metode Lithfield-Wilcoxon, dikarenakan metode ini memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC_{50} .

Langkah-langkah dalam perhitungan ini adalah:

- a. Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-Log serta menentukan garis korelasinya dengan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan.
- b. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis korelasi.
- c. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dengan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
- d. Menghitung CHI^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf CHI^2 .
- e. Menghitung tingkat kebebasan (N) dengan tabel CHI^2 untuk batasan kepercayaan 95%.
- f. Menghitung LC_{50} 96 jam berikut batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.

3.7 Teknik Analisis Parameter Penelitian

Pada uji toksisitas ini terdapat parameter-parameter yang dianalisa, antara lain seperti total

TSS, DO, pH, suhu, COD, dan BOD. Beberapa sampel yang dianalisa adalah air pengencer, air toksikan yaitu berupa air limbah batik, air saat proses aklimatisasi, dan air pada saat uji toksisitas. Alat dan bahan dalam pengukuran parameter ini didapat dan menggunakan alat-alat yang tersedia dalam laboratorium Teknik Lingkungan.

3.8 Analisa Kandungan Krom Dalam Tubuh Ikan

Adanya kandungan logam berat krom yang terserap di dalam biota uji akan diukur kandungannya di dalam Laboratorium Teknik Kimia ITS, yang kemudian hasilnya akan diketahui kurang lebih satu minggu dari pemberian sampel.

3.9 Analisa dan pembahasan

setelah penelitian dilaksanakan, maka akan dilakukan analisa data yang didasari oleh tujuan penelitian. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui nilai LC_{50} dari air limbah batik terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) yang terpapar.

3.10 Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dari penelitian ini dibuat berdasarkan analisa dan pembahasan dengan acuan studi literatur dan tujuan penelitian. Sedangkan pada saran dapat digunakan sebagai rujukan perbaikan dari hasil penelitian agar lebih baik kedepannya.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi ini bertujuan untuk menyesuaikan biota uji yang akan dipakai dengan lingkungan air pengencer yang digunakan dalam uji toksisitas akut ini, sehingga adanya kematian ikan akibat lingkungan air pengencer dapat dihindarkan.

Untuk ikan yang digunakan adalah ikan nila, ikan yang diambil adalah sebanyak 500 ekor ikan nila untuk sekali aklimatisasi. Tumbuhan yang digunakan adalah tumbuhan kayu apu yang diambil langsung dari sungai di daerah Surabaya Barat dan diambil 500 tumbuhan untuk sekali aklimatisasi. Lama waktu aklimatisasi ini adalah 7 hari untuk sekali aklimatisasi. Dalam tahap aklimatisasi digunakan air sambungan PDAM yang ada pada Jurusan Teknik Lingkungan sebagai media hidupnya. Diharapkan dengan menggunakan air PDAM sebagai media hidup biota uji dapat terhindarkan dari pencemar dan lebih bersih. Untuk menjaga kesehatan ikan maka bak aklimatisasi untuk ikan harus diperhatikan kebersihannya, bak-bak tersebut harus dibersihkan dari kotoran-kotoran ikan yang mengendap paling tidak 3 hari sekali, dan diberikan makanan ikan yang sesuai dan cukup setiap harinya. Untuk parameter-parameter lingkungan yang harus diperhatikan adalah pH, DO, dan suhu. Parameter-parameter ini harus dipenuhi kebutuhannya dan dipantau paling tidak dua hari sekali selama masa aklimatisasi.

Hasil dari tahap aklimatisasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.

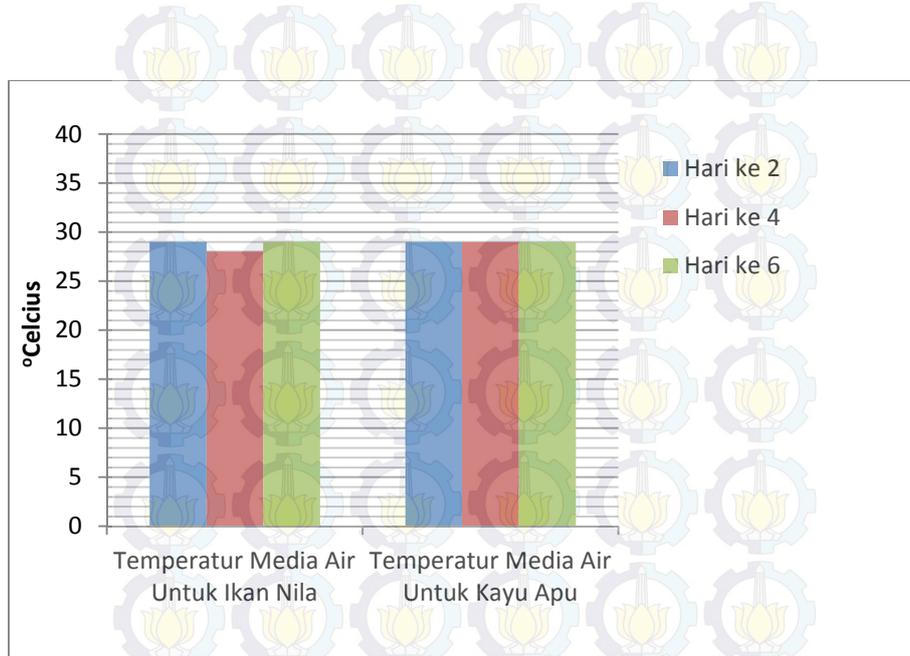
Dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 pada tahap aklimatisasi untuk ikan maupun tumbuhan, suhu rata-rata untuk air PDAM ini adalah 29°C, pH air adalah 7,66, dan kesadahan adalah 200 mgCaCO₃/L sehingga masih

memenuhi sebagai syarat air pengencer uji dan mendukung dalam kelangsungan hidup biota uji. Adapun kematian-kematian pada biota uji baik dari ikan maupun tumbuhan dikarenakan biota uji tidak bisa menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru. Meskipun terdapat kematian pada beberapa biota uji yang akan digunakan, namun jumlah komulatif kematian pada biota-biota uji tidak melebihi 10% dari total populasi, sehingga air PDAM sebagai air pengencer ini masih layak dan dapat digunakan untuk uji toksisitas selanjutnya.

Untuk kebutuhan oksigen ikan digunakan *Air Pump* atau pompa udara yang berfungsi sebagai suplai udara kedalam air melalui selang plastik sehingga kadar DO dalam air untuk ikan dapat terpenuhi. Dalam ujung selang plastik yang menuju ke air dipasang *Air stone* yang berfungsi sebagai pemecah udara melalui pori-pori batu agar udara yang masuk dapat terpecah menjadi gelembung-gelembung yang lebih kecil sehingga kadar oksigen yang terkandung didalam air lebih banyak dan mengurangi tekanan udara di dalam air agar tidak berlebih.

Ikan yang telah mati harus segera diambil dan dipisahkan dari dalam bak agar ikan yang masih hidup tidak terpengaruh dengan adanya bangkai ikan yang mati. Sedangkan perlakuan aklimatisasi untuk tumbuhan kayu apu tidak perlu diperhatikan kadar DO

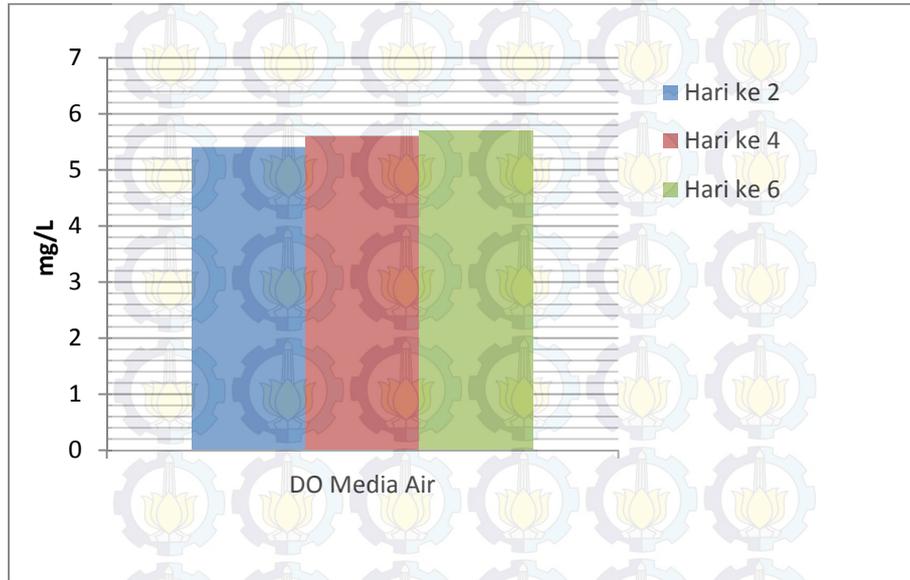
Untuk tumbuhan kayu apu pada tahap aklimatisasi diletakkan pada bak plastik yang berisikan air PDAM sebagai media tumbuh. Tidak diperlukan pengaturan atas DO dalam aklimatisasi tumbuhan kayu apu ini. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sinar matahari, dikarenakan tumbuhan memerlukan sinar matahari untuk tetap bertahan hidup.



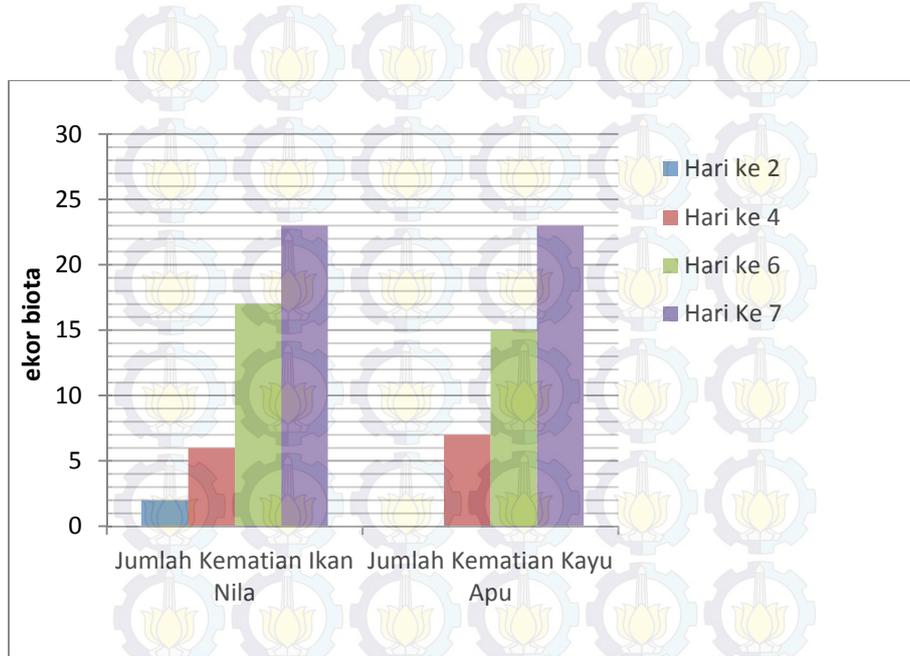
Gambar 4.1 hasil pengamatan temperatur pada tahap aklimatisasi



Gambar 4.2 hasil pengamatan pH pada tahap aklimatisasi



Gambar 4.3 hasil pengamatan DO pada tahap aklimatisasi



Gambar 4.4 hasil pengamatan kematian biota uji apu pada tahap aklimatisasi

4.2 Range Finding Test

Range finding test adalah tahapan dimana bertujuan untuk mencari prakiraan konsentrasi toksikan air limbah secara kasar yang dapat menyebabkan kematian 50% terhadap biota uji dari jumlah populasi biota uji. Pada tahapan ini telah dilakukan 2 kali *range finding test*, pada *range finding test 1* belum ditemukan kisaran yang menyebabkan 50% populasi dari hewan uji mati. Pada air limbah pelorodan populasi biota uji baik ikan maupun tumbuhan telah mengalami kematian 100% pada konsentrasi 20%, sehingga uji *range finding test 2* akan diuji dengan kisaran air limbah dibawah 20%. Uji *range finding test 2* untuk air limbah pelorodan akan dilakukan dengan kisaran setiap kelipatan 4%, sehingga nantinya akan didapatkan kisaran 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Untuk hasil data pada tahapan *range finding test 1* dapat dilihat lengkapnya pada lampiran.

Untuk air limbah pencelupan warna, konsntrasi air limbah yang menyebabkan populasi biota uji mengalami kematian sebanyak 100% adalah 40%, sehingga nantinya pada *range finding test 2* untuk air limbah pencelupan warna digunakan konsentrasi 40% sebagai konsentrasi terbesarnya. Dalam tahap uji ini akan diujikan dengan kisaran air limbah kelipatan 8%, sehingga kisaran air limbah yang digunakan adalah 8%, 16%, 24%, 32%, dan 40%.

4.2.1 Karakteristik Limbah

Limbah yang digunakan untuk tahap ini adalah air limbah batik di sumber yang sama dan memiliki komposisi air limbah yang sama dengan tahap *range finding test 1*. Walaupun pada tahap *range finding test 1* telah dilakukan uji karakteristik air limbah, namun tetap saja pada uji-uji berikutnya dilakukan uji karakteristik air limbah dikarenakan parameter-parameter pencemar air

limbah mengalami penurunan maupun peningkatan. Data hasil uji laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 karakteristik limbah yang digunakan untuk *Range Finding Test*

Parameter	Satuan	Nilai		
		Limbah Pelorodan	Limbah Pewarnaan	Baku Mutu
BOD	mg/L	1987	1534	50
COD	mg/L	3176	2783	150
TSS	mg/L	132	352	50
Chrom Total	mg/L	4,886	1,907	1
pH	-	8,32	9,54	6-9
Temperatur	C	35	29	40

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan hasil laboratorium dapat dilihat bahwa terjadi perubahan atas konsentrasi dari zat-zat pencemar pada air limbah, namun perubahan tersebut tidak terlalu jauh dan tidak terlalu signifikan. Variasi konsentrasi yang dipakai dalam range finding test 2 untuk air limbah pelorodan adalah 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Sedangkan variasi konsentrasi yang dipakai untuk air limbah pencelupan warna adalah 8%, 16%, 24%, 32%, dan 40%. Untuk membuat variasi air toksikan digunakan rumus pengenceran ($V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$) seperti pada *range finding test 1* sehingga didapatkan variasi konsentrasi air limbah dan variasi zat pencemar seperti dalam tabel 4.12 dan tabel 4.13.

Tabel 4.12 variasi konsentrasi limbah pada *range finding test 2*

Air limbah Pelorodan			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0%	10	0	10
4%	10	0,4	9,6
8%	10	0,8	9,2
12%	10	1,2	8,8
16%	10	1,6	8,4
20%	10	2	8
Air Limbah Pencelupan Warna			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0%	10	0	10
8%	10	0,8	9,2
16%	10	1,6	8,4
24%	10	2,4	7,6
32%	10	3,2	6,8
40%	10	4	6

Sumber: hasil penelitian

Tabel 4.13 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *range finding test*

Limbah Pelorodan						
Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		4%	8%	12%	16%	20%
BOD	mg/L	79,48	158,96	238,44	317,92	397,40
COD	mg/L	127,04	254,08	381,12	508,16	635,20
TSS	mg/L	5,28	10,56	15,84	21,12	26,40
Chrom Total	mg/L	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98

Sumber: hasil penelitian

Lanjutan Tabel 4.13 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *range finding test*

Limbah Pewarnaan						
Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		8%	16%	24%	32%	40%
BOD	mg/L	122,72	245,44	368,16	490,88	613,60
COD	mg/L	222,64	445,28	667,92	890,56	1113,20
TSS	mg/L	28,16	56,32	84,48	112,64	140,80
Chrom Total	mg/L	0,15	0,31	0,46	0,61	0,76

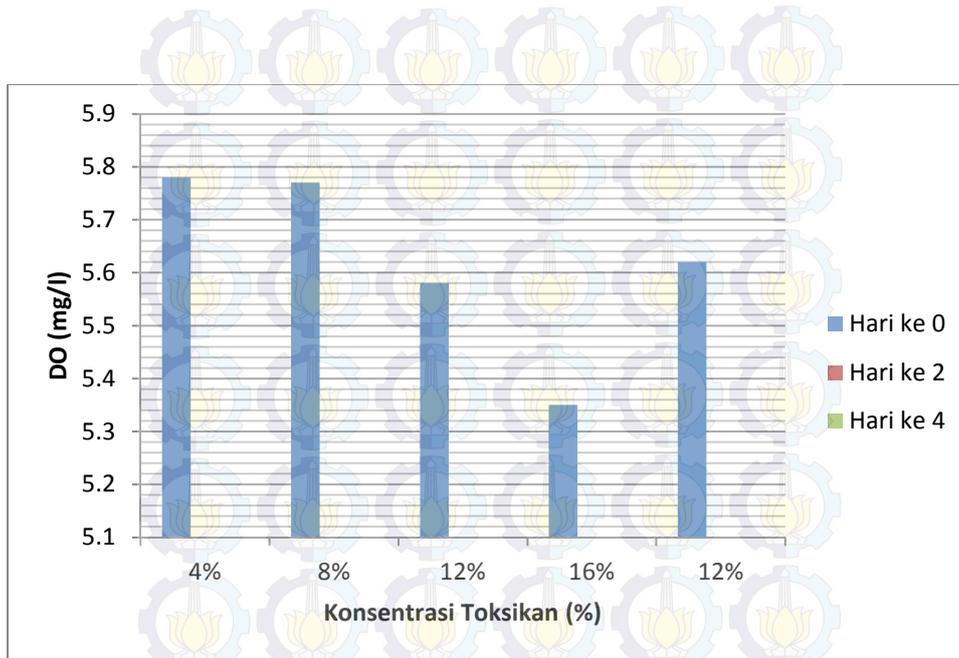
Sumber: hasil penelitian

4.2.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

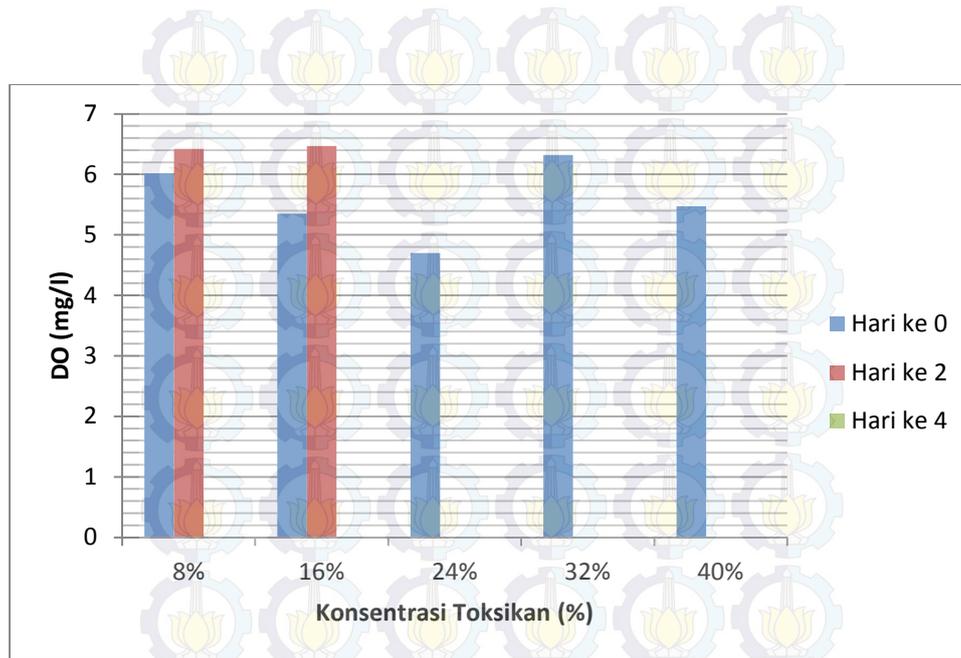
Pada tahap *range finding test 2* ini dilakukan pengamatan pada jumlah kematian biota uji dan parameter lingkungan seperti DO, suhu, dan pH. Hasil pengamatan DO untuk *range finding test 2* ini dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4. Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa rata-rata DO dalam *range finding test 2* ini telah memenuhi DO optimum yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup ikan yaitu 5-6 mg/l, dan di atas nilai DO minimum ikan untuk hidup yaitu 3 mg/l sehingga kematian ikan yang terjadi bukan akibat nilai DO.

Parameter lain yang mempengaruhi lingkungan kelangsungan hidup biota uji adalah suhu. Hasil pengamatan suhu untuk *range finding test 2* dapat dilihat pada gambar 4.5 hingga gambar 4.8 Suhu lingkungan mengalami penurunan dan peningkatan yang dikarenakan berubahnya cuaca dan suhu disekitar tempat pengujian. Meskipun suhu lingkungan mengalami peningkatan dan penurunan tetapi nilai suhu tersebut masih berada dalam kisaran yang memenuhi suhu optimum baik untuk ikan maupun tumbuhan air.

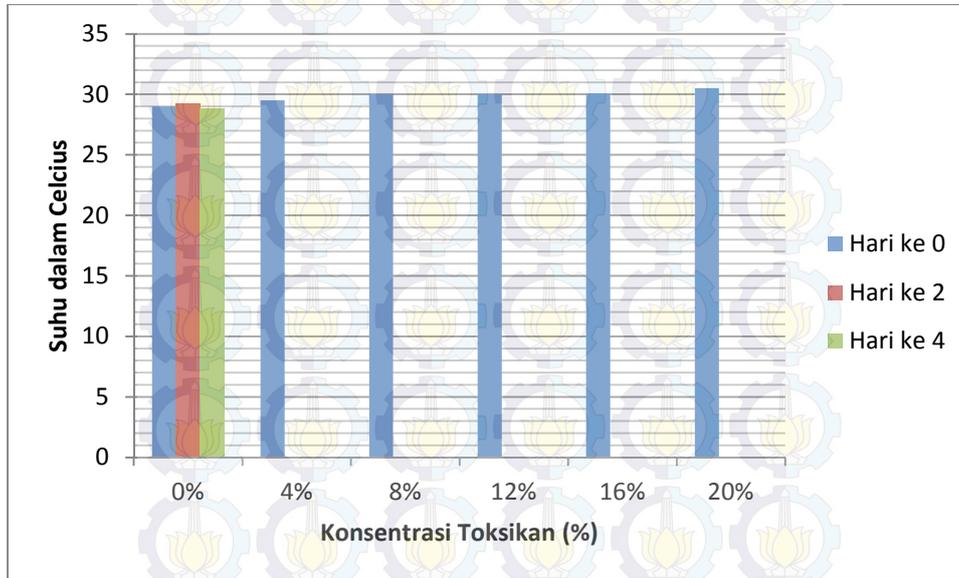
Untuk parameter lingkungan pH, diukur menggunakan pH meter dan dapat dilihat hasil pengamatan pH pada tahap *range finding test 2* dalam gambar 4.9 hingga gambar 4.12. Tampak pH untuk *range finding test 2* lebih tinggi dibandingkan dengan *range finding test 1*. Hal ini disebabkan karena metabolisme ikan, respirasi ikan, dan kematian ikan yang mencoba untuk beradaptasi dengan lingkungan baru. Pada tumbuhan terlihat bahwa pH yang ada terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan ikan, hal ini karena ikan akan mengeluarkan lendir yang bersifat asam untuk menyeimbangi kondisi air limbah.. Meskipun nilai pH berubah namun nilai pH masih memenuhi kriteria optimal sebagai lingkungan hidup biota uji.



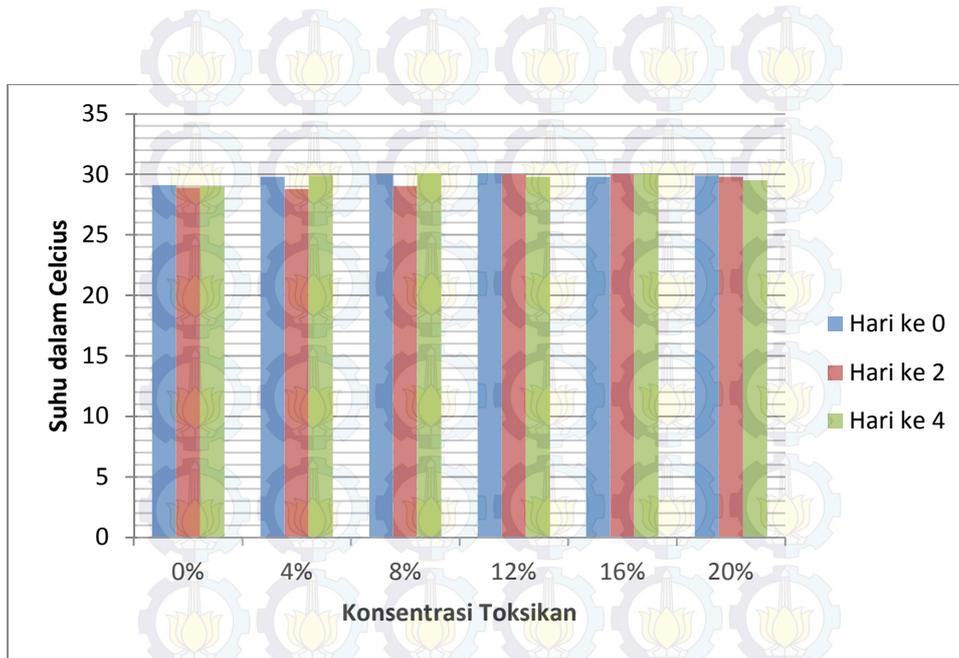
Gambar 4.5 hasil pengamatan DO untuk air limbah pelorodan



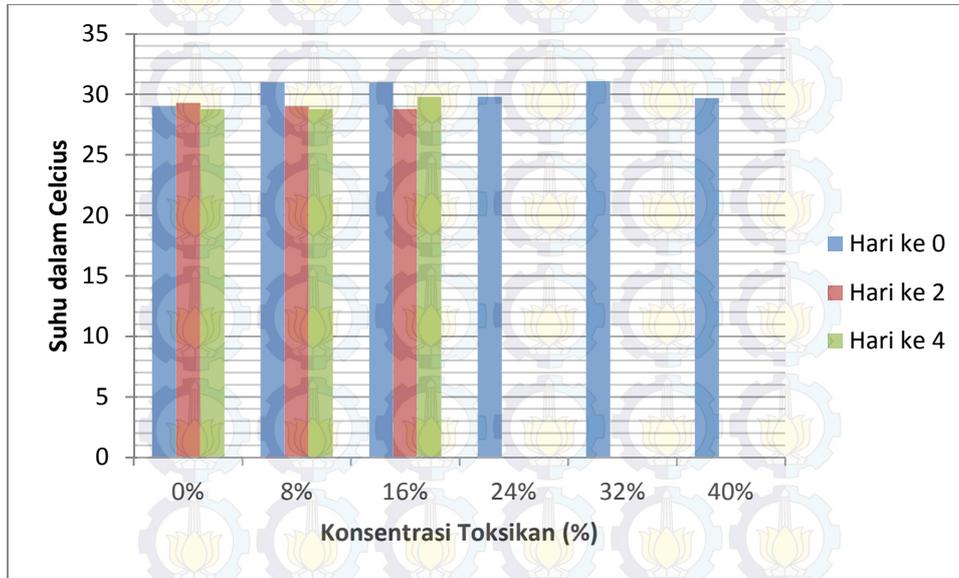
Gambar 4.6 hasil pengamatan DO untuk air limbah pencelupan warna



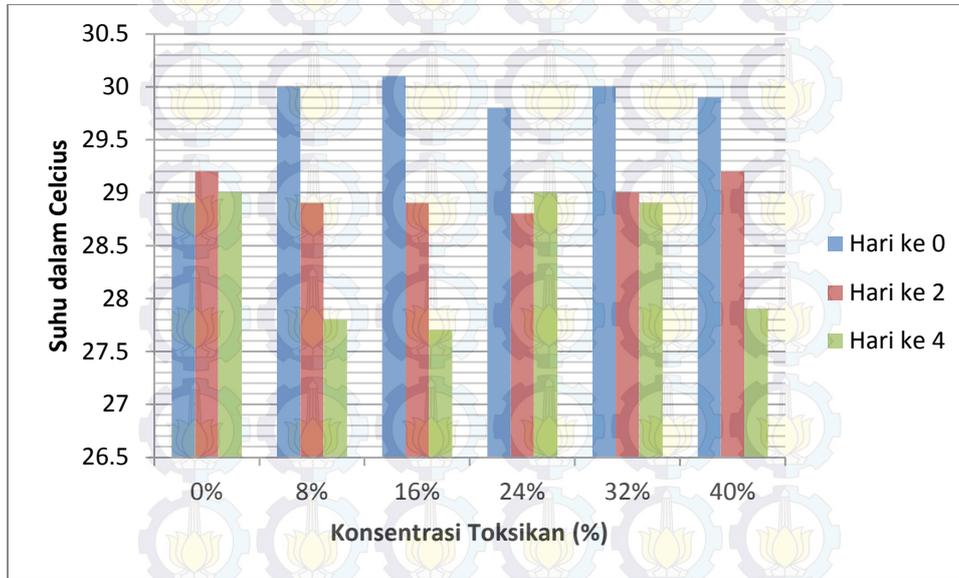
Gambar 4.7 suhu untuk ikan nila pada air limbah pelorodan



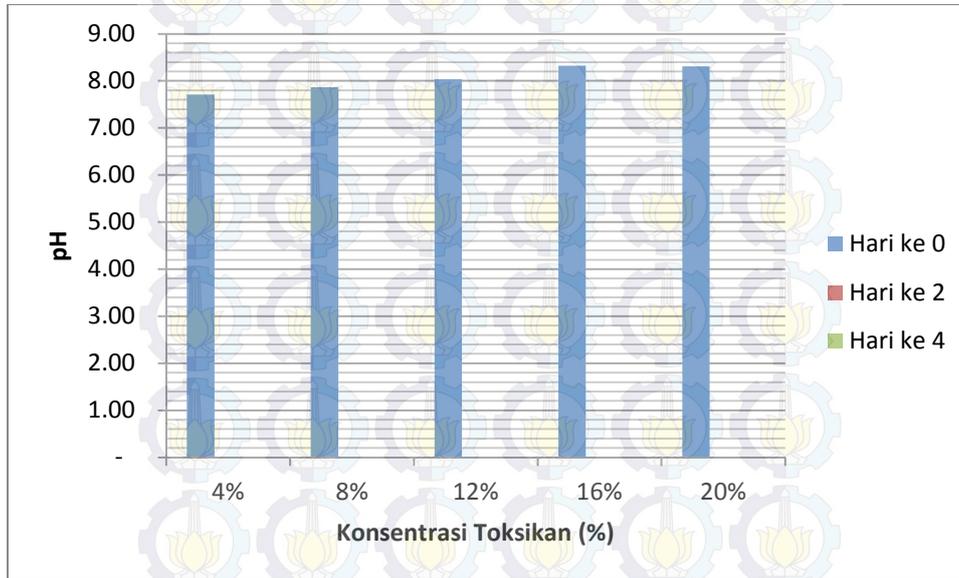
Gambar 4.8 suhu untuk kayu apu pada air limbah pelorodan



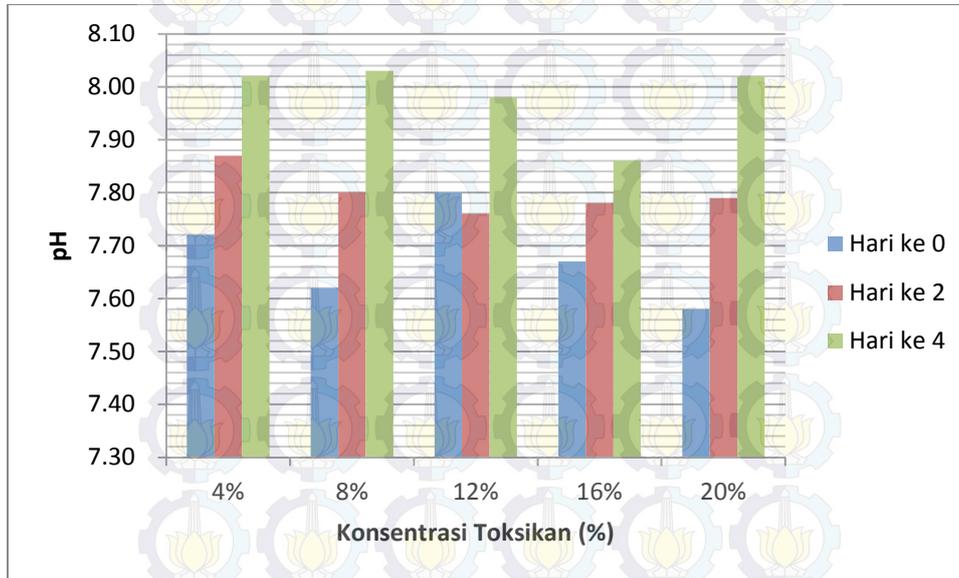
4.9 suhu untuk ikan nila pada air limbah pencelupan warna



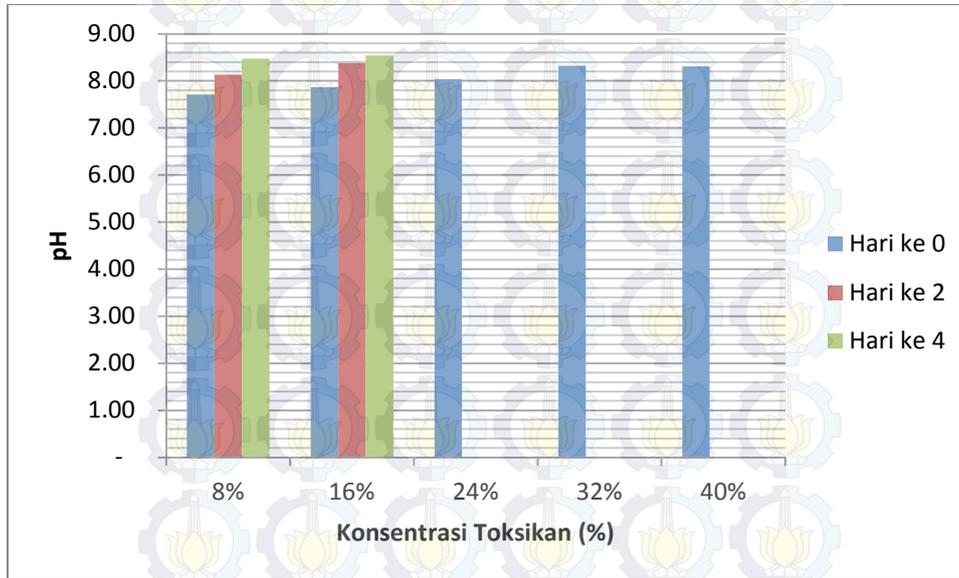
Gambar 4.10 suhu untuk kayu apu pada air limbah pencelupan warna



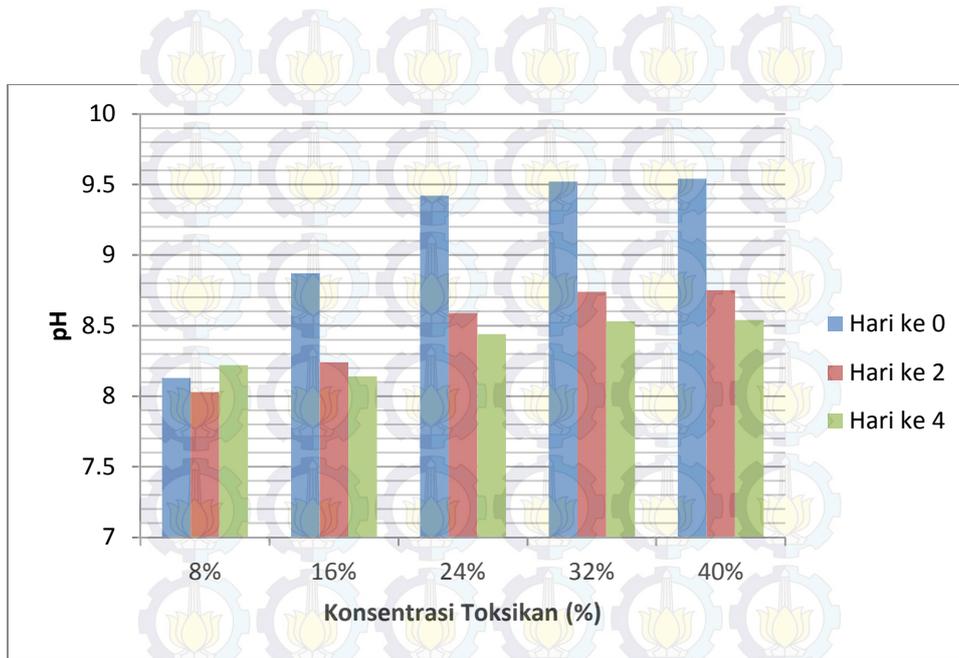
Gambar 4.11 pH pada untuk ikan nila pada air limbah pelorodan



Gambar 4.12 pH untuk kayu apu pada air limbah pelorodan



Gambar 4.13 pH untuk ikan nila pada air limbah pencelupan warna

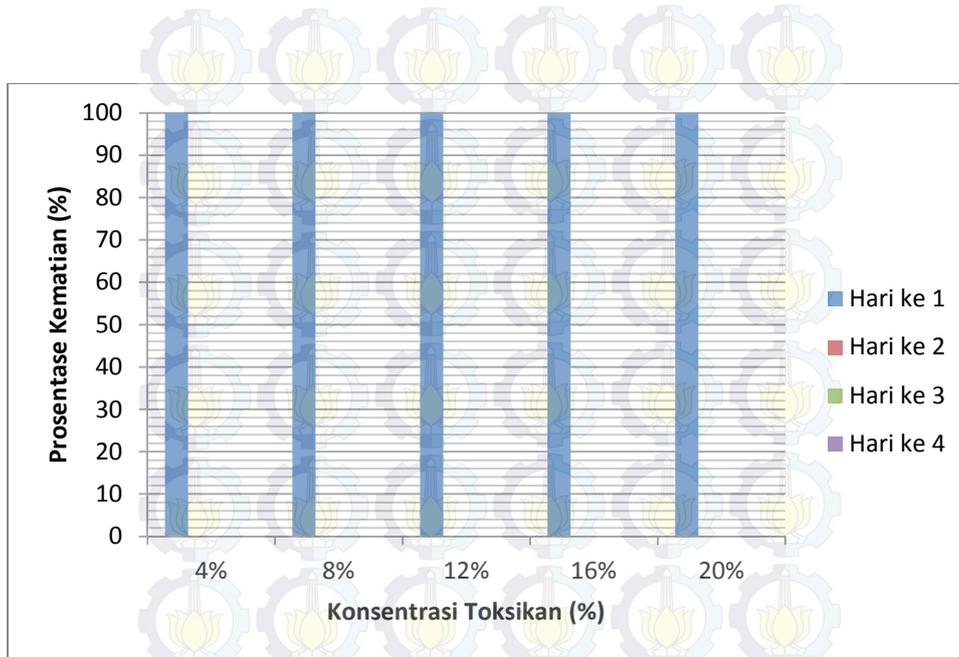


Gambar 4.14 pH untuk kayu apu pada air limbah pencelupan warna

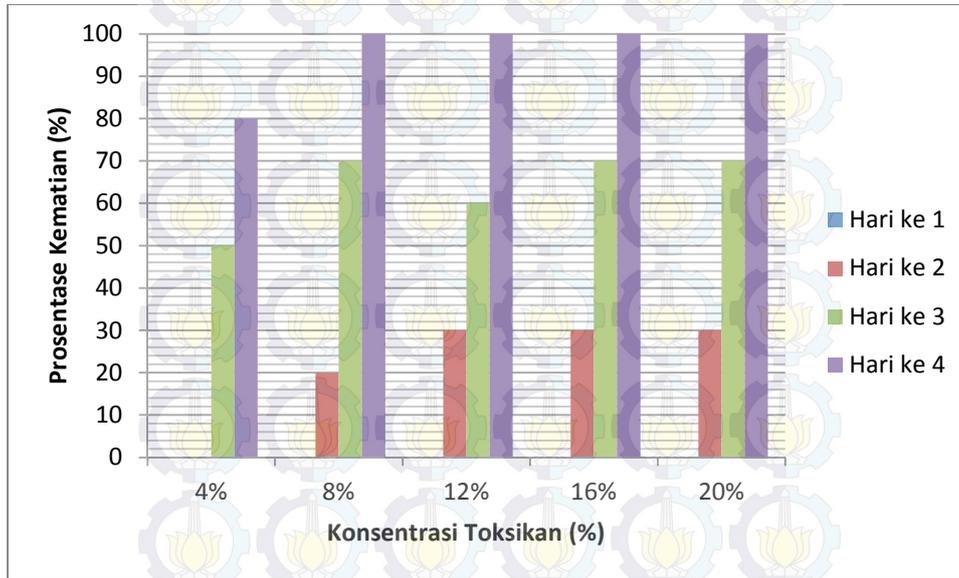
Reaksi pertama biota uji ikan untuk memasuki air limbah pelorodan adalah ikan cenderung berenang tak beraturan dan sesekali ke permukaan air. Semakin besar konsentrasi air limbahnya maka akan semakin besar pula reaksi ikan yang dihasilkan untuk terkena efek. Dalam air limbah pewarnaan ikan cenderung lebih tenang dibandingkan reaksi ikan pada air limbah pelorodan. Daun-daun dan akar tumbuhan kayu apu yang diujikan pada air limbah pelorodan menjadi lengket akibat penyerapan air limbah pelorodan, dan berwarna kekuningan. Tumbuhan yang mati memiliki daun-daun yang tak utuh dan tergerus. Jumlah biota uji yang mati bervariasi tergantung dengan konsentrasi toksikan yang diberikan, semakin tinggi konsentrasi toksikan maka semakin banyak pula biota uji yang mati. Hasil pengamatan jumlah biota uji yang mati dapat dilihat pada gambar 4.13 hingga gambar 4.16.

Berdasarkan gambar 4.13 yang tersaji dapat terlihat bahwa air limbah pelorodan masih sangat toksik terhadap ikan nila. Air limbah konsentrasi 4% masih menyebabkan kematian populasi ikan sebesar 100% dalam waktu yang sangat singkat yaitu 1 hari. Berbeda dengan respon terhadap tumbuhan kayu apu yang menyebabkan kematian 100% dari populasi tumbuhan pada konsentrasi toksikan 8%. Meskipun air limbah telah diencerkan hingga mencapai 4% namun air limbah tetap berwarna hitam pekat dan berbau tajam, hal inilah yang menyebabkan biota uji masih mengalami kematian yang sangat tinggi dalam waktu yang cukup singkat.

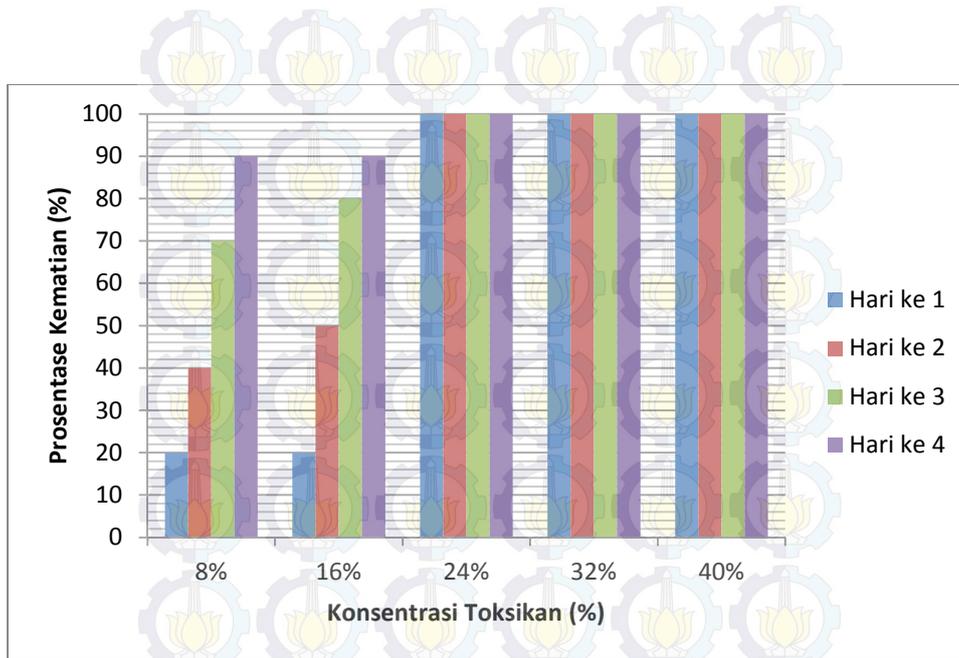
Dari hasil pengamatan juga dapat dilihat bahwa untuk ikan yang terpapar air limbah pencelupan warna mengalami kematian 100% dari populasi pada konsentrasi 24-40% dalam waktu yang sangat singkat yaitu 1 hari. Sedangkan pada konsentrasi 8% dan 16% masih terdapat ikan yang hidup meskipun hanya 1 ekor ikan. Hal ini membuktikan bahwa air limbah pewarnaan cenderung



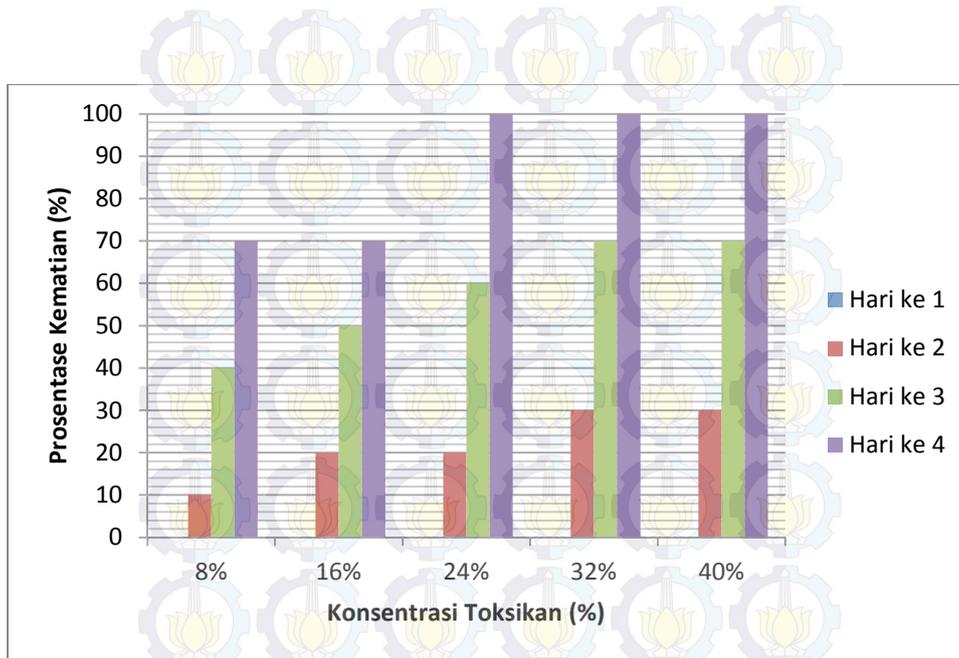
Gambar 4.15 akumulasi kematian ikan nila pada air limbah pelorodan



Gambar 4.16 akumulasi kematian kayu apu pada air limbah pelorodan



Gambar 4.17 akumulasi kematian ikan nila pada air limbah pencelupan warna



Gambar 4.18 akumulasi kematian kayu apu pada air limbah pencelupan warna

tidak lebih berbahaya dibandingkan dengan air limbah pelorodan terhadap biota uji ikan nila. Untuk tumbuhan kayu apu juga mengalami kematian sebesar 100% dari total populasi pada konsentrasi toksikan 24-40%, sedangkan pada konsentrasi 8% dan 16% masih terdapat tumbuhan yang hisup yaitu 3 tumbuhan.

Pada hasil percobaan *range finding test* 2 sudah mulai tampak kisaran konsentrasi yang menyebabkan 50% biota uji mati, meskipun ada juga yang belum tampak. Pada biota uji ikan untuk air pelorodan pada konsentrasi 4% masih menyebabkan kematian biota uji sebesar 100%, sehingga pada uji *acute toxicity test* berikutnya akan dipakai kisaran dibawah konsentrasi tersebut. Untuk tumbuhan kayu apu yang terpapar air limbah pelorodan juga demikian, pada test selanjutnya akan diberi paparan dibawah 4% sehingga akan diperoleh kisaran yang menyebabkan 50% kematian populasi biota uji. Untuk biota uji yang terpapar air limbah pencelupan warna, akan diberi kisaran konsentrasi dibawah 8% sebagai acuan untuk *acute toxicity test*.

4.3 Acute Toxicity Test

Acute toxicity test adalah test kelanjutan dari *range finding test* 1 dan 2. Dicari konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian sebesar 50% dari populasi biota uji yang ada. Pada tahap ini akan dipersempit kisarannya dari uji *range finding test* 2. Baik untuk air limbah pelorodan dan air limbah pencelupan warna akan dibuat variasi konsentrasi 0,25%, 0,5%, 1,5%, 2,5%, dan 4%. Pembuatan variasi konsentrasi dengan kisaran tersebut diharapkan akan konsentrasi yang dipilih menghasilkan efek kematian rata-rata dari biota uji sebesar 50%.

4.3.1 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah diperiksa untuk mengidentifikasi parameter-parameter zat pencemar yang terkandung dalam air limbah uji. Air limbah yang dipakai akan diuji karakteristiknya untuk mengetahui apakah ada penurunan atau kenaikan dari zat-zat pencemar yang ada. Air limbah yang diuji karakteristiknya merupakan air limbah yang murni tanpa adanya pencampuran air pengencer PDAM. Adapun hasil dari uji laboratorium terhadap karakteristik air limbah tersaji dalam tabel 4. 18

Tabel 4.18 karakteristik limbah yang digunakan untuk *Acute Toxicity Test*

Parameter	Jenis Air Limbah		Satuan
	Pelorodan	Pewarnaan	
Suhu	35	39	°C
TSS	132	352	mg/l
BOD	1987	1534	mg/l
COD	3176	2783	mg/l
Chrom Total	4,886	1,907	mg/l
pH	8,32	9,54	-

Sumber: hasil penelitian

Kisaran konsentrasi yang dipakai dalam tes ini baik untuk air limbah pelorodan maupun air limbah pencelupan warna adalah sama yaitu 0,25%, 0,5%, 1,5%, 2,5%, dan 4%. Cara pencampuran antara air limbah dengan air pengencer sama dengan cara pengenceran pada tahap *range finding test* 1 dan 2. Hasil perhitungan variasi limbah dapat dilihat pada tabel 4.19.

tabel 4.19 variasi konsentrasi air limbah pada *acute toxicity test*

Air limbah Pelorodan			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (ml)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0,25%	10	25	9,975
0,5%	10	50	9,950
1,5%	10	150	9,850
2,5%	10	250	9,750
4%	10	400	9,6
Air Limbah Pencelupan Warna			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (ml)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0%	10	0	10
0,25%	10	25	9,975
0,5%	10	50	9,950
1,5%	10	150	9,850
2,5%	10	250	9,750
4%	10	400	9,6

Sumber: hasil penelitian

Kandungan parameter pencemar pada air toksikan juga dapat dihitung berdasarkan rumus pengenceran $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$ yang telah digunakan juga pada tahap

acute toxicity test. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *acute toxicity test*

Limbah Pelorodan						
Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		0,25%	0,5%	1,5%	2,5%	4%
BOD	mg/L	4,968	9,935	29,805	49,675	79,480
COD	mg/L	7,940	15,880	47,640	79,400	127,040
TSS	mg/L	0,330	0,660	1,980	3,300	5,280
Chrom Total	mg/L	0,012	0,024	0,073	0,122	0,195

Sumber : hasil penelitian

Lanjutan Tabel 4.20 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *acute toxicity test*

Limbah Pewarnaan						
Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		0.25%	0.5%	1.5%	2.5%	4%
BOD	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
COD	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TSS	mg/L	0.880	1.760	5.280	8.800	14.080
Chrom Total	mg/L	0.005	0.010	0.029	0.048	0.076

Sumber : hasil penelitian

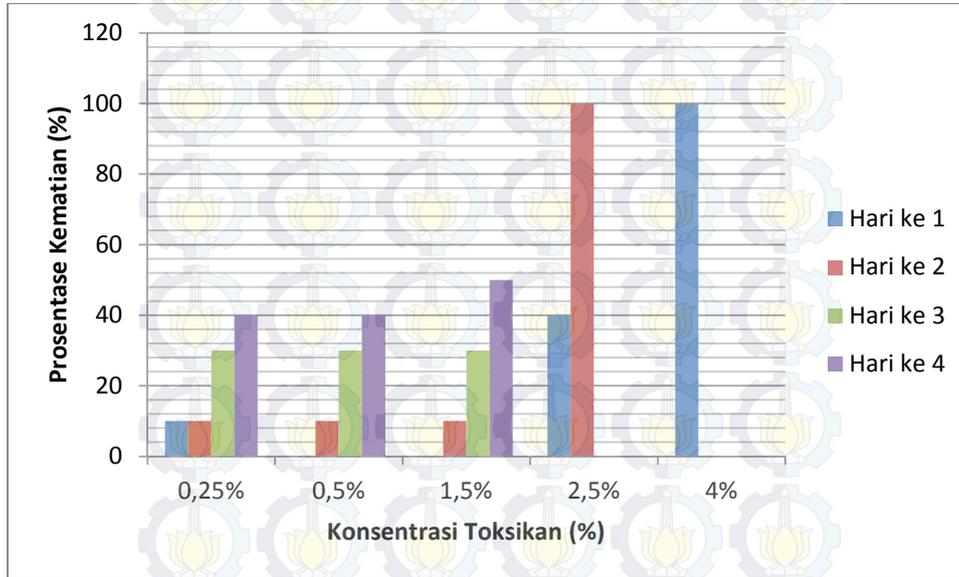
4.3.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada tahap *acute toxicity test* ini kisaran air limbah toksikan yang digunakan baik untuk air limbah pelorodan maupun air limbah pencelupan warna adalah sama yaitu 0,25%, 0,5%, 1,5%, 2,5%, dan 4%. Diharapkan dengan penggunaan kisaran konsentrasi yang kecil ini dapat menentukan dimana kisaran yang menyebabkan 50% populasi dari biota uji mati.

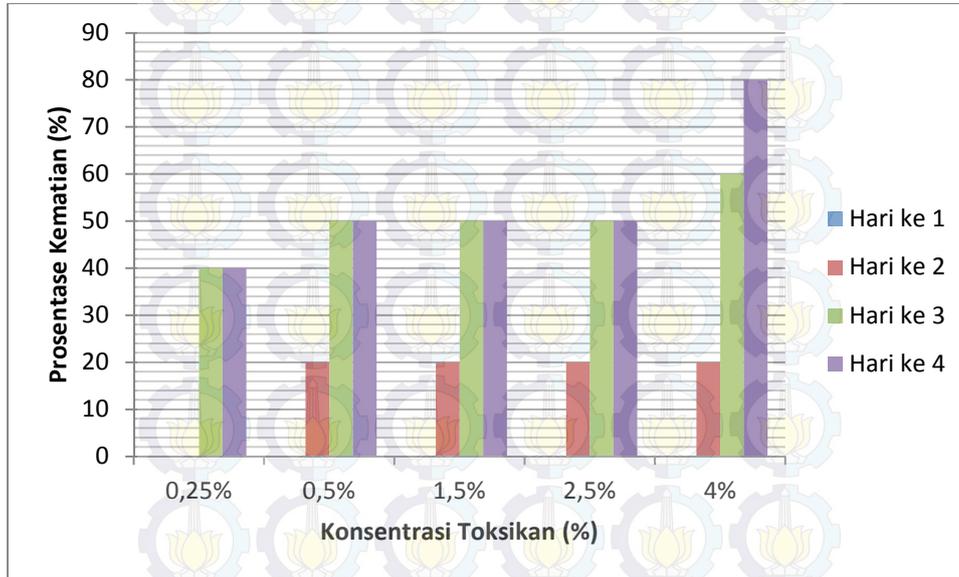
Air limbah pelorodan yang telah diencerkan tampak lebih bening dan encer. Pada air konsentrasi 4% tampak agak sedikit kekuningan, sedangkan pada konsentrasi lainnya sangat bening namun agak sedikit lengket. Pada air limbah pencelupan warna yang telah diencerkan, baik pada konsentrasi 0,25% hingga 4% tampak sangat bening meskipun sedikit berbau zat warna. Reaksi pertama ikan yang dimasukkan pada air limbah baik pelorodan maupun pencelupan warna tampak sangat tenang seperti tidak ada respon dengan perubahan lingkungan yang ada. Berbeda dengan reaksi ikan pada tahap *range finding test* 1 dan 2, hal ini dikarenakan pada *range finding test* 1 dan 2 konsentrasi air limbah sangatlah tinggi dan pekat sehingga zat-zat pencemaran juga sangatlah tinggi.

Ikan yang akan mati akan menuju ke permukaan seperti ingin keluar dari tempat media. Pada bangkai ikan terdapat warna kekuning-kuningan dan terdapat lendir pada sekujur tubuh ikan. Pada ikan yang terpapar air limbah pencelupan warna tampak adanya sedikit zat warna pada sekujur tubuhnya. Ikan yang mati berwarna pucat dan mengambang, hasil pengamatan kematian biota uji dapat dilihat pada gambar 4.17 hingga 4.20.

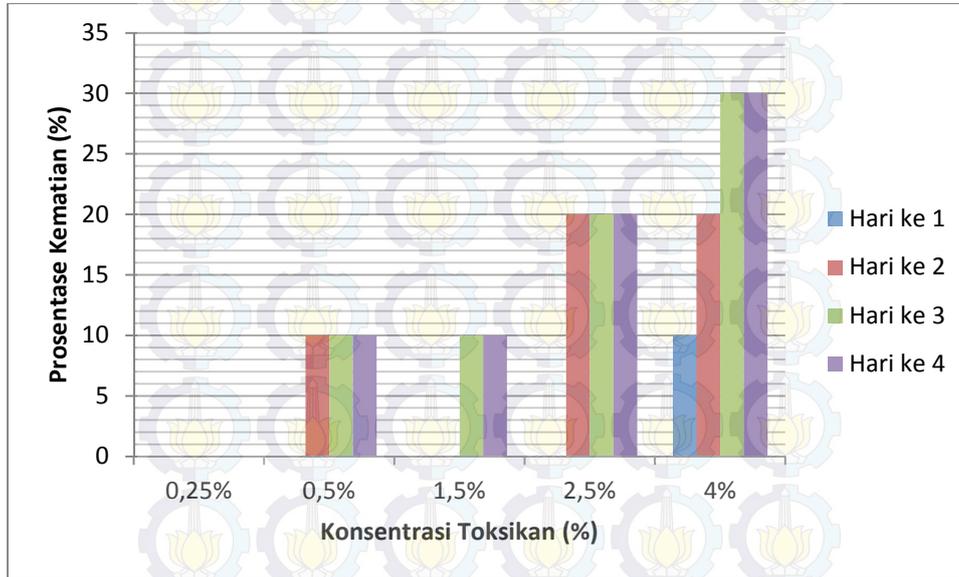
Untuk tumbuhan kayu apu yang mati juga sama efeknya seperti pada *range finding test* 1 dan 2, hanya saja jumlahnya yang tidak sebanyak pada uji-uji sebelumnya.



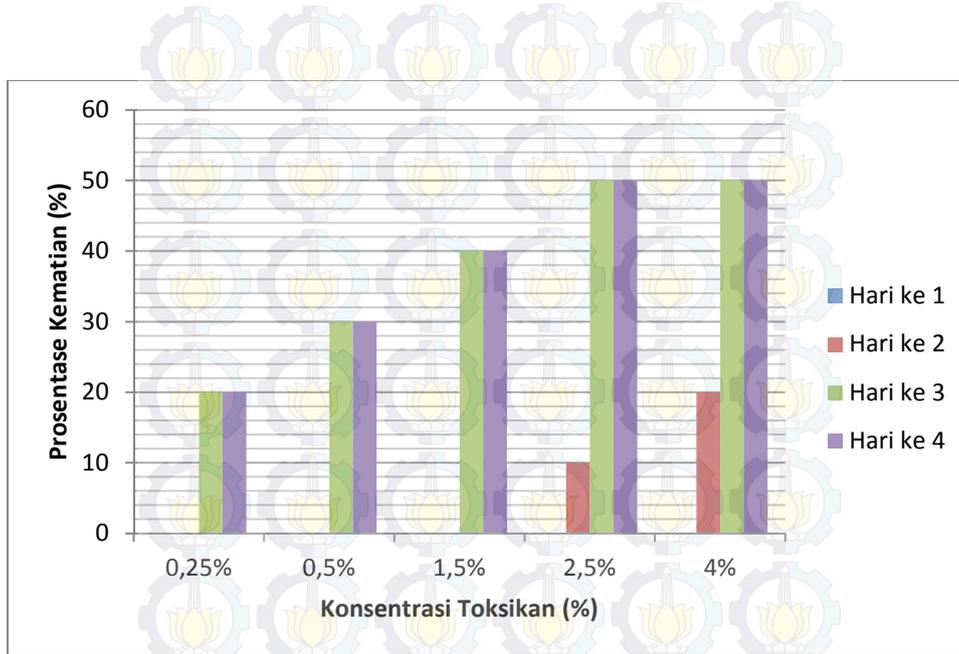
Gambar 4.19 jumlah kematian ikan nila pada air limbah pelorodan



Gambar 4.20 jumlah kematian kayu apu pada air limbah pelorodan



Gambar 4.21 jumlah kematian ikan nila pada air limbah pencelupan warna



Gambar 4.22 jumlah kematian kayu apu pada air limbah pencelupan warna

Tumbuhan kayu apu akan mengakumulasi zat pencemarnya pada akar tumbuhan. Tumbuhan tampak memiliki daun yang tergerus dan berwarna kekuning-kuningan.

Kematian-kematian biota uji ini dapat diakibatkan suatu zat toksikan yang mempengaruhi kualitas lingkungan biota uji. Faktor yang dapat mempengaruhi kematian biota uji adalah sifat fisik kimia toksikan dan sifat fisik kimia biologis lingkungan. Beberapa parameter yang termasuk dalam sifat fisik kimia biologis lingkungan adalah pH, DO, dan temperatur. Sedangkan parameter-parameter yang termasuk dalam sifat fisik kimia lingkungan adalah nilai BOD, COD, TSS, dan kandungan Chrom total.

4.4 Sifat Fisik Kimia Biologis Lingkungan

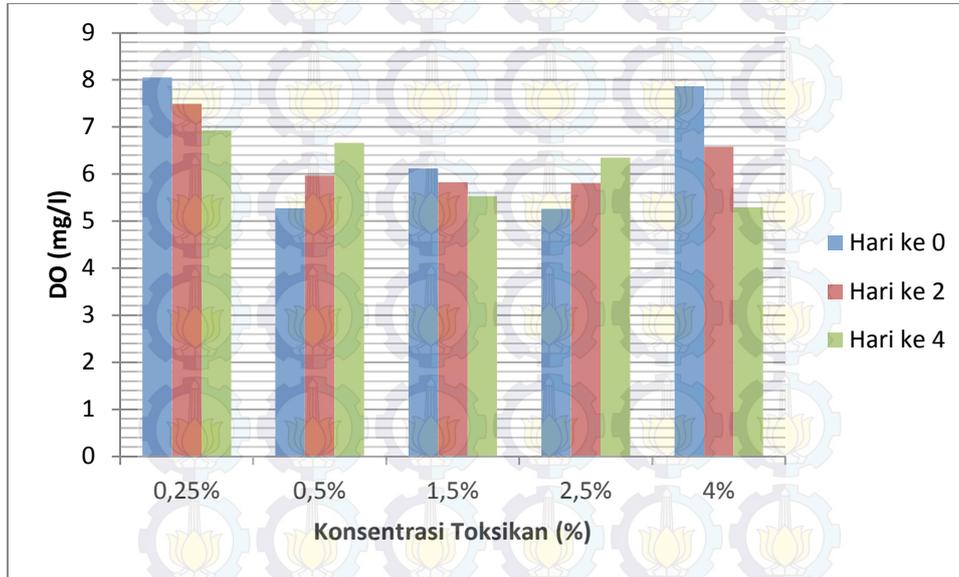
A. DO

Kebutuhan oksigen dalam air pada tahap *acute toxicity test* ini diperiksa setiap dua hari sekali menggunakan DO meter. Hasil rata-rata pemeriksaan DO dalam tahap ini dapat dilihat pada gambar 4.21 dan gambar 4.22

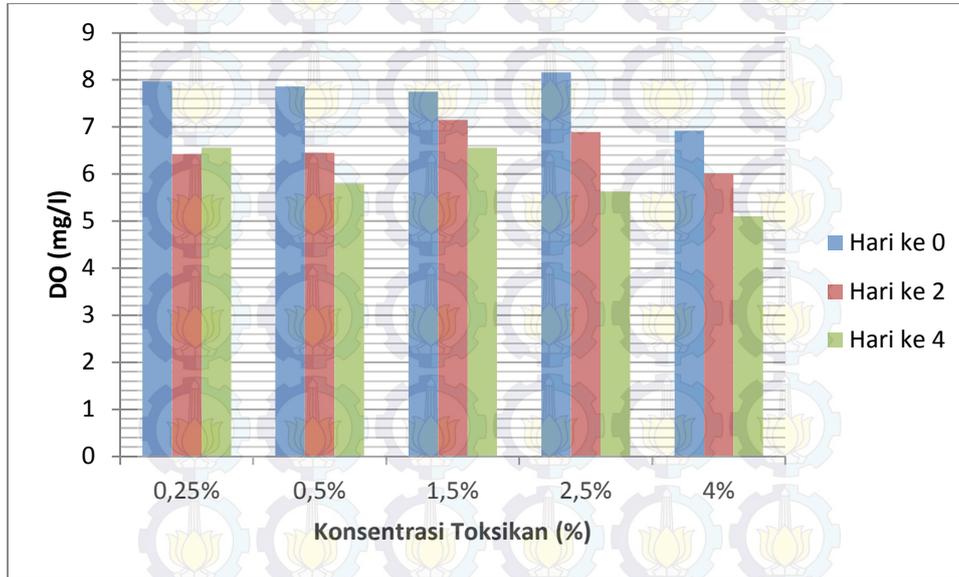
Berdasarkan tabel 4.22 setiap hari terjadi peningkatan dan penurunan DO. Selama pengujian digunakan *Air Pump* dan *Air Stone* sebagai suplai udara ke media air ikan. meskipun DO terdapat kenaikan maupun penurunan, namun DO masih dapat memenuhi kadar DO optimum untuk hidup ikan yaitu 5-6 mg/l.

B. Suhu

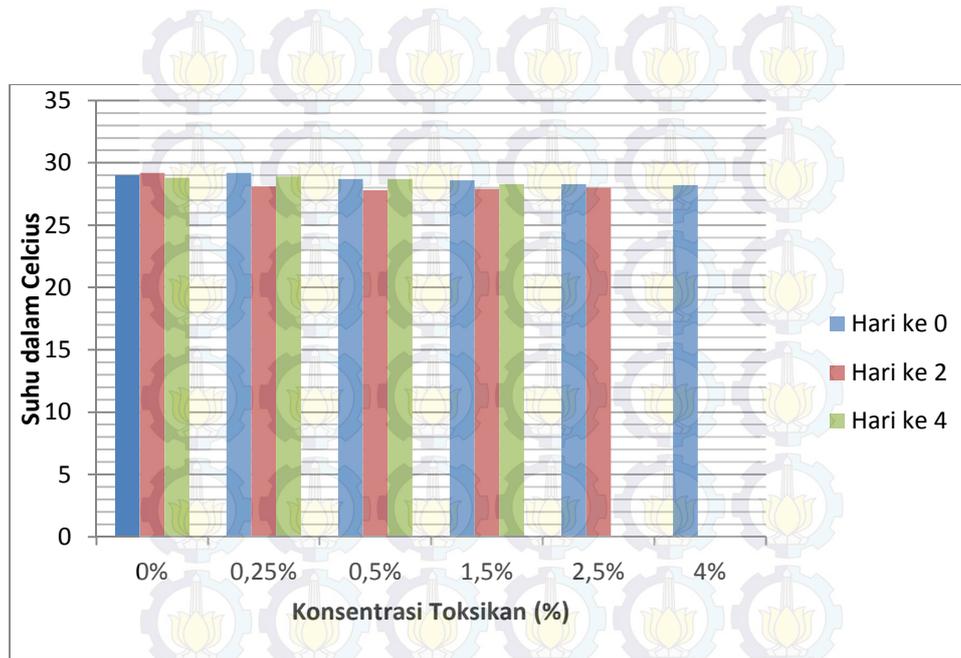
Suhu merupakan salah satu parameter yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota uji. Biota uji baik ikan maupun tumbuhan dapat dipelihara dengan suhu optimal 25-30°C. Adapun hasil pengamatan rata-rata suhu untuk *acute toxicity test* tersaji pada gambar 4.23.



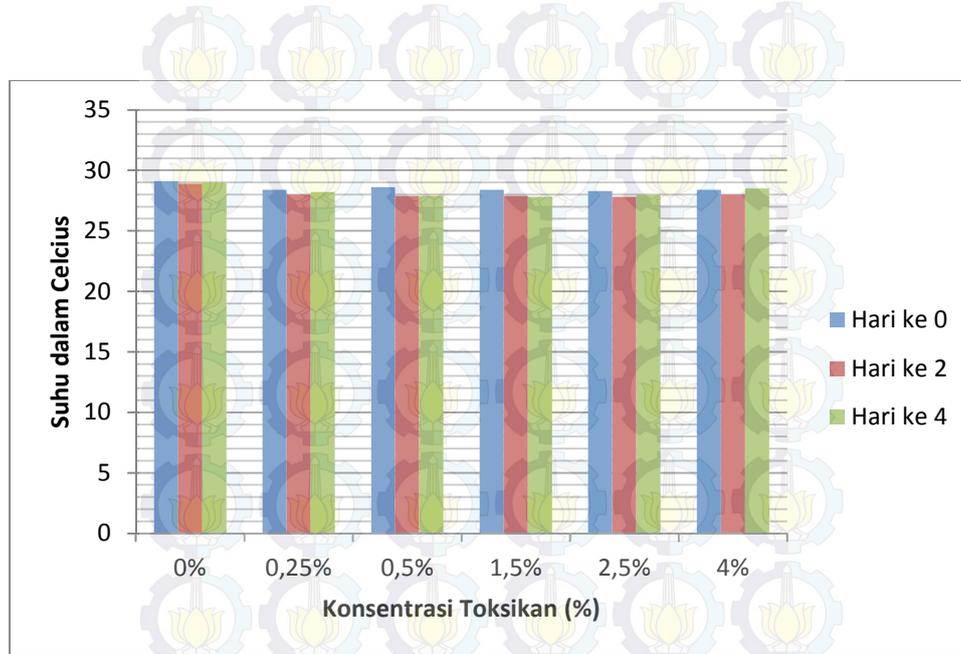
Gambar 4.23 nilai DO pada ikan nila air limbah pelorodan



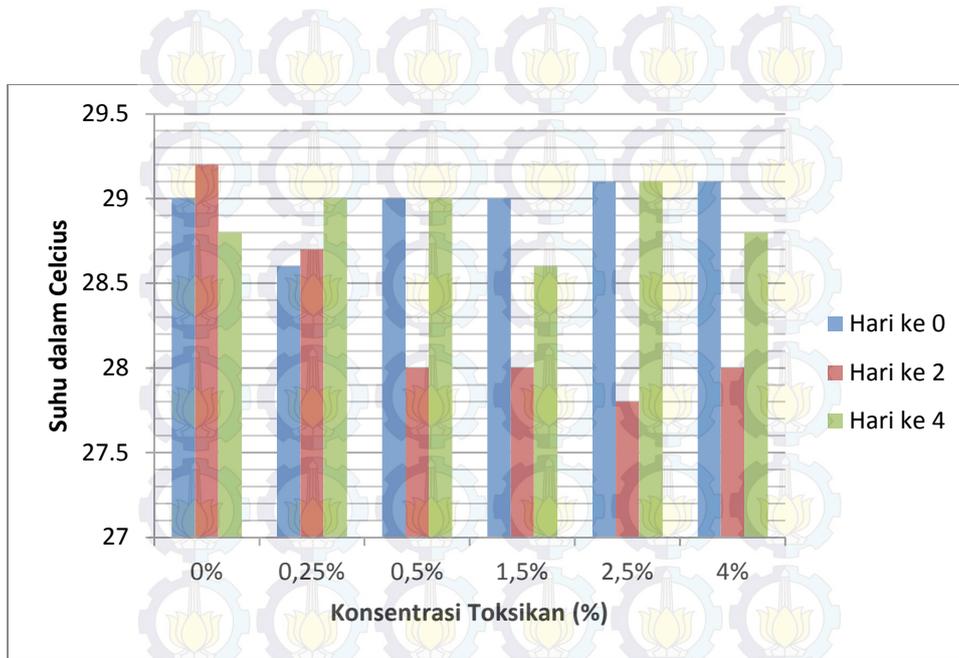
Gambar 4.24 nilai DO pada ikan nila air limbah pencelupan warna



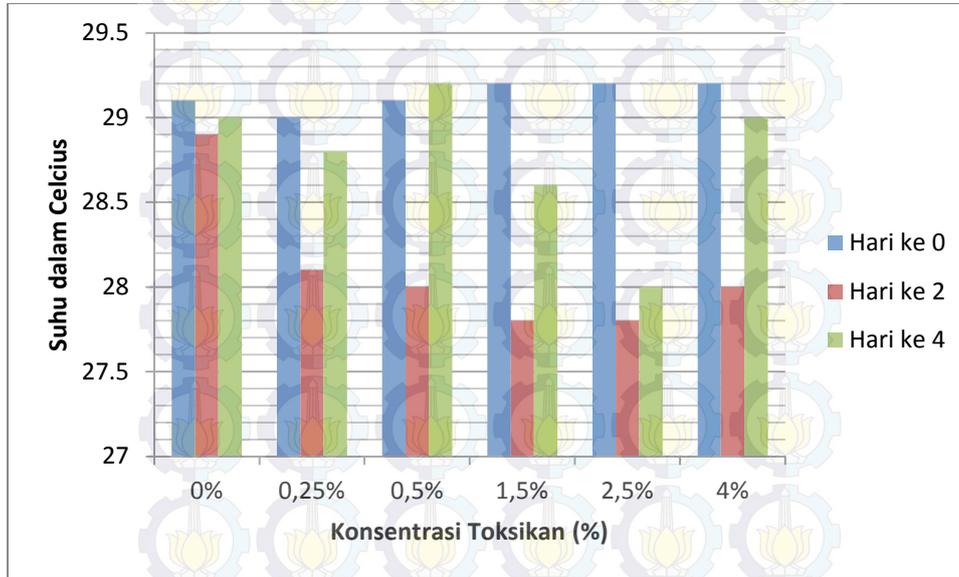
Gambar 4.25 suhu pada ikan nila air limbah pelorodan



Gambar 4.26 suhu pada kayu apu air limbah pelorodan



Gambar 4.27 suhu pada ikan nila air limbah pencelupan warna



Gambar 4.28 suhu pada kayu apu air limbah pencelupan warna

C, pH

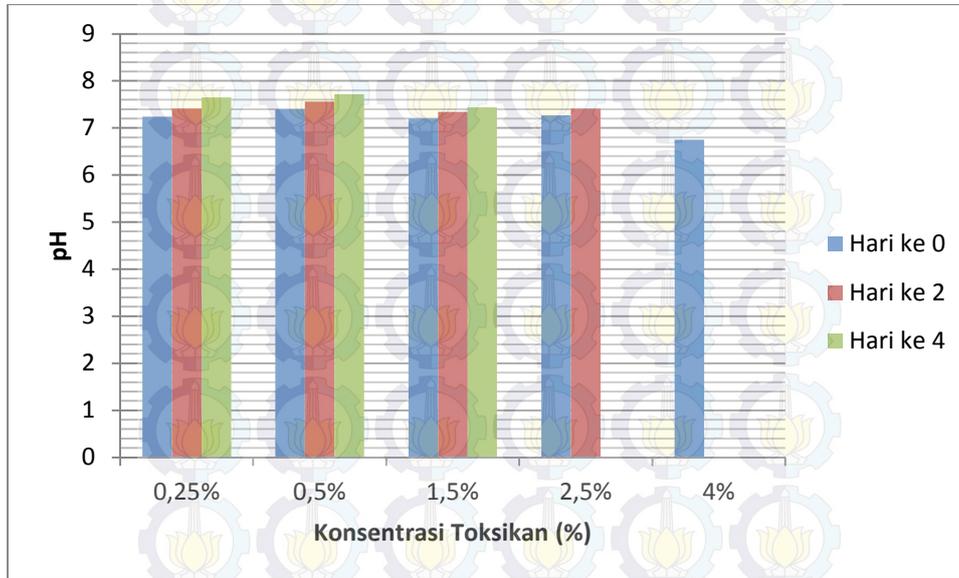
Nilai pH atau derajat keasaman merupakan salah satu parameter pencemar yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota uji. Hasil pengamatan terhadap nilai rata-rata pH pada acute toxicity test dapat dilihat pada gambar 4.27 hingga 4.30.

Berdasarkan gambar 4.27 dapat dilihat bahwa pH mengalami kenaikan dan penurunan setiap harinya. Air limbah baik pelorodan maupun pencelupan warna cenderung akan semakin basa pada setiap harinya. Salah satu faktor yang menyebabkan hal ini adalah adanya aerasi yang terus menerus hingga karbondioksida terurai dan menyebabkan pH semakin basa. Sedangkan pada tumbuhan meskipun tidak adanya *air pump* namun pH juga akan cenderung menjadi basa pada setiap harinya yang diakibatkan bak uji terbuka sehingga ada udara yang masuk kedalam air. Untuk pH yang mengalami penurunan hal ini bisa terjadi akibat reaktor yang berisikan ikan mengeluarkan lendir yang bersifat asam sebagai bentuk dari adaptasi mereka. Selama pengujian tampak nilai pH masih memenuhi kriteria sebagai lingkungan hidup biota uji yaitu 5-8, sehingga kematian biota uji tidak diakibatkan adanya perubahan pH.

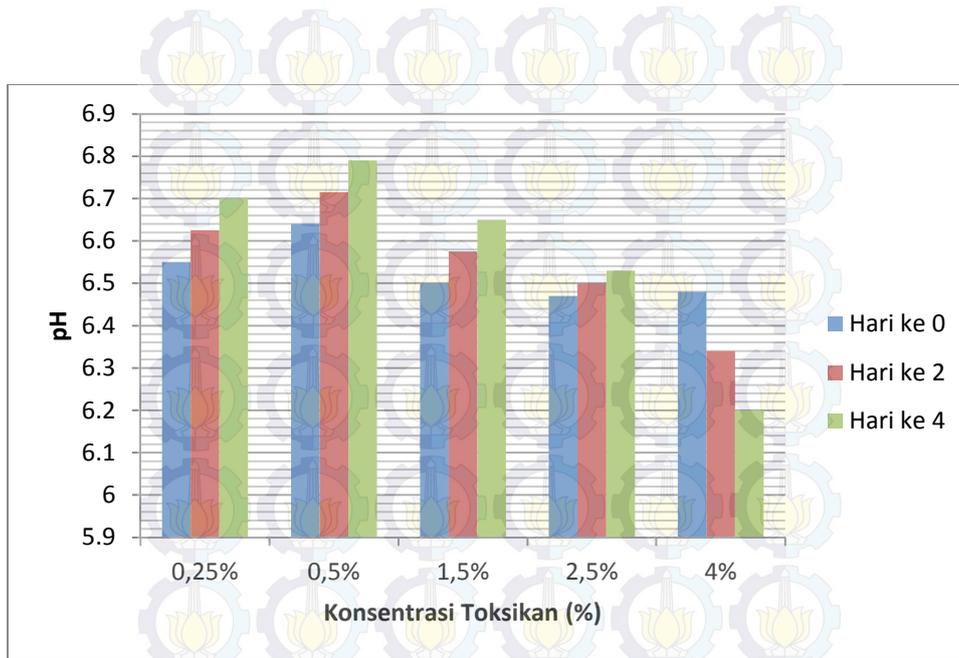
4.5 Sifat Fisik Kimia Toksikan

A. TSS

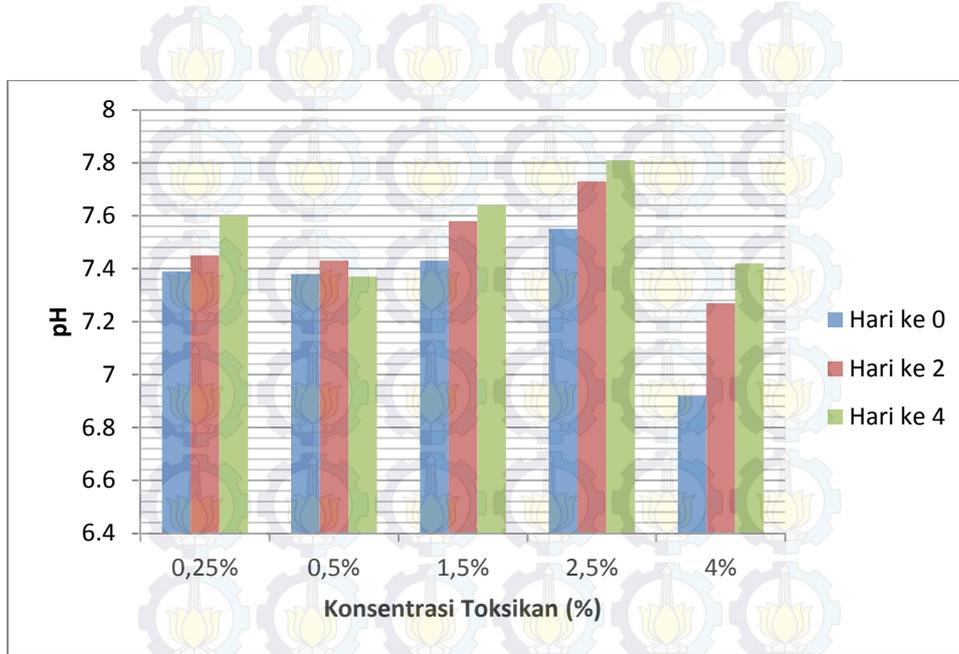
Kandungan TSS atau kandungan zat padat yang tersuspensi merupakan salah satu parameter yang dapat menyebabkan kematian biota uji. Pada ikan kandungan TSS dapat mengganggu ikan dalam penyerapan air, sehingga kandungan zat padat dapat menyumbat dan menempel pada insang ikan ketika mengambil oksigen terlarut. Selain itu kadar zat padat sendiri juga dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air itu sendiri. Pengaruh kandungan zat padat terhadap tumbuhan air



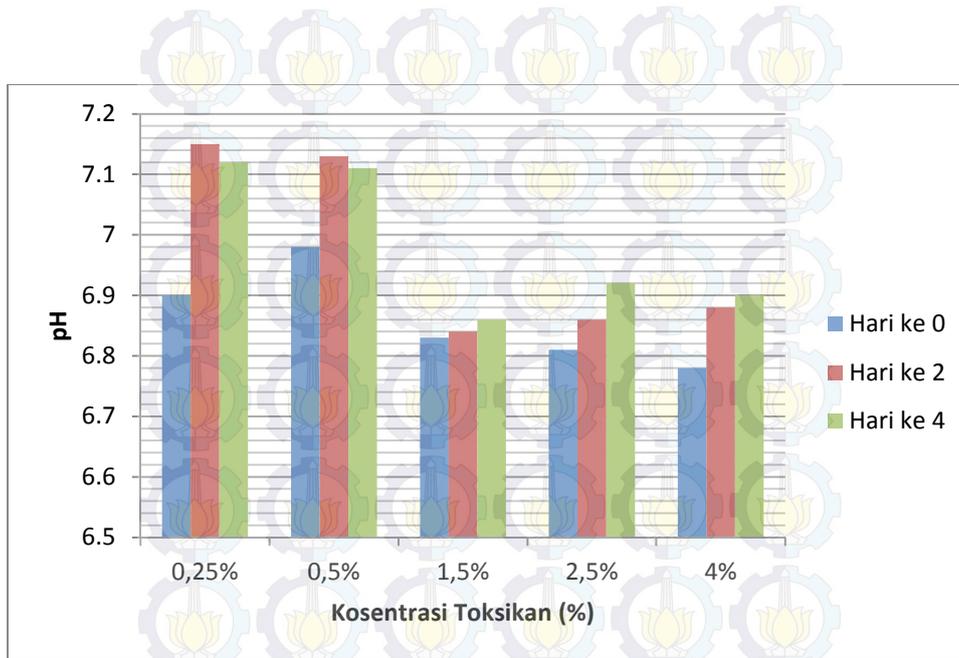
Gambar 4.29 pH pada ikan nila air limbah pelorodan



Gambar 4.30 pH pada kayu apu air limbah pelorodan



Gambar 4.31 pH pada ikan nila air limbah pencelupan warna



Gambar 4.32 pH pada kayu apu air limbah pencelupan warna

kayu apu juga dapat menyebabkan adanya penumpukan zat padat pada akar tumbuhan.

Air limbah pencelupan warna lebih banyak mengandung zat padat tersuspensi dibandingkan dengan air limbah pelorodan. pada air limbah pencelupan warna memiliki kandungan zat warna yang membuat air limbah mempunyai kandungan zat padat yang lebih banyak dibandingkan air limbah pelorodan.

B. Logam Berat Chrom

Logam berat Chrom merupakan zat toksik yang terkandung dalam air limbah batik. Logam berat Chrom merupakan salah satu zat pencemar yang sangat berbahaya. Bagi kesehatan manusia logam berat Chrom dapat menyebabkan kanker, sedangkan diketahui untuk ikan logam berat ini dapat menyebabkan penebalan pada dinding epitel insang ikan sehingga ikan akan sulit untuk mengambil oksigen terlarut dalam air. Menurut hasil penelitian diketahui bahwa kandungan logam berat Chrom lebih banyak terdapat pada air limbah pelorodan dibandingkan air limbah pencelupan warna. Kandungan logam berat yang tinggi pada air limbah pelorodan inilah salah satu penyebab biota uji cepat mati dalam waktu yang sangat singkat. Untuk membuktikan bahwa biota uji mati dengan menyerap kandungan Chrom, diadakan uji laboratorium penyerapan logam berat Chrom terhadap biota uji.

4.6 Perhitungan Nilai LC_{50} , 96 Jam

Perhitungan nilai LC_{50} , 96 jam dilakukan dengan metoda *Lithfield-Wilcoxon*. Metoda ini digunakan dikarenakan dalam metoda ini memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% sehingga data yang digunakan akan valid.

Perhitungan LC_{50} , 96 untuk biota uji yang digunakan jam adalah sebagai berikut:

1. Data yang telah didapat selama percobaan digunakan untuk menghitung prosentase proporsi kematian biota uji. Proporsi kematian biota uji dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$R = \frac{\sum \text{mortalitas}}{\sum \text{biota}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

Untuk ikan air limbah pelorodan konsentarsi 0,25%:

$$\sum \text{mortalitas} = 4 \text{ ekor}$$

$$\sum \text{biota uji} = 10 \text{ ekor}$$

Sehingga:

$$R = \frac{4}{10} \times 100\% = 40$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.25

2. Memasukkan data konsentrasi log-log dan mencari garis korelasinya dengan persamaannya. Garis korelasi yang dihasilkan merupakan garis proporsi respon harapan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar grafik 4.1.

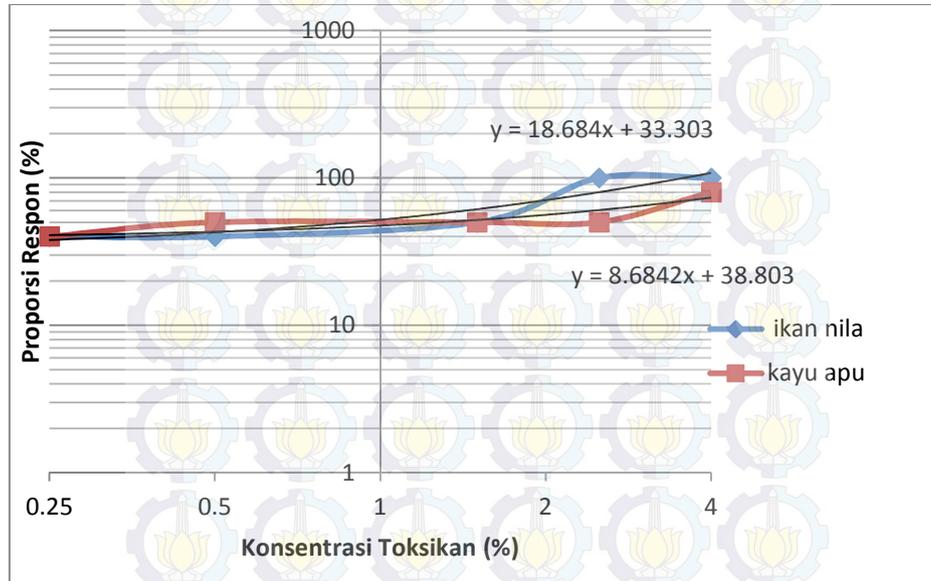
Tabel 4.25 Data untuk perhitungan LC_{50}

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan				
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas	Proporsi Kematian
Ikan Nila	0	10	0	0
	0,25	10	4	40
	0,5	10	4	40

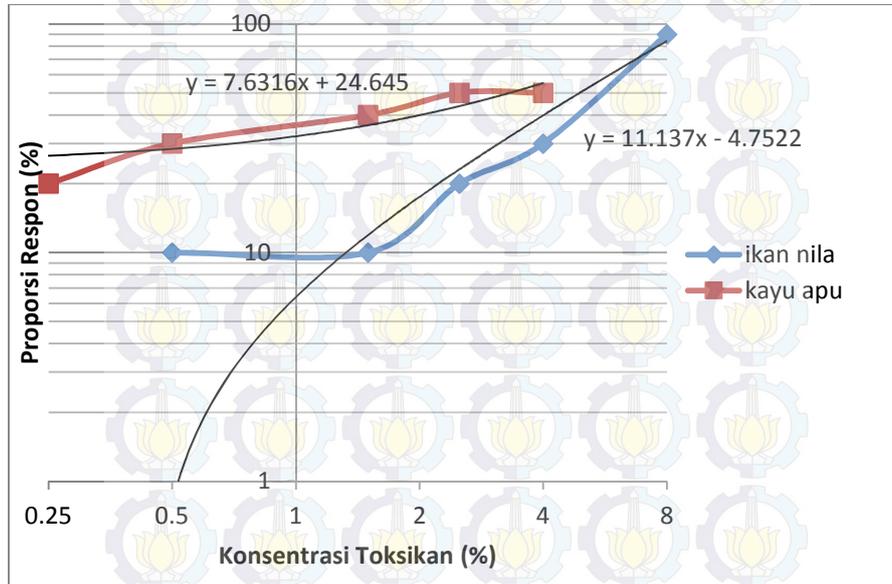
Lanjutan tabel 4.25 Data untuk perhitungan LC_{50}

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan				
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas	Proporsi Kematian
Ikan Nila	1,5	10	5	50
	2,5	10	10	100
	4	10	10	100
Kayu Apu	0	10	0	0
	0,25	10	4	40
	0,5	10	5	50
	1,5	10	5	50
	2,5	10	5	50
	4	10	8	80
Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna				
Ikan Nila	0	10	0	0
	0,5	10	1	10
	1,5	10	1	10
	2,5	10	2	20
	4	10	3	30
	8	10	9	90
Kayu Apu	0	10	0	0
	0,25	10	2	20
	0,5	10	3	30
	1,5	10	4	40
	2,5	10	5	50
	4	10	5	50

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.33 Grafik log-log untuk air limbah pelorodan



Gambar 4.34 Grafik log-log untuk air limbah pencelupan warna

3. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan konsentrasi toksikan sebagai sumbu x dalam persamaan garis yang diperoleh.

Contoh perhitungan:

Pada air limbah pelorodan biota uji ikan nila konsentrasi air limbah 0,25%

$$Y = 18,684x + 33,303$$

$$RH = 18,684 \times 0,25 + 33,303$$

$$RH = 38$$

4. Menghitung χ^2 tiap konsentrasi dengan bantuann nomograf χ^2 yang terdapat pada lampiran. Contohnya untuk konsentrasi 0,25% air limbah pelorodan biota uji ikan nila, didapat nilai $\chi^2 = 0,0014$. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.26

5. Setelah didapatkan jumlah χ^2 setelah itu menghitung χ^2 perhitungan menggunakan rumus perhitungan :

$$\begin{aligned} \chi^2 \text{ perhitungan} &= (\sum \chi^2) \times \left(\frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{Toksikan}} \right) \\ &= 0,5859 \times (50/5) \\ &= 5,859 \end{aligned}$$

6. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh nilai χ^2 dengan χ^2 perhitungan:

- Juka χ^2 perhitungan $<$ $\chi^2(95\%)$ maka garis korelasi harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut
- Jika banyak perulangan masih belum memenuhi χ^2 (95%), maka uji toksisitas harus diulang

Tingkat kebebasan (N) diperoleh dengan cara:

$$N = K - 2$$

$$N = 5 - 2 = 3$$

Tabel 4.26 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Ikan Nila	0,25	10	4	40	38	2	0,0014
	0,5	10	4	40	43	3	0,0035
	1,5	10	5	50	61	9	0,33
	2,5	10	10	100	80	20	0,25
	4	10	10	100	108	8	0,001
	Σ variasi = 5	$\Sigma = 50$					$\Sigma = 0,5859$

Lanjutan Tabel 4.26 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Tumbuhan Kayu Apu	0,25	10	4	40	41	1	0,001
	0,5	10	5	50	43	7	0,2
	1,5	10	5	50	52	1	0,001
	2,5	10	5	50	61	9	0,3
	4	10	8	80	74	6	0,018
	Σ variasi = 5	$\Sigma = 50$					$\Sigma = 0,52$

Lanjutan Tabel 4.26 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Ikan Nila	0,5	10	1	10	1	-	
	1,5	10	1	10	12	2	0,0035
	2,5	10	2	20	23	3	0,0045
	4	10	3	30	40	10	0,28
	8	10	9	90	84	6	0,3
	Σ variasi = 4	$\Sigma = 40$					$\Sigma = 0,588$

Lanjutan Tabel 4.26 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksik (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Tumbuhan Kayu Apu	0,25	10	2	20	27	7	0,25
	0,5	10	3	30	28	2	0,002
	1,5	10	4	40	36	4	0,006
	2,5	10	5	50	44	6	0,019
	4	10	5	50	55	5	0,01
	Σ variasi = 5	$\Sigma = 50$					$\Sigma = 0,287$

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4.27 didapat nilai $N = 3$ nilai χ^2 adalah 7,82. Dikarenakan untuk data air limbah pelorodan biota uji ikan nilai χ^2 perhitungan (0,5859) < dari nilai χ^2 95% (7,82), maka garis konsentrasi toksikan dapat diterima dan perhitungan dapat dilanjutkan.

Tabel 4.27 Nilai χ^2 untuk batas kepercayaan 95%

Tingkat Kebebasan (N)	χ^2 (95%)
1	3,84
2	5,99
3	7,82
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

Sumber : Mangkoediharjo, 2003

7. Menghitung LC50, 96 jam dengan batas-batas kepercayaan 95% berdasarkan garis korelasi persamaan proporsi respon harapan yang telah diterima.

- Dari persamaan garis korelasi dapat ditentukan nilai:
 $LC45 = 0,6$
 $LC50 = 0,9$

$$LC55 = 1,2$$

- Menentukan garis kemiringan garis korelasi konsentrasi proporsi harapan, contoh untuk air limbah pelorodan dengan biota uji ikan nila:

$$\begin{aligned} S &= \left(\frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times 0,5 \\ &= \left(\frac{1,2}{0,9} + \frac{0,9}{0,6} \right) \times 0,5 \\ &= 1,4 \end{aligned}$$

- Menghitung faktor LC_{50} dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} f(LC_{50}) &= S^{\left[\frac{2,77}{N^{0,5}} \right]} \\ &= 1,4^{\left[\frac{2,77}{20^{0,5}} \right]} \\ &= 1,2 \end{aligned}$$

- Menentukan batas-batas kepercayaan 95% LC_{50} :

$$\begin{aligned} - \text{ Batas atas} &= LC_{50} \times f \\ &= 0,9 \times 1,2 \\ &= 1,1 \\ - \text{ Batas bawah} &= LC_{50}/f \\ &= 0,9/1,2 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

Sehingga ditemukan LC_{50} ikan nila air limbah pelorodan adalah $0,9 \pm 0,2$

Dengan cara yang sama seperti sebelumnya, maka akan didapatkan nilai LC_{50} , 96 jam untuk air limbah pelorodan dengan biota uji tumbuhan kayu apu, air limbah pencelupan warna dengan biota uji ikan nila, dan air limbah pencelupan warna dengan biota uji kayu apu. Dari hasil perhitungan didapatkan:

$$\begin{aligned} LC_{50} \text{ ikan nila air limbah pelorodan} &= 0,9 \pm 0,2 \\ LC_{50} \text{ kayu apu air limbah pelorodan} &= 1,3 \pm 0,4 \end{aligned}$$

LC50 ikan nilai air limbah pewarnaan = $4,9 \pm 0,3$

LC 50 kayu apu air limbah pewarnaan = $3,3 \pm 0,4$

4.8 Penyerapan Chrom Dalam Biota Uji

Zat pencemar masuk kedalam tubuh makhluk hidup melalui berbagai macam cara, yaitu melalui saluran pernafasan, pencernaan, maupun melalui kulit. Adanya logam berat seperti Chrom dari lingkungan yang masuk kedalam tubuh biota uji dibuktikan dengan adanya uji kandungan Chrom total terhadap biota uji. Uji kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

Pada akhir penelitian, biota uji yang terpapar air limbah industri batik diuji kandungan Chrom dalam tubuh biota uji. Metode pengukurannya dilakukan dengan metode AAS, adapun hasil penyerapan Chrom total yang diakumulasikan dalam tubuh biota uji tersaji dalam tabel 4.28.

Dari tabel dapat kita lihat bahwa biota uji yang digunakan dalam penelitian ini baik untuk ikan nila maupun tumbuhan kayu apu mengandung kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji tersebut. Adanya logam berat ini diakibatkan lingkungan dari biota uji yang juga mengandung logam berat Chrom.

Tabel 4.28 kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji

Untuk Air Limbah Pelorodan			
Biota Uji	Konsentrasi Limbah	Chrom di Air Total (mg/l)	Chrom dalam Biota Uji (mg/l)
ikan nila	12%	0,586	0,022
	20%	0,977	0,037
kayu apu	12%	0,586	0,011
	20%	0,977	0,018

Lanjutan Tabel 4.28 kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji

Untuk Air Limbah Pencelupan Warna			
Biota Uji	Konsentrasi Limbah	Chrom di Air Total (mg/l)	Chrom dalam Biota Uji (mg/l)
ikan nila	16%	0,305	0,009
	24%	0,458	0,014
kayu apu	16%	0,305	0,004
	24%	0,458	0,007

Sumber : analisis laboratorium

Berdasarkan hasil analisis laboratorium tampak untuk biota uji yang terpapar air limbah pelorodan yang paling banyak menyerap logam berat Chrom. Meskipun jumlah Chrom total yang masuk kedalam tubuh biota uji relatif kecil, namun sejumlah Chrom total yang kecil tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh dan semakin lama dapat merusak jaringan tubuh biota uji. Besarnya konsentrasi zat toksik yang terkandung dalam biota uji dapat dihitung menggunakan *bioconcentration facto* (BCF). BCF merupakan perbandingan konsentrasi zat toksik yang terkandung di dalam biota uji terhadap konsentrasi zat toksik yang terkandung dalam media hidup biota uji. Contoh perhitungan BCF dapat dilihat sebagai berikut:

$$BCF = \frac{(Cr \text{ dalam}(biota \text{ uji}))}{(Cr \text{ dalam air})}$$

Sehingga:

BCF ikan nila pada air limbah pelorodan

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi 12\%} &= \frac{(0022 \text{ mg/L})}{(0586 \text{ mg/L})} \\ &= 0,037 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Semakin besar nilai BCF yang didapatkan menandakan bahwa semakin besar zat toksik yang terakumulasi didalam biota uji tersebut. Semakin besar zat toksik yang terakumulasi didalam biota uji menandakan bahwa air limbah tersebut semakin toksik.



“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan seperti berikut:

1. Nilai LC_{50} untuk air limbah pelorodan dengan biota uji ikan nila adalah $0,9\% \pm 0,2$; nilai LC_{50} air limbah pelorodan dengan biota uji tumbuhan kayu apu adalah $1,3\% \pm 0,4$; nilai LC_{50} untuk air limbah pewarnaan dengan biota uji ikan nila adalah $4,9\% \pm 0,3$; dan nilai LC_{50} untuk air limbah pewarnaan dengan biota uji tumbuhan kayu apu adalah $3,3\% \pm 0,4$.
2. Konsentrasi Chrom terbesar terletak pada air limbah proses pelorodan, sehingga menyebabkan air limbah lebih toksik dibandingkan dengan air limbah pencelupan warna. Logam berat Chrom merupakan logam berat yang bersifat toksik yang menyebabkan kematian pada biota uji ikan nila dan tumbuhan kayu apu.

5.2 Saran

Perlu adanya instalasi pengolahan air limbah terlebih dahulu untuk air limbah industri batik sebelum dibuang ke badan air penerima. Apabila air limbah akan dibuang ke badan air penerima kandungan pencemar dalam air limbah haruslah kurang dari nilai konsentrasi LC_{50} yang telah ditemukan.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ghouti, M.A., M.A.M. Khraisheh, S.J. Allen, M.N. Ahmad. 2003." The removal of dyes from textile wastewater: a study of the physical characteristic and adsorption mechanisms of diatomaceous earth". *Journal of environmental management* , **vol. 69**, **pp: 229-239**.
- APHA, AWWA, WPCF. 2005. "Toxicity test method for aquatic organism Standard method for the examination of water and wastewater". **Washington DC Sixteen edition: American public health association. pp: 689-726**.
- Arafad, I. 2000. "Penurunan Suhu Media terhadap benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Ukuran 3-5 cm". Skripsi. Bogor: Departemen Budidaya Perairan. Fakultas Ilmu Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Ariyanto, Didik. 2002. "Proses Batik, batik tulis, batik cap, batik printing": Solo. CV. Aneka
- Aryani, Y., T. Widiyanti. 2004. "Toksitasitas Akut Limbah Cair Pabrik batik CV. Giyant Santoso Surakarta dan Efek Sublethalnya Terhadap Struktur Mikroanatomi Branchia dan Hepar Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* T.)". *Biosmart* **Vol. 6, No 2 : 147-153**.
- Cahyono, B. 2000. "Budidaya Ikan air tawar". Kanisius. Jakarta
- Diniyati, W. 2012. "Karakteristik air sumur di sekitar aliran limbah cair industry kerajinan batik di desa Kliwonan kecamatan Masaran Kabupaten Sragen". Tugas Akhir program studi pendidikan biologi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gautomo, A. 2004. "Uji Toksisitas Limbah Cair Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dan Ikan Tawes

(*Puntius Javanicus*)". Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS.

Hillman, W.S. 2002. "The Lemnaceae, or duckweed, a review of the descriptive and experimental literature". **pp: 27-221.**

Lin, S.H, C.L .Lai. 2000. "Kinetic characteristics of textile wastewater ozonation in fluidized and fixed activated carbon beds". Water research. **Vol 34, pp: 763-772.**

Manurung, R., R. Irvan. 2004. "Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob". **Jurnal pp: 1-19**

Margiastuti, L.S. 2005. "Uji Toksisitas Kosentrasi Deterjen Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dan Ikan Tawes (*Puntius Javanicus*)". Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS.

Mathur, N.; Bhatnagar, P. ; Bakre, P., (2005), "Assessing Mutagenicity of Textile Dyes From Pali (Rajasthan) Using Ames Bioassay", Applied ecology and environmental research 4(1), **pp: 111-118**

Mehmet K., O.T. Can, M. Bayramoglu. 2003. "Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminium electrodes". Journal of Hazardous materials. **Vol. 100 pp: 163-178**

OECD. 2004. "Detailed Review Paper on Fish Screening Assays for the Detection of Endocrine Active Substances", **No.47. ENV/JM/MONO(2004). pp:18-170.**

Pearce, C.I., J.R. Lloyd, J.T. Guthrie. 2003. "The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review". Dyes and Pigments. **Vol. 58 pp: 179-196**

Purwaningsih, I. 2008. "Pengolahan limbah cair industry batik CV. Batik indah raradjonggrang Yogyakarta dengan metode elektrokoagulasi ditinjau dari

parameter chemical oxygen demand (COD) dan warna”.

Santi, D.N., et al. 2004. ” Pengelolaan Limbah Cair Pada Industri Penyamakan Kulit Industri Pulp Dan Kertas Industri Kelapa Sawit”. *Universitas Sumatra Utara, Sumatra Utar* , pp : 1-6.

Skillcorn Paul, *et. al.* 2005. ”Duckweed aquaculture a new aquatic farming system for developing countries”. **The International Bank: Washington, DC.**

Smith ,A.H., Odenyo AA, Osuji PO, Walig MA, Kandil FE, Seiger DS and Mackie RJ. 2001. ”Evaluation of toxicity of acacia angustissima in rat bioassay”. *Anim Feed Sci Tech.* **Vol. 91 pp:41-58.**

Sudiarta, I Wayan, Yulihastuti, Dwi Ariani. 2010. ”Biosorpsi Kromium (VI) pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*) ”. *Jurnal Kimia* vol. 4(2) pp: 158-166.

Suyanto, S.R. 2003. ” Nila”. Edisi ke IX. PT Penebar Swadaya. Jakarta

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



“halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENYUSUN



Penyusun dilahirkan di Surabaya pada 19 Februari 1992 dan merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara. Penyusun yang memiliki hobi bermain alat musik ini menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Kertajaya XII (PUJA 1) Surabaya pada tahun 2003, lalu menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMPN 6 Surabaya pada tahun 2006, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Surabaya pada tahun 2009. Penyusun lalu masuk di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya pada tahun 2009 mengambil jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, yang akhirnya penyusun keluar dan masuk di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS pada tahun 2010 dan terdaftar dengan NRP 3310100032. Penyusun selama masa perkuliahan juga aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Penyusun tergabung dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) FTSP-ITS dan pernah menjadi Ketua Komunitas Environmental Engineering English Club (EEEC). Apabila pembaca ingin bertanya terkait penelitian atau hal-hal lainnya dapat menghubungi pada pramudita.brian@gmail.com

LAMPIRAN A
HASIL PERHITUNGAN

1. Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi 1 pada tanggal 28-10-2013

Tabel I-1 hasil pengamatan ikan nila

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Nila	Temperatur	C	-	29	-	28	-	29	-
	pH	-	-	7,82	-	7,97	-	7,38	-
	Dissolved Oksigen	mg/L		5,4		5,6		5,7	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	ekor	0	2	2	6	11	17	23

Tabel I-2 hasil pengamatan ikan nila

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Tumbuhan Kayu apu	Temperatur	C	-	29	-	29	-	29	-
	PH	-	-	7,8	-	7,74	-	7,25	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	ekor	0	0	3	7	12	15	23

Aklimatisasi 2 pada tanggal 4-11-2013

Tabel I-3 hasil pengamatan ikan nila

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Nila	Temperatur	C	-	28,5	-	29	-	29	-
	PH	-	-	7,54	-	7,67	-	7,55	-
	DO	mg/L		5,6		5,7		5,8	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	ekor	-	1	6	12	16	17	20

Tabel I-4 hasil pengamatan tumbuhan kayu apu

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Tumbuhan Kayu apu	Temperatur	C	-	29,5	-	29	-	29,5	-
	PH	-	-	7,5	-	7,55	-	7,5	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	ekor	-	2	4	8	10	14	16

Aklimatisasi 3 pada tanggal 11-11-2013

Tabel I-5 hasil pengamatan ikan nila

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Nila	Temperatur	C	-	28,5	-	28	-	28,5	-
	PH	-	-	7,64	-	7,59	-	7,5	-
	DO	mg/L		5,3		5,5		5,8	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	kematian	ekor	2	4	9	10	12	13	14

Tabel I-6 hasil pengamatan tumbuhan kayu apu

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Tumbuhan Kayu apu	Temperatur	C	-	29	-	29	-	29,5	-
	PH	-	-	7,35	-	7,55	-	7,48	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	ekor	-	2	3	1	-	1	1

2. Tahap Range Finding Test 1

Tabel II-1 karakteristik limbah yang digunakan untuk *Range Finding Test 1*

Parameter	Jenis Air Limbah		Satuan
	Pelorodan	Pewarnaan	
Suhu	35	39	°C
TSS	132	352	mg/l
BOD	1987	1534	mg/l
COD	3176	2783	mg/l
Chrom Total	4,886	1,907	mg/l
pH	8,32	9,54	-

Tabel II-2 variasi konsentrasi limbah pada *range finding test 1*

Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
100%	10	10	0
80%	10	8	2
60%	10	6	4
40%	10	4	6
20%	10	2	8
0%	10	0	10

Tabel II-3 kandungan parameter pencemar tiap prosentase pada air limbah pelorodan tahap *range finding test 1*

Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		20%	40%	60%	80%	100%
BOD	mg/L	397,4	794,8	1192,2	1589,6	1987
COD	mg/L	635,2	1270,4	1905,6	2540,8	3176
TSS	mg/L	26,4	52,8	79,2	105,6	132
Chrom Total	mg/L	0,9772	1,9544	2,9316	3,9088	4,886

Tabel II-4 kandungan parameter pencemar tiap prosentase pada air limbah pewarnaan tahap *range finding test 1*

Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		20%	40%	60%	80%	100%
BOD	mg/L	306,8	613,6	920,4	1227,2	1534
COD	mg/L	556,6	1113,2	1669,8	2226,4	2783
TSS	mg/L	70,4	140,8	211,2	281,6	352
Chrom Total	mg/L	0,3814	0,7628	1,1442	1,5256	1,907

Tabel II-5 Rata-rata DO dalam tahap *range finding test* 1

Konsentrasi Toksikan	Air limbah Pelorodan		
	Hari ke -		
	0	2	4
0%			
20%	5,78	-	-
40%	5,77	-	-
60%	5,58	-	-
80%	5,35	-	-
100%	5,62	-	-
Konsentrasi Toksikan	Air Limbah Pencelupan Warna		
	Hari ke -		
	0	2	4
0%	0	2	4
20%	6,02	-	-
40%	5,35	-	-
60%	4,7	-	-
80%	6,32	-	-
100%	5,47	-	-

Tabel II-6 Rata-rata suhu pada *range finding test 1*

Air Limbah Pelorodan						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%	29	29,2	28,8	29,1	28,9	29
20%	29	-	-	29	28,8	-
40%	29	-	-	29	29	-
60%	29	-	-	29	-	-
80%	29	-	-	29	-	-
100%	29	-	-	29	-	-
Air Limbah Pencelupan Warna						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%	29	29,3	28,8	28,9	29,2	29
20%	29	29	-	29,5	28,9	27,8
40%	29	-	-	29,5	28,9	27,7
60%	29	-	-	29,5	28,9	29
80%	29	-	-	29,5	29	-
100%	29	-	-	29,5	29	-

Tabel II-7 Rata-rata pH pada *range finding test 1*

Air Limbah Pelorodan						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%						
20%	6,77	-	-	5,64	5,43	-
40%	5,95	-	-	5,13	4,93	-
60%	6,1	-	-	4,92	-	-
80%	5,26	-	-	4,63	-	-
100%	5,29	-	-	4,32	-	-
Air Limbah Pencilupan Warna						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%						
20%	7,97	8,13	-	6,63	6,43	6,22
40%	7,87	-	-	7,23	7,08	6,84
60%	7,87	-	-	7,41	7,23	7,14
80%	7,97	-	-	7,44	7,20	-
100%	8,27	-	-	10,2	9,78	-

Tabel II-8 Akumulasi Kematian Biota Uji pada tahap *range finding test I*

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan						
Kosentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Kematian Biota Uji Hari Ke-					Σ kematian
	0	1	2	3	4	
Ikan Nilu						
0%	0	0	0	0	0	0
20%	0	10	-	-	-	10
40%	0	10	-	-	-	10
60%	0	10	-	-	-	10
80%	0	10	-	-	-	10
100%	0	10	-	-	-	10
Tumbuhan Kayu apu						
0%	0	0	0	0	0	0
20%	0	9	1	-	-	10
40%	0	9	1	-	-	10
60%	0	10	-	-	-	10
80%	0	10	-	-	-	10
100%	0	10	-	-	-	10

Lanjutan Tabel II-8 Akumulasi Kematian Biota Uji pada tahap *range finding test 1*

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna						
Kosentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Kematian Biota Uji Hari Ke-					Σ kematian
	0	1	2	3	4	
Ikan Nila						
0%	0	0	0	0	0	0
20%	0	3	3	3	-	9
40%	0	10	-	-	-	10
60%	0	10	-	-	-	10
80%	0	10	-	-	-	10
100%	0	10	-	-	-	10
Tumbuhan Kayu apu						
0%	0	0	0	0	0	0
20%	0	3	2	2	-	7
40%	0	4	2	2	2	10
60%	0	4	2	2	2	10
80%	0	4	6	-	-	10
100%	0	6	4	-	-	10

3. Tahap Range Finding Test 2

Tabel III-1 karakteristik limbah yang digunakan untuk *Range Finding Test 2*

Parameter	Jenis Air Limbah		Satuan
	Pelorodan	Pewarnaan	
Suhu	35	39	°C
TSS	132	352	mg/l
BOD	1987	1534	mg/l
COD	3176	2783	mg/l
Chrom Total	4,886	1,907	mg/l
pH	7,65	7,81	-

Tabel III-2 variasi konsentrasi limbah pada *range finding test 2*

Air limbah Pelorodan			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0%	10	0	10
4%	10	0,4	9,6
8%	10	0,8	9,2
12%	10	1,2	8,8
16%	10	1,6	8,4
20%	10	2	8

Lanjutan Tabel III-2 variasi konsentrasi limbah pada *range finding test 2*

Air Limbah Pencelupan Warna			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0%	10	0	10
8%	10	0,8	9,2
16%	10	1,6	8,4
24%	10	2,4	7,6
32%	10	3,2	6,8
40%	10	4	6

Tabel III-3 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *range finding test 2*

Limbah Pelorodan						
Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		4%	8%	12%	16%	20%
BOD	mg/L	79,48	158,96	238,44	317,92	397,40
COD	mg/L	127,04	254,08	381,12	508,16	635,20
TSS	mg/L	5,28	10,56	15,84	21,12	26,40
Chrom Total	mg/L	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98

Tabel III-3 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *range finding test 2*

Limbah Pewarnaan						
Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		8%	16%	24%	32%	40%
BOD	mg/L	122,72	245,44	368,16	490,88	613,60
COD	mg/L	222,64	445,28	667,92	890,56	1113,20
TSS	mg/L	28,16	56,32	84,48	112,64	140,80
Chrom Total	mg/L	0,15	0,31	0,46	0,61	0,76

Tabel III-4-rata DO dalam tahap *range finding test 2*

Konsentrasi Toksikan	Air limbah Pelorodan		
	Hari ke -		
	0	2	4
4%	5,78	-	-
8%	5,77	-	-
12%	5,58	-	-
16%	5,35	-	-
12%	5,62	-	-
Konsentrasi Toksikan	Air Limbah Pencelupan Warna		
	Hari ke -		
	0	2	4
8%	6,02	6,42	-
16%	5,35	6,47	-
24%	4,7	-	-
32%	6,32	-	-
40%	5,47	-	-

Tabel III-5 Rata-rata suhu pada *range finding test 2*

Air Limbah Pelorodan						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%	29	29,2	28,8	29,1	28,9	29
4%	29,5	-	-	29,8	28,8	29,9
8%	30	-	-	30	29	30,1
12%	30	-	-	30,1	30	29,8
16%	30,1	-	-	29,8	30	30
20%	30,5	-	-	29,9	29,8	29,5
Air Limbah Pencelupan Warna						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%	29	29,3	28,8	28,9	29,2	29
8%	31	29	28,8	30	28,9	27,8
16%	31	28,8	29,8	30,1	28,9	27,7
24%	29,8	-	-	29,8	28,8	29
32%	31,1	-	-	30	29	28,9
40%	29,7	-	-	29,9	29,2	27,9

Tabel III-6 Rata-rata pH pada *range finding test 2*

Air Limbah Pelorodan						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%						
4%	7,71	-	-	7,72	7,87	8,02
8%	7,87	-	-	7,62	7,8	8,03
12%	8,04	-	-	7,8	7,76	7,98
16%	8,32	-	-	7,67	7,78	7,86
20%	8,31	-	-	7,58	7,79	8,02
Air Limbah Pencelupan Warna						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%						
8%	8,05	8,13	8,47	8,13	8,03	8,22
16%	8,29	8,38	8,54	8,87	8,24	8,14
24%	8,2	-	-	9,42	8,59	8,44
32%	8,38	-	-	9,52	8,74	8,53
40%	8,24	-	-	9,54	8,75	8,54

Tabel III-7 Akumulasi Kematian Biota Uji pada tahap *range finding test 2*

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan						
Kosentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Kematian Biota Uji Hari Ke-					Σ kematian
	0	1	2	3	4	
Ikan Nila						
0%	0	0	0	0	0	0
4%	0	10	-	-	-	10
8%	0	10	-	-	-	10
12%	0	10	-	-	-	10
16%	0	10	-	-	-	10
20%	0	10	-	-	-	10
Tumbuhan Kayu apu						
0%	0	0	0	0	0	0
4%	0	-	-	5	3	8
8%	0	-	2	5	3	10
12%	0	-	3	3	4	10
16%	0	-	3	4	3	10
20%	0	-	3	4	3	10

Lanjutan tabel III-7 Akumulasi kematian biota uji pada *tahap range finding test 2*

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna						
Kosentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Kematian Biota Uji Hari Ke-					Σkematian
	0	1	2	3	4	
Ikan Nila						
0%	0	0	0	0	0	0
8%	0	2	2	3	2	9
16%	0	2	3	3	1	9
24%	0	10	-	-	-	10
32%	0	10	-	-	-	10
40%	0	10	-	-	-	10
Tumbuhan Kayu apu						
0%	0	0	0	0	0	0
8%	0	-	1	3	3	7
16%	0	-	2	3	2	7
24%	0	-	2	4	4	10
32%	0	-	3	4	3	10
40%	0	-	3	4	3	10

4. Tahap *Acute Toxicity Test*

Tabel IV-1 karakteristik limbah yang digunakan untuk *Acute Toxicity Test*

Parameter	Jenis Air Limbah		Satuan
	Pelorodan	Pewarnaan	
Suhu	35	39	°C
TSS	132	352	mg/l
BOD	1987	1534	mg/l
COD	3176	2783	mg/l
Chrom Total	4,886	1,907	mg/l
pH	8,32	9,54	-

tabel IV-2 variasi konsentrasi air limbah pada *acute toxicity test*

Air limbah Pelorodan			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (ml)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0,25%	10	25	9,975
0,5%	10	50	9,950
1,5%	10	150	9,850
2,5%	10	250	9,750
4%	10	400	9,6

Lanjutan tabel IV-3 variasi konsentrasi air limbah pada *acute toxicity test*

Air Limbah Pencelupan Warna			
Variasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (ml)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
0%	10	0	10
0,25%	10	25	9,975
0,5%	10	50	9,950
1,5%	10	150	9,850
2,5%	10	250	9,750
4%	10	400	9,6

Tabel IV-4 Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah pada *acute toxicity test*

Limbah Pelorodan						
Parameter	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		0,25%	0,5%	1,5%	2,5%	4%
BOD	mg/L	4,968	9,935	29,805	49,675	79,480
COD	mg/L	7,940	15,880	47,640	79,400	127,040
TSS	mg/L	0,330	0,660	1,980	3,300	5,280
Chrom Total	mg/L	0,012	0,024	0,073	0,122	0,195
Limbah Pewarnaan						
	Satuan	Kosentrasi Limbah				
		0,25%	0,5%	1,5%	2,5%	4%
BOD	mg/L	3,835	7,670	23,010	38,350	61,360
COD	mg/L	6,958	13,915	41,745	69,575	111,320
TSS	mg/L	0,880	1,760	5,280	8,800	14,080
Chrom Total	mg/L	0,005	0,010	0,029	0,048	0,076

Tabel IV-5 Rata-rata DO pada *acute toxicity test*

Konsentrasi Toksikan	Air limbah Pelorodan		
	Hari ke -		
	0	2	4
0%			
0,25%	8,05	7,49	6,93
0,5%	5,27	5,97	6,66
1,5%	6,12	5,83	5,53
2,5%	5,26	5,81	6,35
4%	7,87	6,58	5,29
Konsentrasi Toksikan	Air Limbah Pencelupan Warna		
	Hari ke -		
	0	2	4
0%	0	2	4
0,25%	7,97	6,42	6,56
0,5%	7,86	6,45	5,79
1,5%	7,75	7,16	6,56
2,5%	8,16	6,90	5,63
4%	6,92	6,01	5,1

Tabel IV-6 Rata-rata suhu pada *acute toxicity test*

Air Limbah Pelorodan						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%	29	29,2	28,8	29,1	28,9	29
0,25%	29,2	28,1	28,9	28,4	28	28,2
0,5%	28,7	27,8	28,7	28,6	27,9	27,9
1,5%	28,6	27,9	28,3	28,4	27,9	27,8
2,5%	28,3	28,0	-	28,3	27,8	28
4%%	28,2	-	-	28,4	28	28,5
Air Limbah Pencelupan Warna						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%	29	29,2	28,8	29,1	28,9	29
0,25%	28,6	28,7	29	29	28,1	28,8
0,5%	29	28	29	29,1	28	29,2
1,5%	29	28	28,6	29,2	27,8	28,6
2,5%	29,1	27,8	29,1	29,2	27,8	28
4%%	29,1	28	28,8	29,2	28	29

Tabel IV-7 Rata-rata pH pada *acute toxicity test*

Air Limbah Pelorodan						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%						
0,25%	7,24	7,41	7,65	6,55	6,63	6,7
0,5%	7,4	7,56	7,72	6,64	6,72	6,79
1,5%	7,2	7,34	7,44	6,5	6,58	6,65
2,5%	7,27	7,41	-	6,47	6,50	6,53
4%	6,75	-	-	6,48	6,34	6,2
Air Limbah Pencelupan Warna						
Konsentrasi Toksikan	Ikan Nila			Tumbuhan Kayu Apu		
	Hari ke -			Hari ke -		
	0	2	4	0	2	4
0%						
0,25%	7,39	7,45	7,6	6,9	7,15	7,12
0,5%	7,38	7,43	7,37	6,98	7,13	7,11
1,5%	7,43	7,58	7,64	6,83	6,84	6,86
2,5%	7,55	7,73	7,81	6,81	7,86	8,92
4%	6,92	7,27	7,42	6,78	6,88	6,9

Tabel IV-8 Rata-rata kematian biota uji *acute toxicity test*

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan						
Kosentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Kematian Biota Uji Hari Ke-					Σ kematian
	0	1	2	3	4	
Ikan Nilu						
0%		0	0	0	0	0
0.25%	0	1	-	2	1	4
0.5%	0	-	1	2	1	4
1.5%	0	-	1	2	2	5
2.5%	0	4	6	-	-	10
4%	0	10	-	-	-	10
Tumbuhan Kayu apu						
0%	0	0	0	0	0	0
0.25%	0	-	-	4	-	4
0.5%	0	-	2	3	-	5
1.5%	0	-	2	3	-	5
2.5%	0	-	2	3	-	5
4%	0	-	2	4	2	8

Lanjutan Tabel IV-8 Rata-rata kematian biota uji *acute toxicity test*

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan						
Warna						
Kosentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Kematian Biota Uji Hari Ke-					Σkematian
	0	1	2	3	4	
Ikan Nila						
0%	0	0	0	0	0	0
0.25%	0	-	-	-	-	0
0.5%	0	-	1	-	-	1
1.5%	0	-	-	1	-	1
2.5%	0	-	2	-	-	2
4%	0	1	1	1	-	3
Tumbuhan Kayu apu						
0%	0	0	0	0	0	0
0.25%	0	-	-	2	-	2
0.5%	0	-	-	3	-	3
1.5%	0	-	-	4	-	4
2.5%	0	-	1	4	-	5
4%	0	-	2	3	-	5

5. Perhitungan LC₅₀

Tabel V-1 data perhitungan LC₅₀

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan				
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikansi (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas	Proporsi Kematian
Ikan Nila	0	10	0	0
	0.25	10	4	40
	0.5	10	4	40
	1.5	10	5	50
	2.5	10	10	100
	4	10	10	100
Kayu Apu	0	10	0	0
	0.25	10	4	40
	0.5	10	5	50
	1.5	10	5	50
	2.5	10	5	50
	4	10	8	80
Kematian Biota Untuk Air Limbah Pencelupan Warna				
Ikan Nila	0	10	0	0
	0.5	10	1	10
	1.5	10	1	10
	2.5	10	2	20
	4	10	3	30
	8	10	9	90
Kayu Apu	0	10	0	0
	0.25	10	2	20
	0.5	10	3	30
	1.5	10	4	40
	2.5	10	5	50
	4	10	5	50

Tabel V-2 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Ikan Nila	0.25	10	4	40	38	2	0,0014
	0.5	10	4	40	43	3	0,0035
	1.5	10	5	50	61	9	0,33
	2.5	10	10	100	80	20	0,25
	4	10	10	100	108	8	0,001
	∑variasi = 5	∑ = 50					∑ = 0,5859

Lanjutan Tabel V-2 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pelorodan							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Tumbuhan Kayu Apu	0.25	10	4	40	41	1	0,001
	0.5	10	5	50	43	7	0,2
	1.5	10	5	50	52	1	0,001
	2.5	10	5	50	61	9	0,3
	4	10	8	80	74	6	0,018
	Σ variasi = 5	Σ = 50					Σ = 0,52

Lanjutan Tabel V-2 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Ikan Nila	0.5	10	1	10	1	-	
	1.5	10	1	10	12	2	0,0035
	2.5	10	2	20	23	3	0,0045
	4	10	3	30	40	10	0,28
	8	10	9	90	84	6	0,3
	Σ variasi = 5	$\Sigma = 50$					$\Sigma = 0,588$

Lanjutan Tabel V-2 perhitungan proporsi harapan, perbedaan dan Chi²

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah Pencelupan Warna							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Tumbuhan Kayu Apu	0.25	10	2	20	27	7	0,25
	0.5	10	3	30	28	2	0,002
	1.5	10	4	40	36	4	0,006
	2.5	10	5	50	44	6	0,019
	4	10	5	50	55	5	0,01
	Σvariasi = 5	Σ = 50					Σ = 0,287

Tabel V- 3 Nilai Chi² untuk batas kepercayaan 95%

Tingkat Kebebasan (N)	Chi2 (95%)
1	3,84
2	5,99
3	7,82
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

Tabel V-4 kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji

Untuk Air Limbah Pelorodan			
Biota Uji	Konsentrasi Limbah	Chrom di Air Total (mg/l)	Chrom dalam Biota Uji (mg/l)
ikan nila	12%	5.86	0,022
	20%	9.77	0,037
kayu apu	12%	5.86	0,011
	20%	9.77	0,018

Lanjutan Tabel V-4 kandungan Chrom total dalam tubuh biota uji

Untuk Air Limbah Pencelupan Warna			
ikan nila	12%	2.29	0,009
	20%	3.81	0,014
kayu apu	12%	2.29	0,004
	20%	3.81	0,007

LAMPIRAN B

PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

1. Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. Larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,1 N
2. Kristal perak sulfat (Ag_2SO_4) dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4)
3. Kristal merkuri sulfat (Hg_2SO_4)
4. Larutan standart Fero Amonium Sulfat (FAS) 0,05 N
5. Larutan indikator Fenantrolin Fero Sulfat (Feroin)
6. Erlenmeyer 250 mL 2 buah
7. Buret 25 mL atau 50 mL 1 buah
8. Alat refluks dan pemanasnya
9. Pipet 5 mL, 10 mL
10. Pipet tetes 1 buah
11. Beker glass 50 mL, 1 buah
12. Gelas ukur 25 mL, 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Masukkan 0,4 gram kristal Hg_2SO_4 ke dalam masing-masing erlenmeyer.
2. Tuangkan 20 mL air sampel dan 20 mL air akuades (sebagai blangko) ke dalam masing-masing erlenmeyer.
3. Tambahkan 10 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ N.
4. Tambahkan 30 mL larutan campuran Ag_2SO_4 .
5. Alirkan pendingin pada kondesor dan pasang erlenmeyer COD.
6. Nyalakan alat pemanas dan refluks larutan tersebut selama 2 jam.

7. Biarkan erlenmeyer dingin dan tambahkan air akuades melalui kondensor sampai volume 150 mL.
8. Lepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
9. Tambahkan 3-4 tetes indikator Feroin.
10. Titrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standart FAS 0,05 N hingga warna menjadi merah coklat.
11. Hitung COD sampel dengan rumus :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Vol sampel}} \times p$$

Keterangan :

A : mL FAS titrasi blanko

B : mL FAS titrasi sampel

N : normalitas larutan FAS

P : pengenceran

2. Analisa BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. 1 buah labu ukur berukuran 500 mL
2. 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 mL
3. 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL
4. Inkubator suhu 20°C

Prosedur Analisis:

1. Sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran dituangkan ke dalam labu ukur kemudian ditambahkan air pengencer hingga tanda batas.
2. Sampel yang telah diencerkan dituangkan kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati – hati.
3. Air pengencer dituangkan kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati- hati.

4. Larutan dalam botol winkler 300 mL dimasukkan ke dalam inkubator 20 °C selama 5 hari.
5. Perhitungan nilai BOD dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$BOD_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Keterangan :

X_0 : DO sampel pada $t = 0$

X_5 : DO sampel pada $t = 5$

B_0 : DO blanko pada $t = 0$

B_5 : DO blanko pada $t = 5$

P : derajat pengenceran

3. Analisa DO (*Dissolved Oxygen*)

Alat dan Bahan

1. Larutan mangan sulfat ($MnSO_4$)
2. Larutan pereaksi oksigen
3. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat
4. Indikator amilum 0,5 %
5. Larutan standart Natrium tiosulfat 0,0125 N
6. Botol Winkler 150 mL 1 buah
7. Gelas Ukur 100 mL 1 buah
8. Erlenmeyer 250 mL 1 buah
9. Buret 25 mL atau 50 mL 1 buah
10. Beker glass 50 mL 1 buah
11. Pipet 5 mL dan 10 mL

12. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil sampel langsung dengan cara memasukkan botok winkler ke dalam air sampai botol winkler penuh dan tutup.
2. Tambahkan 1 mL larutan mangan sulfat ($MnSO_4$)
3. Tambahkan 1 mL larutan pereaksi oksigen.
4. Botol ditutup dengan hati – hati agar tidak ada gelembung udaranya, kemudian dibolak-balikkan.
5. Gumpalan yang terbentuk dibiarkan mengendap selama 5 – 10 menit.
6. Tambahkan 1 mL larutan H_2SO_4 pekat, tutup dan balik-balikkan botolbeberapa kali sampai endapan hilang
7. Tuang 100 mL air ke dalam erlenmeyer 250 mL dengan menggunakan gelas ukur 100 mL.
8. Tambahkan 3 – 4 tetes indikator Amilum.
9. Titrasi dengan larutan Natrium tiosulfat 0,0125 N hingga warna biru hilang yang pertama kali.
10. Hitung oksigen terlarut dengan menggunakan rumus:

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

Keterangan :

a : volume titran (mL)

N : normalitas larutan Na-tiosulfat (0,0125 N)

100 mL : voume sampel yang digunakan dalam titrasi

4. Analisa Total Suspended Solid (TSS)

Alat dan Bahan

1. Kertas saring
2. Oven dengan suhu $105^\circ C$

3. Desikator
4. Timbangan analitis
5. Petridish
6. Vacuum filter
7. Gelas ukur 25 mL 1 buah

Prosedur analisis :

1. Letakkan kertas saring pada petridish dan masukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam.
2. Setelah 1 jam, keluarkan dan didinginkan di dalam desikator selama 15 menit.
3. Timbang kertas saring dengan timbangan analitis.
4. Letakkan kertas saring yang telah ditimbang pada vacuum filter.
5. Tuangkan 25 mL sampel ke dalam vacuum filter yang telah dipasang kertas saring.
6. Saring sampel sampai kering atau airnya habis.
7. Letakkan kertas saring pada petridish dan masukkan kembali ke dalam oven 105°C selama 1 jam.
8. Setelah 1 jam, keluarkan dan didinginkan di dalam desikator selama 15 menit.
9. Timbang dengan timbangan analitis.

5. Analisis pH

Alat dan Bahan

1. PH meter
2. Air Sampel

Prosedur analisis :

1. pH meter distandarisasi dengan menggunakan larutan buffer pH = 4, 7 dan 10.
2. Sampel diambil dan diletakkan ke dalam beaker glass.
3. Batang silinder pH meter dicelupkan ke dalam sampel.

4. pH meter akan menunjukkan pH larutan secara digital.

6. Analisa Kekeruhan

Alat dan Bahan

1. Air sampel
2. Aquades sebagai blanko
3. Turbidimeter
4. Tabung kaca

Prosedur analisis:

1. Nyalakan power, kemudian masukkan blanko dan set alat tersebut pada set zero (0).
2. Masukkan sampel air ke dalam tabung dan masukkan tabung kaca ke dalam alat turbidimeter.
3. Catat angka yang dihasilkan.

7. Analisa Suhu

Alat dan Bahan

1. Air sampel
2. Termometer

Prosedur analisis:

1. Menyiapkan termometer.
2. Memasukkan termometer ke dalam reaktor.
3. Catat angka yang dihasilkan.
- 4.

8. Perhitungan Berat Kering Tumbuhan

1. Cawan dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam
2. Dinginkan cawan dalam desikator selama 15 menit

3. Timbang cawan dengan neraca analitik

4. Tumbuh yang akan dihitung berat keringnya diletakkan ke dalam cawan yang telah di oven, kemudian ditimbang kembali
5. Cawan yang berisi tumbuhan dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam
6. Dinginkan cawan dalam desikator selama 15 menit
7. Timbang cawan dengan neraca analitik, kemudian hitung berat kering dengan rumus:

$$\text{Berat kering tumbuhan (gram)} = \frac{b-c}{b-a}$$

Keterangan:

a = Berat cawan kosong

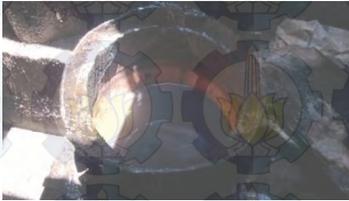
b = Berat cawan + tumbuhan sebelum di oven

c = Berat cawan + tumbuhan setelah di oven

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI KEGIATAN



Gambar VI-1 Proses Pencelupan Warna



Gambar VI-2 Air Limbah Pelorodan



Gambar VI-3 Bak Tempat Pencelupan Batik



Gambar VI-4 Bak Uji Percobaan Air Limbah Pelorodan



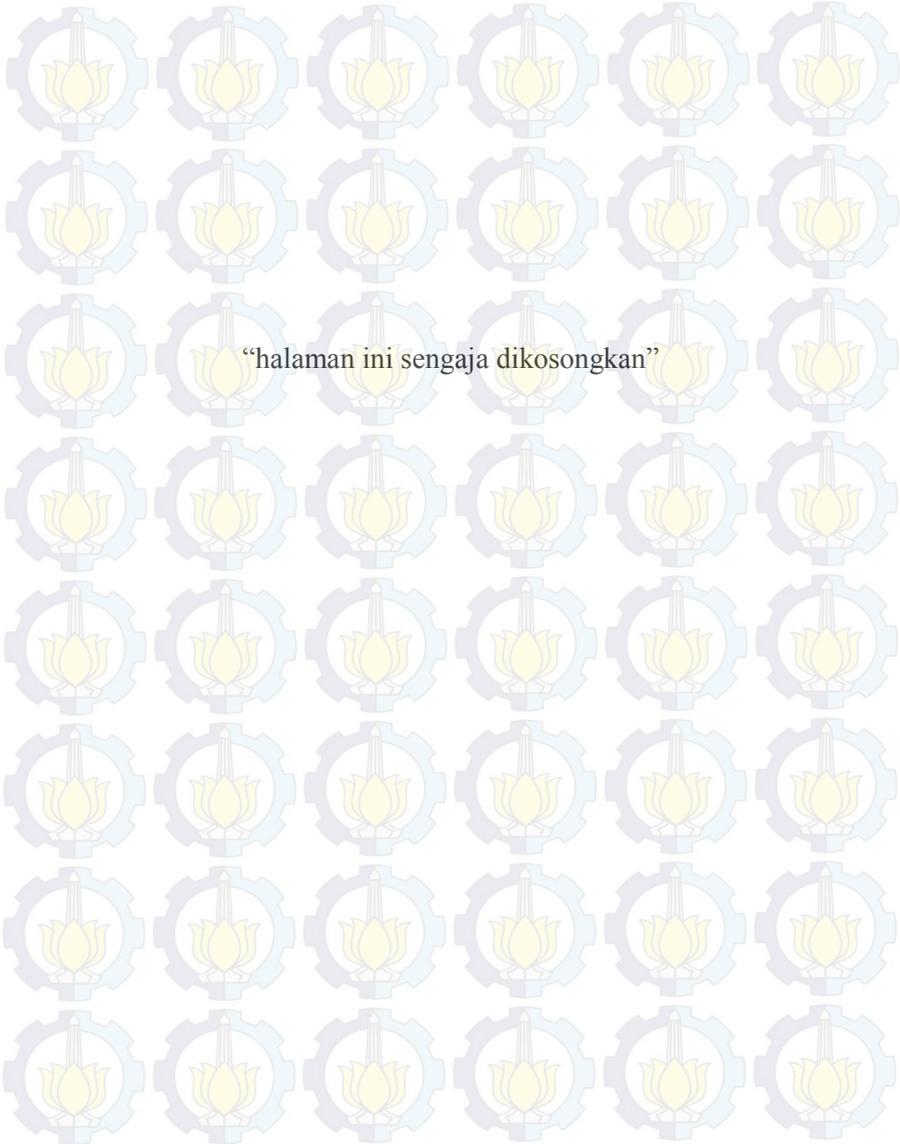
Gambar VI-5 Bak Uji Percobaan Air Limbah Pelorodan



Gambar VI-6 Bak Uji Percobaan Air Limbah Pencelupan
Warna



Gambar VI-7 Bak Uji Percobaan Air Limbah Pencelupan
Warna



“halaman ini sengaja dikosongkan”