



TUGAS AKHIR - RE091324

**UJI TOKSISITAS AKUT LIMBAH CAIR PABRIK
TAHU PADA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)
Dan TUMBUHAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*)**

**INATUL ROHMANI
NRP. 3310 100 067**

**Dosen Pembimbing
Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., 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
TOFU INDUSTRY IN NILE TILAPIA (*Oreocromis
niloticus*) AND SHELLFLOWER (*Pistia
stratiotes*)**

INATUL ROHMANI
NRP. 3310 100 067

Supervisor :
Bieby Voijsant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

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

LEMBAR PENGESAHAN

Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Pabrik Tahu Pada
Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Dan Tumbuhan Kayu
apu (*Pistia stratiotes*)

TUGAS AKHIR

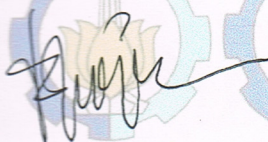
Disajikan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

INATUL ROHMANI

NRP. 3310 100 067

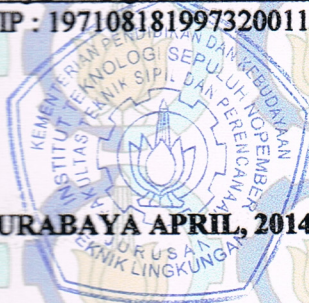
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Biesty Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

NIP : 197108181997320011

SURABAYA APRIL, 2014





TUGAS AKHIR - RE091324

**UJI TOKSISITAS AKUT LIMBAH CAIR PABRIK
TAHU PADA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)
Dan TUMBUHAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*)**

INATUL ROHMANI
NRP. 3310 100 067

Dosen Pembimbing
Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., 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
TOFU INDUSTRY IN NILE TILAPIA (*Oreocromis
niloticus*) AND SHELLFLOWER (*Pistia
stratiotes*)**

INATUL ROHMANI
NRP. 3310 100 067

Supervisor :
Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

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

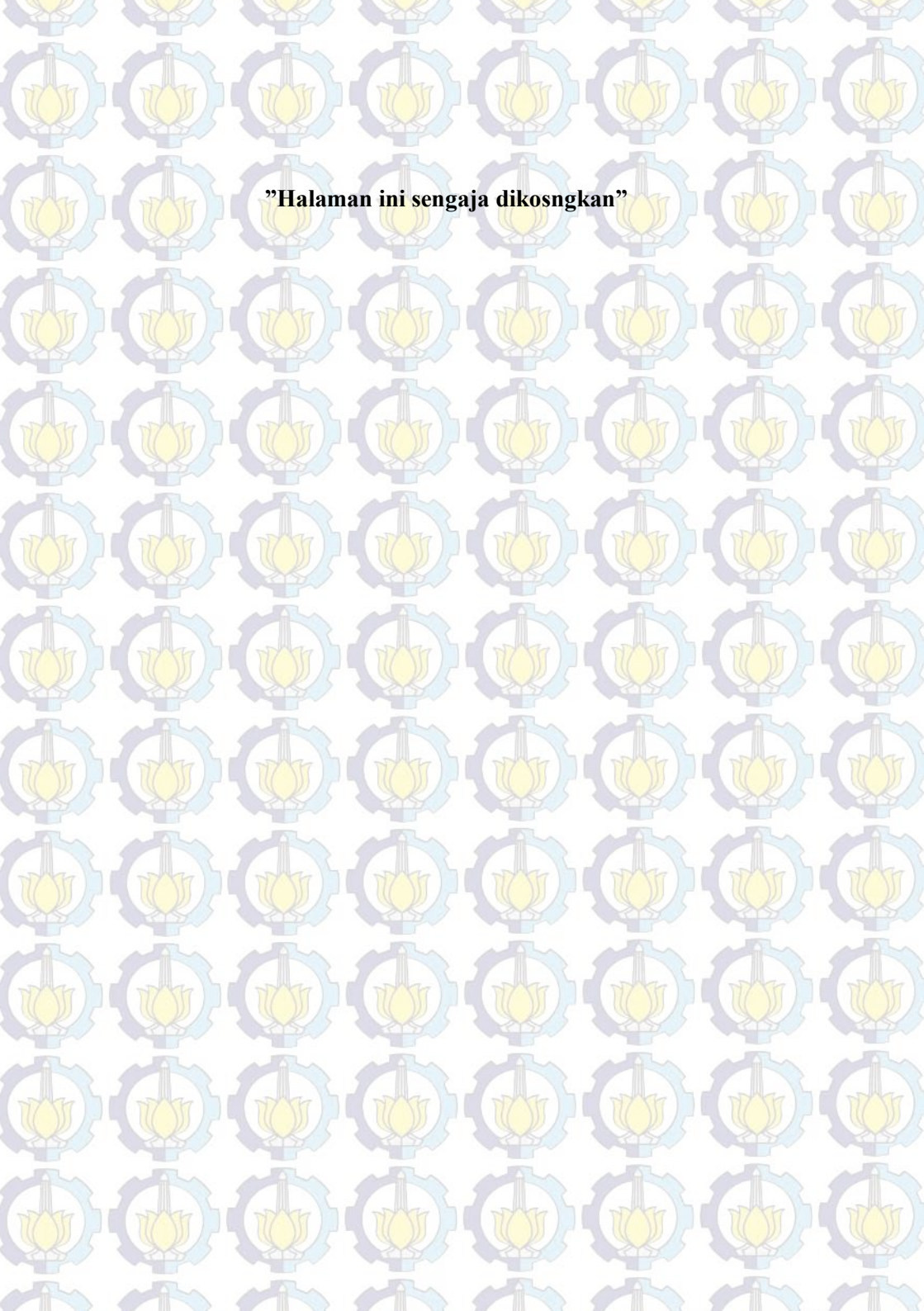
KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat serta hidayahNya sehingga laporan Tugas Akhir dengan Judul “ **Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Pabrik Tahu Pada Ikan Nila (*Oreocromis Niloticus*) Dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)**” ini dapat terselesaikan. Selain itu penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, dan ilmu yang diberikan dalam proses bimbingan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo MSc., Es dan Ibu Alia Damayanti S.T., M.T., Ph.D dan Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D dan Arseto Yekti Bagastyo ST., M.T., Ph.D selaku dosen penguji laporan tugas akhir, terima kasih atas saran dan masukan yang telah diberikan.
3. Orang tua, adikku yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa yang terbaik. Dan kebahagiaan ini untuk kalian semua.
4. Sahabat saya Une, Kasih, Ayuning, Natali, Cico, dan Coco yang telah memberi dukungan, motivasi dan semangat.
5. Teman – teman angkatan 2010, terima kasih atas kebersamaan selama ini.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Maka dari itu, penulis mengharapkan adanya kritik, saran dan masukan yang membangun demi hasil yang lebih baik di masa yang akan datang Terimah kasih.

Penulis



"Halaman ini sengaja dikosngkan"

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembuatan	5
2.2 Karakteristik Limbah Industri Tahu	7
2.3 Gangguan Limbah Cair Industri Tahu Di Perairan	10
2.4 Toksikologi	11
2.5 Toksikan	12
2.6 Pemilihan Biota Uji	13
2.7 Metode Perhitungan LC-50	14
2.8 Perlakuan Biota Uji	14
2.9 Klasifikasi dan Ciri-ciri Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	15
2.9.1 Siklus Hidup Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	16
2.10 Klasifikasi dan Ciri-ciri Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i>)	16
2.10.1 Siklus Hidup Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i>)	17
2.11 Zat Pencemar Dalam Biota Uji	18

BAB 3 METODA PENELITIAN

3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian	19
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	19
3.2.1 Ide Penelitian	20
3.2.2 Studi Literatur	21

3.2.3	Persiapan Tempat, Alat dan Bahan	22
3.2.4	Penelitian Pendahuluan	22
3.2.5	Pelaksanaan Penelitian	23
3.2.6	Aklimatisasi	23
3.2.7	Range Finding Test	24
3.2.8	Acute Toxicity	26
3.2.9	Uji Kematian Biota	29
3.2.10	Analisa Parameter Pencemar Limbah Dalam Tubuh Ikan Nila dan Kayu Apu	29
3.2.11	Perhitungan LC-50 Uji Toksisitas	29
3.2.12	Analisa Data dan Pembahasan	30
3.2.13	Kesimpulan dan Saran	30

BAB 4 Penelitian Pendahuluan

4.1	Penelitian Pendahuluan	31
4.1.1	Uji Karakteristik Air Pengencer	31
4.1.2	Uji Karakteristik Limbah Cair Tahu	31
4.2	Aklimatisasi	32
4.3	Range Finding Test	37
4.3.1	Karakteristik Limbah	37
4.3.2	Hasil Penelitian dan Pembahasan	40
4.4	Acute Toxicity Test	53
4.4.1	Karakteristik Limbah	53
4.4.2	Hasil Penelitian dan Pembahasan	56
4.5	Perhitungan LC-50, 96 jam	75
4.5.1	Perhitungan LC-50, pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 ...	75
4.6	Zat Pencemar Dalam Tubuh Biota Uji	80
4.6.1	Penyerap NH_3 Dalam Tubuh Biota Uji	80

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN..... 83

DAFTAR PUSTAKA 85

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

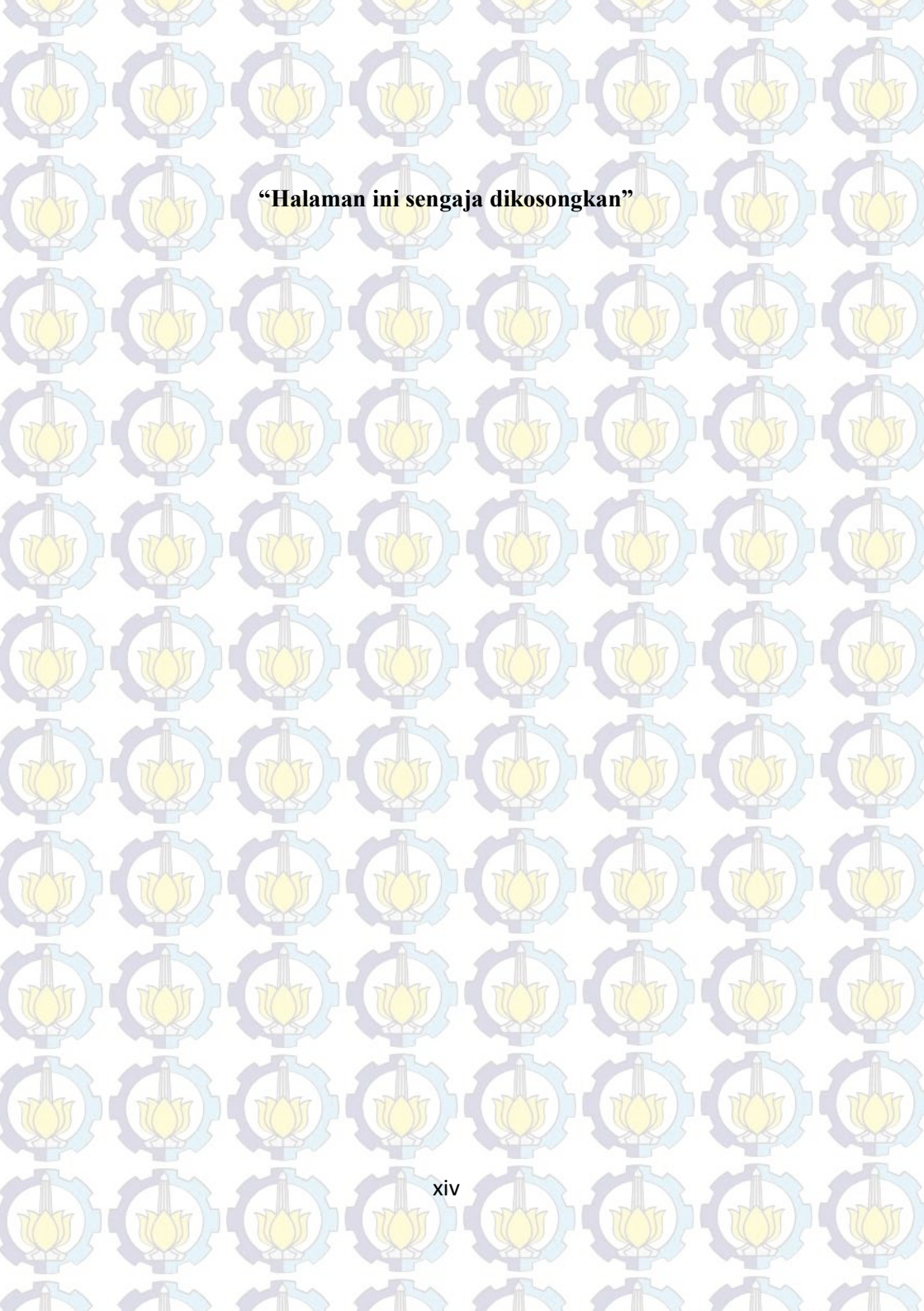
LAMPIRAN C

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Proses Pembuatan Tahu	7
Gambar 2.2	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	15
Gambar 2.3	Tumbuhan kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	16
Gambar 3.1	Kerangka Pelaksanaan Penelitian	21
Gambar 3.2	Sketsa wadah pemaparan pada aklimatisasi	25
Gambar 3.4	Skema Peralatan Uji Range Finding Test	27
Gambar 3.5	Skema Peralatan Uji Acute Toxicity	28
Gambar 4.1	Rata-rata DO Air Tahap Aklimatisasi 1 hingga aklimatisasi 3.....	34
Gambar 4.2	Rata-rata pH Air Ikan Nila Dan Kayu Apu Tahap Aklimatisasi Pertama Pada Biota Uji	34
Gambar 4.3	Rata-rata Suhu Ikan Nila Dan Kayu Apu Tahap Aklimatisasi Pertama Pada Biota Uji	35
Gambar 4.4	Kumulatif Kematian Biota Uji Tahap Aklimatisasi Pertama	35
Gambar 4.5	Rata-rata Kematian Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Dan Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	41
Gambar 4.6	Rata-rata Kematian Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Dan Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	41
Gambar 4.7	Rata-rata pH Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	43
Gambar 4.8	Rata-rata pH Range Finding Test Pada Biota Kayu apu Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	43
Gambar 4.9	Rata-rata pH Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	45
Gambar 4.10	Rata-rata pH Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	45

Gambar 4.11	Rata-rata Suhu Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH ₃	47
Gambar 4.12	Rata-rata Suhu Range Finding Test Pada Biota Uji Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH ₃	48
Gambar 4.13	Rata-rata Suhu Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH ₃	49
Gambar 4.14	Rata-rata Suhu Range Finding Test Pada Biota Uji Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH ₃	49
Gambar 4.15	Rata-rata DO Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH ₃	51
Gambar 4.16	Rata-rata DO Range Finding Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH ₃	51
Gambar 4.17	Rata-rata Kematian Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila dan Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH ₃	57
Gambar 4.18	Rata-rata Kematian Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila dan Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH ₃	57
Gambar 4.19	Kondisi Fisik Ikan Nila Tidak Terpapar Limbah dan Sesudah Terpapar Limbah	59
Gambar 4.20	Kondisi Fisik Kayu Apu Tidak Terpapar Limbah dan Sesudah Terpapar Limbah	60
Gambar 4.21	Rata-rata pH Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH ₃	61
Gambar 4.22	Rata-rata pH Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH ₃	61

Gambar 4.23 Rata-rata pH Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	63
Gambar 4.24 Rata-rata pH Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	63
Gambar 4.25 Rata-rata Suhu Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	67
Gambar 4.26 Rata-rata Suhu Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	67
Gambar 4.27 Rata-rata Suhu Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	69
Gambar 4.28 Rata-rata Suhu Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Kayu Apu Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	69
Gambar 4.29 Rata-rata DO Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≤ 70 mg/L NH_3	71
Gambar 4.30 Rata-rata DO Pada Acute Toxicity Test Pada Biota Uji Ikan Nila Limbah Cair Industri Tahu ≥ 70 mg/L NH_3	71
Gambar 4.31 Grafik Log-log Kosentrasi Proporsi Harapan Pada Biota Uji Limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3	77



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah Cair Tahu	10
Tabel 3.1	Variabel Penelitian	24
Tabel 4.1	Hasil Analisa air PDAM.....	31
Tabel 4.2	Hasil Uji dengan SK Gubernur Jatim 45/2002	32
Tabel 4.3	Karakteristik Limbah Yang Di Gunakan Pada Range Finding test	38
Tabel 4.4	Variasi Kosentrasi Limbah Cair Tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 Pada Range Finding Test.....	39
Tabel 4.5	Karakteristik Limbah Yang Digunakan Pada Acute Toxicity Test	54
Tabel 4.6	Variasi Kosentrasi Limbah Cair Tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 Pada Acute Toxicity Test	55
Tabel 4.7	Nilai Chi^2 untuk batas kepercayaan 95 %	78

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri tahu saat ini sangat berkembang pesat dan menjadi salah satu industri rumah tangga yang tersebar luas baik di kota-kota besar maupun kecil. Limbah cair pabrik tahu mempunyai kadar pencemaran yang sangat tinggi, serta bau yang masih ditimbulkan sehingga menyebabkan masalah tersendiri. Sebagian besar industri pabrik tahu membuang limbahnya ke badan air penerima tanpa pengolahan merupakan salah satu sumber pencemar terhadap perairan yang menyebabkan kematian biota akuatik sehingga perlu dilakukan penelitian uji toksisitas. Beberapa hasil penelitian, COD (*Chemical Oxygen Demand*) di dalam air limbah industri tahu cukup tinggi yakni berkisar antara 7.000 - 10.000 mg/L, serta mempunyai keasaman yang rendah yakni pH 4-6. Jika ditinjau dari Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang baku mutu limbah cair, maka industri pabrik tahu memerlukan pengolahan limbah.

Menurut Ireland *et al.*, (2004) Pengujian toksisitas suatu air limbah tahu zat polutan dapat dilakukan dengan hewan air tawar ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan tumbuhan air tawar kayu apu (*Pistia stratiotes*) karena sangat peka terhadap perubahan lingkungan. Pengujian toksisitas LC-50 adalah pengujian terhadap suatu hewan uji yang dapat menimbulkan kematian 50 % hewan percobaan (Smith *et al*, 2001).

Biota uji yang digunakan adalah hewan air dan tumbuhan air karena dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air maupun terhadap senyawa pencemar terlarut dalam batas konsentrasi tertentu. Menurut Rossiana (2006) Kematian ikan yang terjadi dapat dikarenakan kerusakan struktur tubuh ikan, Kematian tumbuhan dikarenakan kerusakan sel struktur tubuh tanaman air tersebut. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya partikel tersuspensi dalam limbah cair tahu. Kerusakan ini

terjadi karena adanya organ yang sensitif bila terjadi tekanan pada lingkungan seperti adanya pencemaran.

1.2. Rumusan Masalah

Limbah cair tahu memiliki kandungan organik yang cukup tinggi terutama NH_3 dan berpotensi membahayakan bagi kehidupan biota akuatik.

Uji toksisitas limbah cair tahu menggunakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) metode yang efektif untuk mengetahui kematian biota uji di perairan akuatik.

Rumusan masalah yang diperoleh yakni bagaimanakah pengaruh konsentrasi zat toksik NH_3 yang terkandung di dalam air limbah cair tahu terhadap nilai LC-50.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan kriteria air limbah cair tahu dengan nilai LC-50, 96 jam terhadap ikan nila dan kayu apu.
2. Menganalisa pengaruh konsentrasi NH_3 dalam air limbah cair tahu terhadap hewan uji ikan nila dan kayu apu.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini terbatas pada suatu ruang lingkup yang terdiri dari :

1. Air sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah air yang berasal dari buangan limbah industri tahu yang terletak di jalan pacar keling dan di jalan kenjeran surabaya.
2. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium pada ruangan workshop Teknik Lingkungan ITS .
3. Metode penelitian yang digunakan prinsip LC- 50 %, 50% mengakibatkan kematian biota uji yang terpapar dengan toksikan selama 96 jam.
4. Biota Uji

Biota uji yang digunakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk uji toksisitas.

5. Parameter Uji

Parameter Uji meliputi :

- a. TSS
- b. Kesadahan
- c. COD
- d. BOD
- e. DO
- f. pH
- g. Suhu
- h. Berat Kering dan Berat Basah
- i. Analisa NH_3

6. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium persegi panjang dengan ukuran 30 cm x 25 cm x 30 cm sebanyak 20 reaktor penelitian, 4 reaktor kontrol.

7. Variabel Uji

Variabel uji yang digunakan meliputi

- a. Variabel jenis ikan meliputi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).
- b. Variabel tempat industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 yang ada di surabaya. Dengan variasi variabel konsentrasi limbah cair tahu yang diberikan 0 % (Control), 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % toksisitas terhadap volume total.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi dan masukan mengenai bagi industri tahu harus adanya pengolahan lebih lanjut sebelum air limbah dibuang ke badan perairan. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi informasi untuk memanfaatkan pengembangan perikanan di sekitar limbah cair pabrik tahu yang bersifat ramah lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Pembuatan

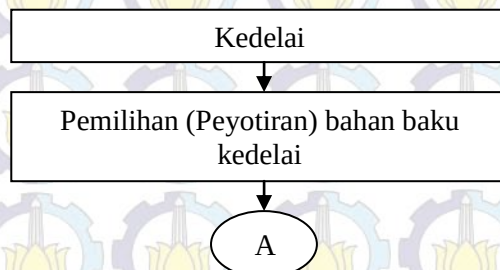
Industri tahu saat ini telah berkembang pesat dan menjadi salah satu industri rumah tangga yang tersebar luas baik di kota-kota besar maupun kecil. Proses produksinya menghasilkan limbah cair dan padat. Limbah padat tahu berupa ampas tahu. Limbah cair tahu dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu sehingga kuantitas limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Limbah cair tahu mengandung polutan organik yang cukup tinggi serta padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan fisik, kimia. Bahan baku utama yang digunakan adalah kedelai. Urutan proses pembuatan tahu secara umum sebagai berikut (Kaswinarni, 2007):

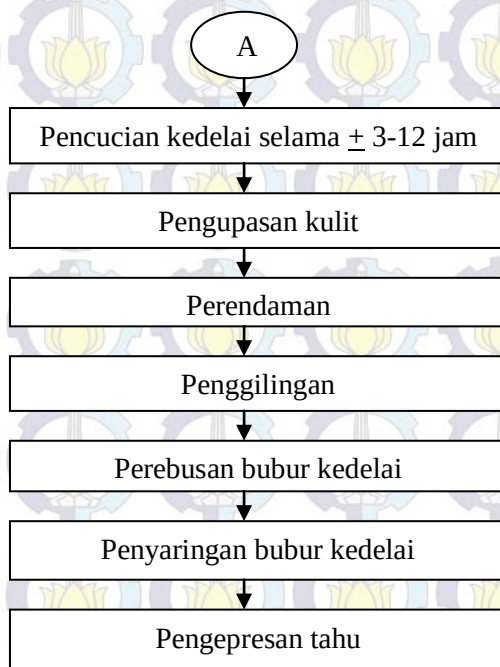
1. Pemilihan (penyortiran) bahan baku kedelai merupakan pekerjaan paling awal dalam pembuatan tahu. Tujuan dari penyortiran ini adalah agar kualitas tahu tetap terjaga dengan baik.
2. Perendaman kedelai dilakukan di dalam bak atau ember yang berisi air selama $\pm$ 3-12 jam. Setelah direndam, kemudian dilakukan pengupasan kulit kedelai dengan cara meremas-remas kedelai di dalam air.
3. Setelah direndam dan dikuliti kemudian dicuci. Pencucian ini dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang melekat maupun tercampur dalam kedelai.
4. Setelah kedelai direndam dan dicuci bersih, selanjutnya dilakukan penggilingan. Pada saat penggilingan diberi air mengalir agar bubur kedelai terdorong keluar kemudian ditampung dalam ember.
5. Proses selanjutnya adalah perebusan bubur kedelai dengan tujuan untuk menginaktifkan zat antinutrisi kedelai yaitu tripsin inhibitor dan sekaligus meningkatkan nilai cerna, mempermudah ekstraksi atau penggilingan dan penggumpalan

protein serta menambah keawetan produk. Bubur kedelai yang telah terbentuk kemudian diberi air, selanjutnya dididihkan dalam tungku pemasakan. Setelah mendidih sampai ± 10 (lima) menit kemudian dilakukan penyaringan.

6. Cairan bahan baku tahu atau bubur kedelai yang sudah direbus (pada keadaan panas) kemudian disaring dengan kain blaco atau kain mori kasar sambil dibilas dengan air hangat, sehingga susu kedelai dapat terekstrak keluar semua. Proses ini menghasilkan limbah padat yang disebut dengan ampas tahu. Filtrat yang masih dalam keadaan hangat secara pelan-pelan diaduk sambil diberi asam (catu). Pemberian asam ini dihentikan apabila sudah terlihat penggumpalan.
7. Gumpalan tahu diambil dan dituangkan ke dalam cetakan yang sudah tersedia dan dialasi dengan kain kemudian diisi sampai penuh. Selanjutnya kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu dan dipres. Alat pemberat atau pres biasanya mempunyai berat $\pm 3,5$ kg dan lama pengepresan biasanya ± 1 menit, sampai airnya keluar. Setelah dirasa cukup dingin, kemudian tahu dipotong potong sesuai dengan keinginan konsumen dipasar.

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu sebagian besar adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (whey). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Berikut skema proses pembuatan tahu dan bagian pembuatan tahu yang banyak mengandung toksik pada Gambar 2.1 sebagai berikut.





Gambar 2.1 Skema Proses Pembuatan Tahu

2.2. Karakteristik Limbah Industri tahu

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Karakteristik air buangan yang dihasilkan yaitu suhu air limbah tahu berkisar 37 - 45°C ; amonia 23,3 - 23,5 mg/L ; BOD₅ 6.000 - 8.000 mg/L dan COD 7.500 - 14.000 mg/L (Kaswinarni, 2007). Karakteristik buangan industri tahu meliputi tiga hal yaitu karakteristik fisik dan karakteristik kimia dan Biologi (Metcalf dan Eddy, 2003).

A. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik meliputi padatan tersuspensi, pH, suhu dan bau.

a. Temperatur

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu yang meningkat dilingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas yang ada di dalam air. Temperatur air mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Semakin tinggi temperatur air kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

b. pH

Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1 - 14; kisaran nilai pH 1 - 7 termasuk kondisi asam, pH 7 - 14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral.

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan-padatan tersuspensi/TSS (*Total Suspended Solid*) digunakan untuk menentukan kepekatan air limbah, efisiensi proses dan beban unit proses. Pengukuran yang bervariasi terhadap konsentrasi residu diperlukan untuk menjamin kemantapan proses kontrol.

e. Bau

Karakteristik ini bersumber dari gas-gas yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik dari air limbah atau karena penambahan suatu substrat ke air limbah.

B. Karakteristik Kimia

Kandungan bahan kimia yang ada dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghasilkan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan bau tidak sedap. Adapun bahan kimia yang ada dalam air limbah yang terukur sebagai parameter kimia adalah sebagai berikut:

a. BOD dan COD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan ukuran dari banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan

bahan-bahan yang dibuang dari industri yang masuk ke badan air. Semakin tinggi nilai BOD suatu badan air, semakin besar pengaruh badan air tersebut terhadap pemakaian oksigen yang ada di dalam air. COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimia (Metcalf and Eddy, 2003).

b. DO

Adanya oksigen terlarut dalam air adalah sangat penting untuk menunjang kehidupan ikan dan tumbuhan air. Kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah banyak tergantung pada cukup tidaknya kadar oksigen yang terlarut.

c. Amonia (NH_3)

Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 - 434,78 mg/L, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut.

Amonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH^+ pada pH rendah dan disebut amonium. Amonia berasal dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis, yang berasal dari air limbah. Kadar amonia yang tinggi menunjukkan adanya pencemaran.

Amonia yang berlebihan pada ikan akan merusak kerusakan insang melalui saluran pernafasan dan saluran makanan. Dan amonia yang berelebihan pada tumbuhan akan mengakibatkan perubahan warna daun dan perlambatan pertumbuhan seperti halnya pertumbuhan panjang akar yang lambat.

c. **Karakteristik Biologi**

Efek biologis dari pencemaran industri limbah cair tahu dengan menggunakan biota uji untuk mengevaluasi perubahan lingkungan atau kualitas air. Hal ini merupakan respon biota uji yang dapat dianggap karekteristik biologi dan efek biokimia

setelah pemaparan racun tertentu (Van der *et al.*, 2003) dalam uji toksisikan berguna untuk menilai dampak lingkungan yang ada.

Menurut Wepener *et al.*, (2005). Keuntungan menggunakan biota uji adalah untuk menilai kondisi spesies dan kualitas lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir penelitian telah menyoroti pentingnya biota uji untuk menilai kualitas lingkungan dan efek racun pada biota uji (Broeg *et al.*, 2005).

Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Untuk pengendalian pencemaran Pemerintah Provinsi Jawa Tengah Mengeluarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah, untuk air limbah tahu tertera pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Tahu

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1	Temperatur	40 °C
2	BOD	150
3	COD	300
4	TSS	100
5	NH ₃	5
6	pH	6,0 - 9,0

(Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur No.72, Tahun 2013)

2.3. Gangguan Limbah Industri tahu Terhadap Ekosistem di Perairan

Dampak limbah industri cair tahu sering dibuang langsung ke badan air tanpa proses pengolahan lebih lanjut. Hal ini dapat menimbulkan pencemaran bahan organik dan menghambat aktivitas biologi kehidupan biotik yang disebabkan oleh meningkatnya kandungan bahan organik terlalu tinggi, maka akan

tercipta kondisi anaerobik dibiarkan maka air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk.

Limbah cair industri tahu dialirkan akan mencemari sungai dan menimbulkan gangguan kesehatan berupa gatal, diare, radang yang berkaitan dengan air dan sanitasi lingkungan yang tidak baik (Ren, 2004).

2.4. Toksikologi

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari efek merugikan dari zat-zat kimia terhadap organisme hidup. Selain itu toksikologi juga mempelajari kemampuan racun pada biota uji untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi paparan, sifat lingkungan, dan spesies biota penerima (USEPA, 2002).

Yang dimaksud dengan LC-50 (*Median Lethal Concentration*) yaitu konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50 % dari organisme uji untuk interval waktu yang ditentukan, pada suatu waktu pengamatan tertentu, misalnya LC – 50, 48 jam, LC-50, 96 jam sampai waktu hidup hewan uji. Serta mempelajari secara kuantitatif dan kualitatif pengaruh negatif dari zat kimiawi, fisis, dan biologis terhadap sistem biologis (Cetis, 2009).

Toksikan dapat mempengaruhi organisme hidup melalui dua cara, yaitu:

1. Secara langsung

Toksikan langsung masuk ke dalam tubuh organisme melalui saluran dalam tubuh, sehingga akan menimbulkan gangguan pada proses biokimia.

2. Secara tidak langsung

Toksikan secara tidak langsung menimbulkan gangguan terhadap organisme dengan jalan mengubah kondisi kimia dan fisik lingkungan yang mengakibatkan terancamnya kehidupan organisme.

2.5 Toksikan

Toksikan merupakan zat (berdiri sendiri atau dalam campuran zat, limbah, dan sebagainya) yang dapat menghasilkan efek negatif bagi semua atau sebagian dari tingkat organisasi biologis (populasi, individu, organ, jaringan, sel, biomolekul) dalam bentuk merusak struktur maupun fungsi biologis.

Toksikan dapat menimbulkan efek negatif bagi biota dalam bentuk perubahan struktur maupun fungsional, baik secara akut maupun kronis/ sub kronis.

A. Toksisitas Akut

Uji toksisitas akut dengan menggunakan hewan uji merupakan salah satu bentuk penelitian toksikologi perairan yang berfungsi untuk mengetahui apakah *effluent* atau badan perairan penerima mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi yang menyebabkan toksisitas akut. Parameter yang diukur biasanya berupa kematian biota uji, yang hasilnya dinyatakan sebagai konsentrasi yang menyebabkan 50 % kematian hewan uji (LC-50) dalam waktu yang relatif pendek sampai empat hari, toksisitas diartikan sebagai kemampuan limbah yang beracun untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh (USEPA, 2002). Toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi pemaparan, sifat lingkungan, dan spesies biota penerima.

Toksisitas akut suatu effluent umumnya ditentukan dengan menggunakan multikonsentrasi yang terdiri dari kontrol serta minimal digunakan lima jenis konsentrasi effluent. Uji toksisitas akut menggunakan biota uji dan pengenceran media, kematian biota uji yang terjadi selama rentang waktu LC-50, 96 jam. Hasil analisis ini dapat dilihat perbandingan persen kematian biota uji sesuai konsentrasi limbah yang digunakan yang di mana dapat dilihat kematian biota uji yang terkena efek negatif dan yang tidak terkena dampak efek negatif.

B. Toksisitas Kronis

Uji toksisitas kronis merupakan uji toksisitas dalam jangka waktu panjang, untuk melihat apakah suatu effluent atau badan air penerima mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi yang menyebabkan toksisitas kronis, metode penelitian ini merupakan metode yang serupa yang dikembangkan untuk organisme pesisir pantai dan laut (USEPA, 2002).

Tujuan dari uji toksisitas perairan terhadap effluent atau senyawa murni adalah untuk memperkirakan konsentrasi aman atau tanpa efek dari senyawa yang diuji, yaitu konsentrasi yang masih memberikan pertumbuhan normal kehidupan akuatik di dalam badan air penerima.

Perbandingan Toksisitas Akut dan Toksisitas Kronis berbeda dalam jumlah waktu dan biaya yang diperlukan dalam waktu penelitian.

- a) Karena uji kronis membutuhkan uji waktu yang panjang untuk mengetahui siklus atau fase perkembangan yang kritis, umumnya membutuhkan lebih banyak waktu untuk melakukan tes daripada akut dengan jenis yang sama organisme uji.
- b) Membutuhkan waktu yang banyak untuk menyelesaikan penelitian daripada toksisitas akut. Toksisitas kronis dapat membutuhkan banyak biaya. Toksisitas kronis memerlukan lebih banyak sumber daya dan peningkatan jumlah analisa laboratorium dan lebih meningkatkan biaya pengujian.
- c) Toksisitas kronis memiliki revolusi waktu lebih besar daripada toksisitas akut. Dalam kondisi perairan yang beracun tinggi, organisme akan mati. Dalam kondisi perairan yang beracun menengah, biota uji akan dapat bertahan hidup, namun reproduksi biota uji akan terganggu di perairan dibandingkan dengan dipelihara.

2.6. Pemilihan Biota Uji

Menurut APHA (2005) Uji toksisitas suatu bahan pencemar dapat dilakukan melalui pengujian terhadap ikan dan tumbuhan. Biota yang digunakan harus memenuhi kriteria tertentu yaitu:

- a) Organisme harus sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan.
- b) Tersedia dalam jumlah yang banyak dengan berbagai ukuran di sepanjang tahun.
- c) Dapat dipelihara di laboratorium.
- d) Merupakan sumber daya yang bernilai ekonomis.
- e) Sesuai untuk kepentingan uji hayati. Salah satu jenis ikan tawar yang memenuhi kriteria tersebut adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

2.7. Metode Perhitungan LC-50

Menurut (Mangkoediharjo, 2009) metode yang dapat digunakan untuk menghitung LC-50 adalah :

1. *Straight-line graphical interpolation* (Metode kalkulus Grafis).
 - a) Gambaran cepat distribusi data dilihat adanya kolerasi positif konsentrasi-efek akut.
 - b) Tidak memperhitungkan batas-batas kepercayaan LC-50.
2. *Moving average interpolation* (Metode Rata-rata sudut bergerak). Metode ini dipakai apabila:
 - a) Tidak ada efek akut parsial dalam pengujian.
 - b) Sedikitnya terdapat dua data konsentrasi toksikan yang lebih besar dari LC-50.
 - c) Memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC-50.
3. *Lithfield-Wilcoxon Abbreviated Method*
 - a) Harus ada efek akut parsial dalam pengujian.
 - b) Memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC-50.

2.8. Perlakuan Biota Uji

Biota uji di aklimatisasi terlebih dahulu selama 7 hari atau 14 hari. aklimatisasi ini bertujuan untuk menghilangkan stress dan mengkondisikan hewan dan tumbuhan dengan suasana lab. Ikan menjadi stress karena ada faktor serangan penyakit, khususnya

penyakit infeksi seperti disebabkan oleh bakteri maupun virus (Afrianto dan Liviawaty, 2006). Tumbuhan menjadi stress akan memperlambat pertumbuhan tanaman (Perfus dan Barboech *et al.*, 2002).

Waktu aklimatisasi parameter yang diamati meliputi Kesadahan diamati di awal penelitian, Suhu, pH dan DO diamati tiap 2 hari sekali. Temperatur yang cocok untuk aklimatisasi biota uji antara 20°C - 30°C (suhu ruangan). Waktu aklimatisasi perlakuan pada hewan uji di beri makanan tiap harinya sebelum melakukan penelitian.

2.9. Klasifikasi dan Ciri-Ciri Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Dalam ilmu taksonomi hewan, klasifikasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai berikut:

Filum : Osteichthyes

Kelas : Acanthoptherigii

Ordo : Percomorphi

Famili : Cichlidae

Genus : *Oreochromis*

Species: *Oreochromis niloticus*



Gambar 2.1 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Nila merupakan ikan sungai atau danau yang cocok dipelihara di perairan tawar yang tenang apabila ikan nila di pelihara di air payau maka akan mengurangi spesies ikan nila (Kamal dan Mair , 2005). Ciri-ciri fisiologi Ikan Nila sebagai berikut:

- a) Bentuk badan pipih kesamping memanjang.
- b) Garis-garis pada sirip punggung terdapat garis-garis miring.
- c) Mata tampak menonjol dan besar, tepi mata berwarna putih

2.9.1. Siklus Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menyukai tempat hidup (habitat) di perairan tawar yang airnya dangkal dan alirannya tidak terlalu deras, seperti di pinggiran sungai atau danau. Kisaran pH yang cocok untuk kehidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah berkisar antara pH 5 – 9 sedangkan kelangsungan hidup ikan pH 6,5 – 8,5 (Arafad, 2000).

Penambahan asam cuka pada proses pembuatan tahu akan membuat limbah cair tahu bersifat asam (pH 4,0 - 6,0).

2.10. Klasifikasi dan Ciri-Ciri Tumbuhan Kayu apu

Dalam ilmu taksonomi hewan, klasifikasi Tumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai berikut:

- Sub Kingdom : Tracheobionta (berpembuluh)
- Super Divisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)
- Divisi : Magnoliophyta (berbunga)
- Class : Liliopsida (berkeping satu /monokotil)
- Subkelas : Arecidae
- Ordo : Arales
- Family : Araceae (suku talas-talasan)
- Genus : Pistia
- Spesie : Pistia stratiotes L.



Gambar 2.2 Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai tumbuhan air memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah, yang memiliki kadar organik tinggi. Kayu apu termasuk jenis *floating aquatic plant*, tumbuhan air yang tumbuh pada permukaan perairan. Ciri-ciri fisiologi Kayu apu sebagai berikut:

- a) Tanaman tidak berbatang.
- b) Daun tunggal membentuk roset akar yang memiliki lebar 2 - 6 cm dengan pertulangan sejajar dan berwarna hijau.
- c) Memiliki akar serabut berwarna putih dan panjangnya mencapai 90 mm.
- d) Mempunyai tinggi 5 – 10 cm.
- e) Helaian daun berongga seperti spon dengan ujung membulat dan berlekuk, pertulangan sejajar, kedua permukaan berambut, berwarna hijau cerah, anjang 1,3 – 10 cm dan lebar 1,5 – 6 cm.
- f) Tumbuhan ini mempunyai bentuk yang rata dan umumnya oval, lebar daun sekitar 5 mm berwarna hijau dan hijau pucat.
- g) Daun mengapung membentuk kelompok 4 - 8 buah dan mempunyai kemampuan tumbuh yang sangat cepat (Radic *et al.*, 2011).

2.10.1. Siklus Hidup Tumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Menurut ISO/DIS (2004) Kayu apu penting untuk diteliti karena kayu apu merupakan tanaman yang dominan di setiap wilayah, menutupi 40 - 100 % permukaan air sepanjang tahun. Akar tanaman berupa akar serabut, terurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut (Yusuf, 2001). Kayu apu dapat tumbuh dengan baik pada temperatur 6 °C – 33 °C dengan pH 6 - 7. Kinerja pertumbuhan tanaman air dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, pH dan kandungan nutrisi (Karbon, nitrogen dan fosfor) (Matsyik *et al.*, 2002).

Pertumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dipengaruhi oleh temperatur, intensitas penyinaran dan konsentrasi nutrisi

dalam air (Reddy dan Smith *et al.*, 2002). Kriteria air sebagai media Kayu apu adalah sebagai berikut:

- a) Mempunyai suhu yang optimum.
- b) Mengandung unsur hara yang cukup.
- c) Mendapatkan sinar matahari yang cukup (Hillman, 2002).

2.12. Zat Pencemar Dalam Biota Uji

Faktor utama yang berkaitan dengan toksisitas dan situasi paparan adalah cara/jalan masuk ke dalam tubuh suatu bahan polutan yang toksik umumnya melalui saluran pencernaan makanan, saluran pernafasan, kulit dan jalur lainnya. Amonia melalui proses nitrifikasi akan berubah bentuk menjadi nitrit dan nitrat. Amonia dan nitrit bersifat racun dan dapat menghambat pertumbuhan ikan, sedangkan nitrat tidak berbahaya dan dapat dimanfaatkan bagi tumbuhan. Amonia molekul yang sangat beracun bagi ikan akan mempengaruhi insang dan membran jaringan dan menghambat fungsi sistem saraf pusat dan tumbuhan (Randall dan Tsui, 2002).

Menurut (Floyd *et al.*, 2009) Jenis ikan air tawar biasanya mengeluarkan total amonia nitrogen (TAN) kadar NH_3 0,2-2,0 mg/l dalam waktu singkat bersifat racun bagi ikan dan NH_3 sudah berbahaya pada konsentrasi 0,04 mg/l, selain itu kadar amonia yang tinggi dapat dijadikan sebagai indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik.

Menurut (King dan Coley, 2000) Kayu apu merupakan gulma air yang mengapung bebas mempunyai kemampuan tinggi untuk menyerap NH_3 (g/100 g protein). Kayu apu mempunyai kandungan nitrogen yang cukup tinggi yaitu 6-7% dan kadar amonia 0,23 - 0,65 %, beberapa hasil analisis memperlihatkan bahwa Kayu apu lebih kaya asam amino.

Amonia bersifat toksik bagi biota uji perairan karena mengganggu proses pengikatan oksigen. Amonia bersifat akut pada organisme perairan dan tingkat keracunannya sangat tergantung pada suhu, pH dan akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut (Effendi, 2003).

BAB 3

METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan pengaruh efek negatif/racun limbah cair pabrik tahu dengan metode LC-50 (*Median Lethal concentration*) yaitu konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50 % dari organisme uji yang dapat diestimasi dengan grafik dan perhitungan, pada waktu pengamatan tertentu, misalnya LC 50 - 48 jam, LC 50 - 96 jam sampai waktu hidup biota uji tanpa diolah dan proses pembuangannya ke badan air langsung dengan menggunakan biota uji ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

3.1. Kerangka Pelaksanaan Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan tahap demi tahap, penelitian yang membahas mengenai tingkat pencemaran air akibat buangan limbah cair pabrik tahu yang tidak diolah dengan melakukan uji toksisitas. Kerangka penelitian merupakan gambaran visual dari metoda penelitian yang disusun tujuan spesifik dari pembuatan kerangka penelitian adalah:

1. Membuat para pembaca untuk lebih muda dalam memahami tujuan dan isi penelitian. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat dalam bidang terkait.
2. Menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan oleh peneliti dari awal penelitian hingga penelitian berakhir.
3. Sebagai acuan awal dalam pelaksanaan penelitian. Sehingga kesalahan selama pelaksanaan sudah mempunyai pedoman dalam kerangka penelitian ini.

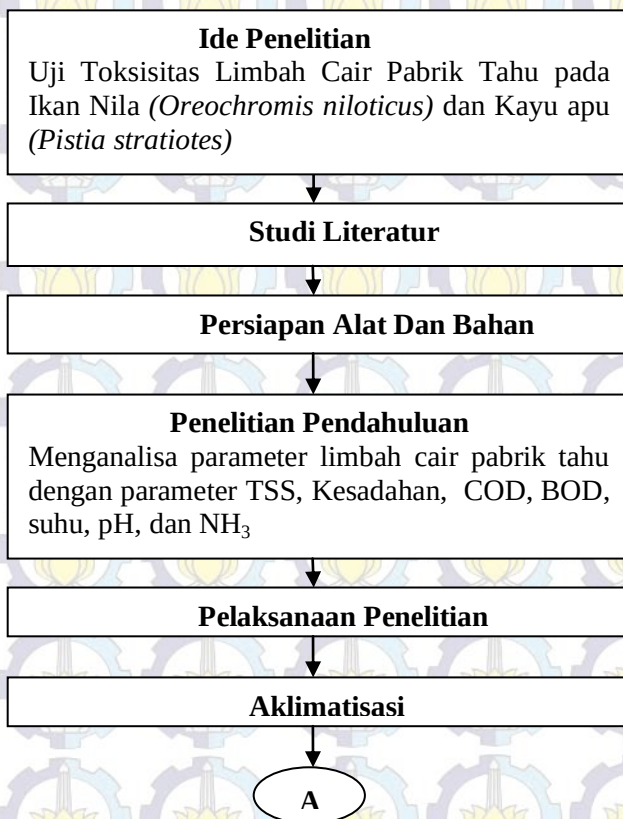
3.2. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini diawali dengan adanya permasalahan sehingga memunculkan ide penelitian berdasarkan pada literatur. Rumusan masalah dan tujuan yang akan dijawab

dengan pelaksanaan penelitian. Berikut ini adalah penjelasan mengenai tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan:

3.2.1 Ide Penelitian

Ide tugas akhir ini mengenai uji kelayakan air limbah cair tahu untuk habitat akuatik yaitu ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*). Kerangka penelitian dapat disusun dengan baik. Berikut ini adalah bagan dari kerangka penelitian terlampir pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian

3.2.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori yang menunjang pelaksanaan penelitian. Literatur yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini diantaranya adalah *text book*, jurnal penelitian, artikel, *website*, dan sebagainya. Literatur yang dapat menunjang pelaksanaan penelitian ini adalah literatur mengenai proses pembuatan tahu, karakteristik limbah cair tahu, biota uji yang digunakan, taksonomi biota uji, karakteristik biota uji yang layak yang digunakan untuk

penelitian, ciri-ciri morfologi biota uji, habitat biota uji, pengertian toksikologi, toksisitas akut dan toksisitas kronis, perhitungan LC-50 dan literatur lain yang terkait dengan pelaksanaan penelitian ini. Secara tidak langsung, studi literatur dapat menjadi batasan sejauh mana pengerjaan penelitian sehingga dapat mempermudah pelaksanaan penelitian

3.2.3. Persiapan Tempat, Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini dilakukan uji toksisitas yang dimana meliputi persiapan tempat, alat dan bahan yang digunakan waktu penelitian.

A. Persiapan Tempat

1. Tempat uji toksisitas di Laboraturium Teknik Lingkungan ITS.
2. Analisa NH_3 terhadap biota uji Teknik Kimia ITS.

B. Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk uji toksisitas ini adalah perlengkapan aerasi (selang, kompresor udara, air stone), Jirigen 30 liter, alat-alat laboratorium untuk analisa TSS, Kesadahan, COD, BOD, DO, Suhu, pH, Berat Kering, Berat Basah dan NH_3 , 5 bak aklimatisasi dan reaktor uji penelitian berkapasitas 15 liter sejumlah 24 buah.

1. 4 reaktor kontrol tanpa perlakuan.
2. 20 reaktor uji untuk penelitian.

C. Pengadaan Biota Uji

1. Ikan Nila (*Oreocromis niloticus*).
2. Tumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*).

3.2.4. Penelitian Pendahuluan

Analisa pendahuluan digunakan sebagai pengencer untuk tempat hidup biota uji. Prosedur analisa pendahuluan sebagai berikut:

- #### **A. Air PDAM sebagai pengencer dalam media untuk uji toksisitas.**
- Hal ini untuk mencegah kematian biota uji akibat kondisi air pengencer. Dalam air pengencer yang digunakan

merupakan air sambungan PDAM yang terdapat dalam Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Menurut OECD (2004) Adapun parameter kriteria air pengencer yang diperbolehkan sebagai air pengencer adalah:

- a) Kesadahan Total : 50 – 250 mgCaCO₃/L
- b) pH : 6,0 - 8,5
- c) Suhu : 25⁰C - 30⁰C
- d) DO : 5 - 6 mg/L

B. Analisa pendahuluan adalah analisa sampel dilakukan perlakuan parameter TSS, Kesadahan, COD, BOD, DO, Suhu, pH dan NH₃.

C. Pada limbah cair pabrik tahu mengandung polutan organik yang cukup tinggi serta padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan biologi. Di dalam 100 gram tahu terdapat 7,8 gram protein, 4,6 gram lemak dan 1,6 gram karbohidrat. Polutan organik yang cukup tinggi tersebut apabila terbuang di badan air penerima tanpa proses pengolahan selanjutnya akan terganggunya kualitas air dan menurunkan daya dukung lingkungan perairan disekitar industri tahu. Penurunan daya dukung lingkungan tersebut menyebabkan kematian organisme air, terjadinya *alga blooming* sehingga menghambat pertumbuhan hewan dan tumbuhan air lainnya dan menimbulkan bau (Rossiana, 2006).

3.2.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Variabel yang digunakan pada penelitian ini ada 2 yaitu:

- Alokasi pabrik tahu ≤ 70 mg/L NH₃ dan pabrik tahu ≥ 70 mg/L NH₃ dengan variasi rasio limbah cair tahu pengencer dengan konsentrasi 0 % (Control), 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %.
- Jenis Biota ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

- air Setiap variabel yang digunakan memiliki variasi yang berbeda-beda nilainya. Variabel-variabel yang diteliti telampir pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

jenis ikan/ industri tahu	Alokasi	Pabrik tahu	
		Pabrik tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$	Pabrik tahu $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$
Ikan Nila		A1	A2
Kayu apu		B1	B2

- Menentukan parameter yang akan diukur sesuai dengan variabel yang akan di uji pada penelitian ini terdapat 9 parameter yaitu:
 - TSS
 - Kesadahan
 - COD (*Chemical Oxydation Demand*)
 - BOD (*Biological Oxygen Demand*)
 - DO (*Dissolved Oxygen*)
 - Suhu
 - pH
 - Berat Kering dan Berat Basah
 - Analisa NH_3

3.2.6. Aklimatisasi

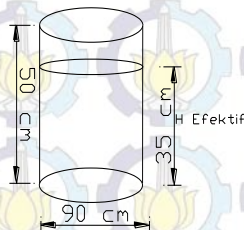
Aklimatisasi merupakan tahap menyesuaikan diri organisme dengan kondisi air limbah tahu yang akan diolah. Media air ini dikondisikan untuk selalu mempunyai temperatur antara 20°C - 30°C . Pada penelitian ini aklimatisasi dilakukan selama 7 hari atau 14 hari yang bertujuan untuk menghilangkan stress pada biota uji, definisi stress adalah “Dimana jumlah respon fisiologis hewan untuk mempertahankan tubuhnya dengan keadaan normal dalam kondisi fisik atau kimia (APHA 2000).

Selama proses aklimatisasi perlakuan ikan diberi makan tiap hari dan diberi aerasi yang cukup, yang bertujuan

mempertahankan kadar oksigen yang terlarut. Dan perlakuan untuk tumbuhan tidak diperlakukan sama pada hewan uji.

Saat aklimatisasi berlangsung dilakukan analisa parameter meliputi Suhu, pH, DO, Kesadahan dan kematian biota uji. Pengamatan parameter kesadahan dilakukan di awal penelitian. Pengamatan parameter kematian biota uji dilakukan tiap hari dan pengamatan parameter suhu, pH, DO dilakukan tiap 2 hari sekali. Pengamatan ini dilakukan tiap harinya apabila ada biota uji yang mati maka akan dikeluarkan dari reaktor. Menurut OECD (2004), Kriteria air pengencer adalah Sebelum melakukan uji aklimatisasi harus dilihat kelayakannya terlebih dahulu, Misalnya:

- a) Jika jumlah biota dalam medium/larutan kontrol yang mati antara 5-10 % dari jumlah populasi biota uji maka penelitian akan dilanjutkan lagi selama 14 hari.
- b) Jika jumlah biota dalam medium/larutan kontrol yang mati antara lebih dari 10 % dari jumlah populasi biota uji kemungkinan besar air pengencer tidak layak digunakan untuk aklimatisasi.
- d) Jika jumlah biota dalam medium/ larutan kontrol yang mati antara 5% dari jumlah populasi biota uji maka air pengencer dikatakan layak untuk penelitian. Aklimatisasi Biota uji ikan nila dan tumbuhan kayu apu menggunakan wadah/ember, sketsa pemaparan dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Sketsa wadah/ember pemaparan pada aklimatisasi

Keterangan:

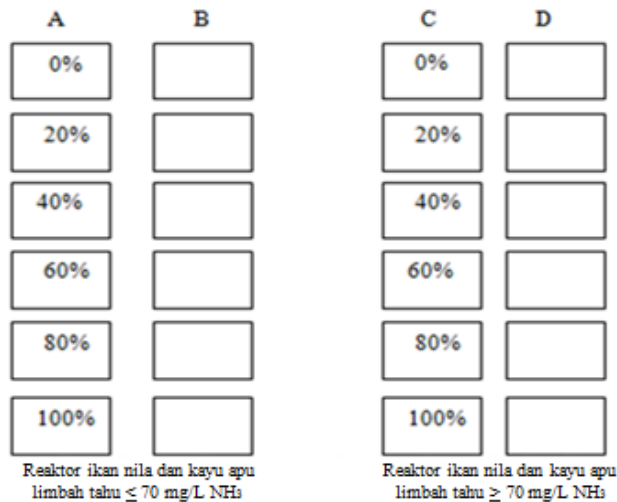
Bak aklimatisasi dengan tinggi 50 cm, diameter 90 cm dan H efektif 35 cm.

3.2.7. Range Finding Test

Perlakuan penelitian untuk menentukan konsentrasi terkecil dengan pemaparan selama 96 jam dengan kematian biota uji 100 % dan dilakukan pengamatan parameter dilakukan pengamatan parameter untuk tiap 2 hari meliputi : Suhu, pH, DO dilakukan pengamatan tiap hari meliputi kematian biota uji dan pengamatan parameter TSS, COD, BOD dan analisa NH_3 dilakukan di awal penelitian dalam tiap % toksikan. Pengamatan parameter Berat kering dan Berat Basah dilakukan di akhir penelitian.

Kondisi pemaparan selama uji toksisitas adalah sebagai berikut:

- a) Lama pemaparan Uji toksisitas pencarian kisaran dilakukan selama 24 jam dan Uji toksisitas akut selama 96 jam.
- b) Reaktor yang digunakan dari kaca dimana kapasitas reaktor cukup dengan volume air yang digunakan untuk penelitian.
- c) Beban : Penelitian ini menggunakan 10 ekor ikan pada tiap reaktor dengan perbandingan 1 gram ikan/1 liter air (Adiguno, 2004). Rata-rata berat ikan 1 gram dan panjang tubuh sekitar 4 - 6 cm dan sebanyak 360 ekor ikan. satu reaktor dengan volume air 10 liter. Hasil volume 10 liter ini perbandingan hasil volume air pengencer/volume air toksikan. Rata-rata panjang tumbuhan kayu apu sekitar 5 - 6 mm yang digunakan, tiap reaktor dengan perbandingan 1 gram tumbuhan/1 liter air dengan volume tiap reaktor 10 liter.
- d) Konsentrasi toksik sebesar 0 % control, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % dan 100 %. Selama berlangsungnya penelitian biota uji tidak diberi makan.
- e) Pada range finding test dilakukan 1 kali. Ukuran reaktor dengan panjang 30 cm, lebar 25 cm dan tinggi 30 cm. Sketsa reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema Peralatan Uji Range Finding Test

Keterangan:

Reaktor A-B :Dilakukan perlakuan ikan nila, kayu apu dan limbah industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$.

Reaktor C-D :Dilakukan perlakuan ikan nila, kayu apu dan limbah industri tahu $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$.

Langkah-langkah pelaksanaan range finding test adalah sebagai berikut:

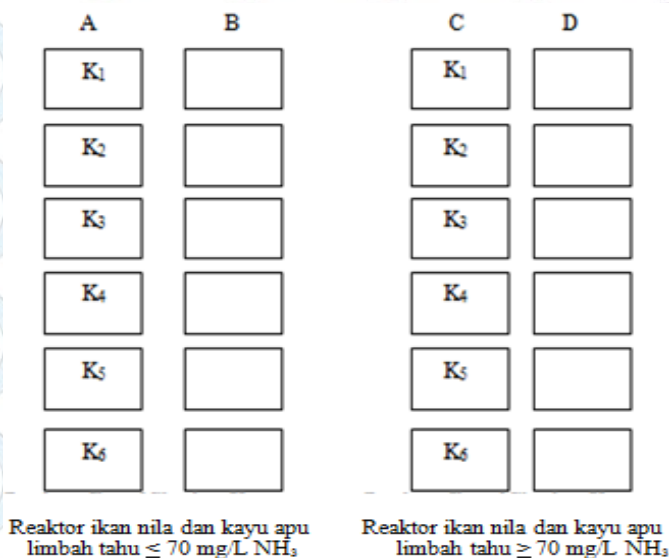
- Toksikasikan di encerkan terlebih dahulu dengan variasi konsentrasi yang telah ditentukan, misalnya: variasi konsentrasi 20 % dengan volume air tiap reaktor 10 liter maka volume air toksik dalam reaktor 2 liter dan volume air pengencer pada reaktor 8 liter.
- Setelah melakukan pengenceran lalu menganalisa untuk tiap reaktor, pengamatan parameter untuk tiap 2 hari meliputi : Suhu, pH, DO. Pengamatan tiap hari meliputi kematian biota uji dan pengamatan parameter TSS, COD, BOD dan analisa NH_3 dilakukan di awal penelitian dalam tiap % toksikan.

Pengamatan parameter Berat kering dan Berat Basah dilakukan di akhir penelitian.

- c) Pengamatan dilakukan selama 4 hari (96 jam) dengan metode LC-50.

3.2.8. Acute Toxicity

Penelitian yang dilakukan setelah range finding test yang mempunyai rentan konsentrasi yang telah dipersempit dari konsentrasi range finding test yang bertujuan untuk mengetahui kematian biota uji. Perlakuan penelitian acute toxicity dilakukan perlakuan sama dengan range finding test dengan pemaparan selama 96 jam, dengan kematian biota uji 50 % dan dilakukan pengamatan parameter seperti halnya perlakuan pada range finding test. Ukuran reaktor pemaparan panjang 30 cm, lebar 25 cm dan tinggi 30 cm. Sketsa pemaparan dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Skema Peralatan Uji Acute Toxicity

Keterangan:

Reaktor A-B dan C-D : Dilakukan konsentrasi toksikan yang didapat setelah kisaran tahap uji toksisitas akut ditemukan

3.2.9. Uji kematian Biota

Setelah uji range finding test dan Acute Toxicity biota uji akan mengalami kematian biota uji selama percobaan dan menganalisa sisi fisiologis biota uji.

3.2.9.1. Analisa Parameter Pencemar Limbah Dalam Tubuh Ikan dan tumbuhan kayu apu

Biota uji yang terpajan limbah selama 96 jam pada *acute toxicity test* akan dipilih pada konsentrasi yang terkecil dan terbesar untuk di analisa kandungan amonia dalam tubuh ikan dan tumbuhan. Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan akan diketahui parameter Amonia yang terserap dalam tubuh ikan dan tumbuhan.

3.2.10. Perhitungan LC-50 Uji Toksisitas

Nilai LC-50 digunakan dalam penelitian ini adalah metode. *Lithfield-Wilcoxon Abbreviated Method*. Metode ini dipakai apabila harus ada efek akut parsial dalam pengujian, memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95 % dari hasil LC-50. Prosedur perhitungan ini adalah:

- Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-log serta menentukan garis korelasinya dengan persamaanya. Garis kolerasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan.
- Mengindentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis kolerasi.
- Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
- Menghitung Chi^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf Chi^2 .

- e) Menghitung tingkat kebebasan (N) dengan tabel χ^2 untuk batasan kepercayaan 95%.
- f) Menghitung LC-50, 96 jam berikut batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis kolerasi proposi respon .

3.2.11. Analisa Data dan Pembahasan

Setelah penelitian dilakukan analisis data dan pembahasan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Yang dimana dari hasil tersebut dapat ditentukan hasil analisa limbah cair tahu dengan LC-50 dengan menggunakan biota uji dan ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

3.2.12. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh dari hasil analisis data dan pembahasan yang dihubungkan dengan literatur serta tujuan dilaksanakannya penelitian ini. Pengambilan kesimpulan dapat menjadi dasar pengambilan saran. Saran yang diberikan dapat digunakan sebagai perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Uji Karakteristik Air Pengencer

Air pengencer yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan air PDAM, yang bertujuan untuk mengetahui apakah air pengencer memenuhi kriteria sebagai pengencer atau tidak. Adapun hasil analisa air pengencer sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil analisa air PDAM

Parameter	Kriteria air pengencer (*)	Air pengencer (**)
Total kesadahan	50 – 250 mg CaCO_3/L	200 mg CaCO_3/L
pH	6,0-8,5	7,5

Sumber: (*) OECD (2004);

(**) hasil analisa laboratorium (2014)

Hasil analisa menunjukkan bahwa air PDAM Jurusan Teknik Lingkungan ITS layak digunakan sebagai air pengencer untuk aklimatisasi dan tahap uji toksisitas karena air tersebut memenuhi kriteria yang telah ditetapkan.

4.1.2 Uji Karakteristik Limbah Cair Tahu

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu limbah cair tahu dianalisa untuk mengetahui karakteristik limbah cair tahu. Sampel yang digunakan sebagai toksikan berasal dari limbah cair tahu di daerah Pacar keling dan Kenjeran, Dokumentasi pembuatan tahu dapat dilihat pada lempira (Gambar B.1 sampai dengan B.4).

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 12 November 2013 di effluen pabrik tahu. Hasil uji karakteristik

dibandingkan dengan SK Gubernur Jatim no. 72 tahun 2013 tentang baku mutu limbah cair.

Tabel 4.2 Hasil Uji dengan SK Gubernur Jatim 72/2013

No	Parameter	Satuan	Nilai		
			Beban Pencemar $\leq 70 \text{ mg/L}$ NH_3 (**)	Baku Mutu (*)	Beban Pencemar $\geq 70 \text{ mg/L}$ NH_3 (**)
1	BOD	mg/L	1920	150	2730
2	COD	mg/L	2526	300	3593
3	TSS	mg/L	720	100	520
4	NH3	mg/L	62,95	5	87,13
5	pH	-	4,05	6-9	3,15
6	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	37	40	35

Sumber : (*) SK Gubernur Jatim 72/2013;

(**) hasil analisa laboratorium (2014)

Dari hasil uji di atas, dapat diketahui bahwa limbah cair pabrik tahu tersebut belum memenuhi baku mutu. Kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses biologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

4.2 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian diri organisme dengan kondisi air pengencer yang digunakan untuk test toksisitas. Sehingga adanya kematian biota uji akibat stres karena lingkungan bisa dihindarkan.

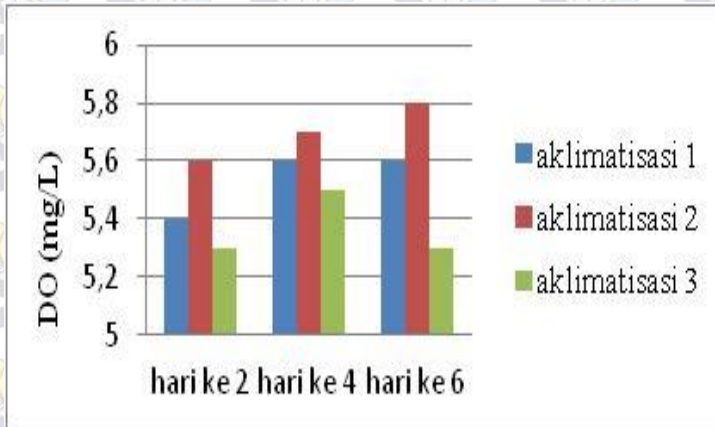
Selain itu air pengencer juga dapat mengetahui apakah biota uji dapat hidup di lingkungan dan dapat hidup di air pengencer yang digunakan. Pada tahap aklimatisasi ini air pengencer berasal dari air PDAM, Jurusan Teknik

Lingkungan ITS. Diharapkan dengan penggunaan air PDAM, media hidup biota uji ikan nila dan kayu apu bebas pencemar dan lebih bersih. Selama pengangkutan, biota uji ikan nila dan kayu apu akan mengalami guncangan sehingga menghindarkan biota uji dalam keadaan stres maka biota uji didiamkan selama 1 hari sebelum masuk ke tahap aklimatisasi. Aklimatisasi biota uji dilakukan selama 7 hari yang meliputi dua tahap yaitu range finding test dan *acute toxicity test*. Untuk menjaga kesehatan ikan maka bak aklimatisasi untuk memelihara ikan harus dibersihkan 3 hari sekali, ikan diberi cukup makan setiap harinya. Bak aklimatisasi kayu apu ini diberi cahaya matahari yang cukup, Dokumentasi aklimatisasi dapat dilihat pada lampiran (Gambar B.5 sampai dengan B.6).

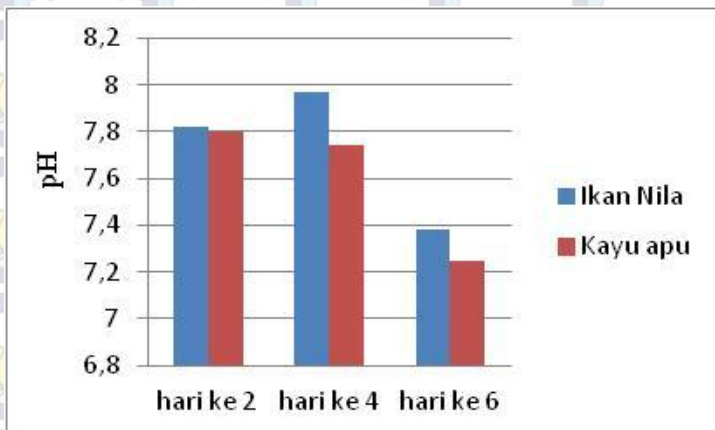
Proses aklimatisasi diawali dengan memilih biota uji yang sesuai dengan kriteria, baik dari panjang ikan dan warna tumbuhan. Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) yang digunakan mempunyai kriteria panjang 4 -6 cm dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) mempunyai kriteria berwarna hijau dan tinggi 7 cm, masing masing biota uji memiliki berat 1 gram. Penentuan kriteria biota uji ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengamatan selama aklimatisasi serta mengasumsi bahwa biota uji memiliki umur yang sama, Jumlah total populasi tiap masing-masing biota uji sebanyak 500.

Aklimatisasi pertama dilakukan selama 7 hari dari tanggal 28 Oktober 2013 hingga aklimatisasi ketiga tanggal 11 November 2013. Selama tahap aklimatisasi faktor-faktor lingkungan yang harus diperhatikan antara lain: pH, Suhu, DO kesadahan dan kematian biota uji. Paramater pH, Suhu dan DO (*Dissolved Oxcygen*) dicek setiap 2 hari sekali yang bertujuan untuk memastikan bahwa lingkungan aklimatisasi telah sesuai dengan lingkungan hidup biota uji. Parameter Kesadahan diamati di awal penelitian pada tahap aklimatisasi, Sedangkan kematian biota uji diamati setiap hari. Adapun hasil tahap aklimatisasi (dapat dilihat pada Lampiran B.1).

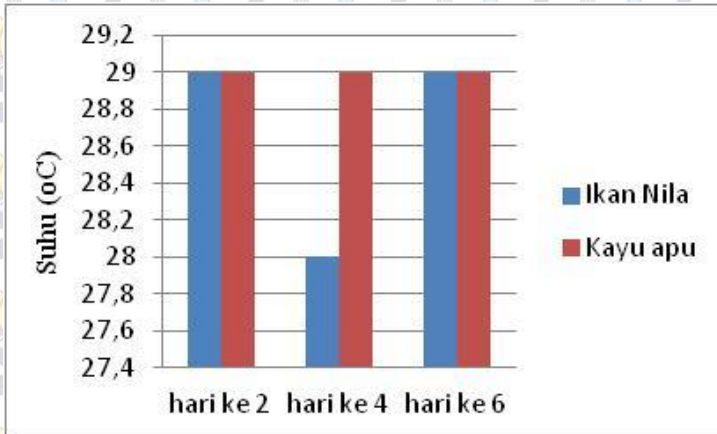
Aklimatisasi pertama dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.4 sebagai berikut :



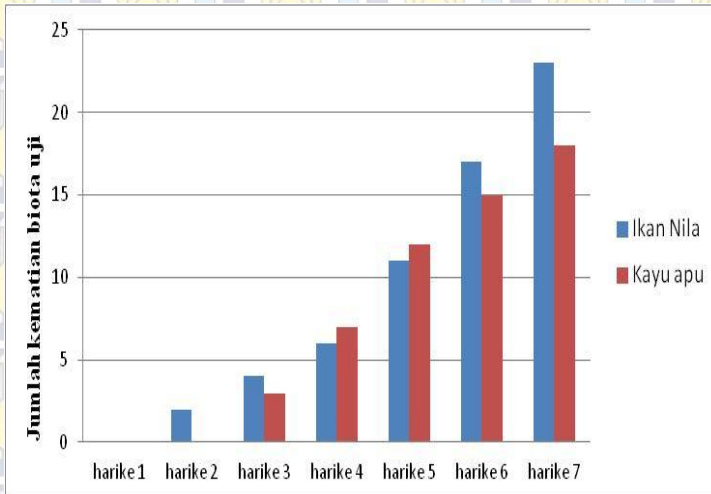
Gambar 4.1 Rata-rata DO air tahap aklimatisasi 1 hingga aklimatisasi 3



Gambar 4.2 Rata-rata pH air ikan nila dan kayu apu tahap aklimatisasi pertama pada biota uji



Gambar 4.3 Rata-rata Suhu air ikan nila dan kayu apu tahap aklimatisasi pertama pada biota uji



Gambar 4.4 Kumulatif kematian biota uji tahap aklimatisasi pertama

Aklimatisasi pertama dilakukan pada biota uji ikan nila dan kayu apu. Reaktor yang digunakan pada waktu aklimatisasi menggunakan bak. Bak aklimatisasi ikan nila sebanyak 5 bak tiap baknya dengan diisi 100 ekor ikan nila dengan menggunakan perbandingan air dan berat ikan nila. 1 gram ikan / 1 liter air PDAM, 1 bak aklimatisasi menggunakan 100 liter air PDAM. Perlakuan ini sama halnya dilakukan untuk kayu apu. Biota uji ikan nila pada aklimatisasi ikan nila terlihat segar-segar dan lincah dalam berenang, dalam bak aklimatisasi ikan nila diberi kompresor sebagai penghasil oksigen. DO air ikan nila tiap harinya mengalami peningkatan dan penurunan pada aklimatisasi 1 hingga aklimatisasi 3. Suhu, pH mengalami peningkatan dan penurunan. Parameter suhu media air ikan nila hari ke 2 mencapai 29°C , hari ke 4 mencapai 28°C dan hari ke 6 mencapai 29°C . Parameter pH media air ikan nila hari ke 2 mencapai 7,8, hari ke 4 mencapai 7,97 dan hari ke 6 mencapai 7,4. Parameter kesadahan mencapai 200 mg/L. Parameter kematian biota uji ikan nila tiap harinya mengalami peningkatan. Rata-rata kematian ikan nila untuk tiap harinya tidak melebihi dari 5 %, aklimatisasi dilakukan selama 1 minggu. Kumulatif kematian ikan nila 23 ekor.

Biota uji kayu apu pada aklimatisasi ini terlihat segar-segar dan warna daunnya berwarna hijau, bak aklimatisasi kayu apu dengan memberi cukup sinar matahari sebagai proses fotosintesis. Parameter suhu media air tumbuhan kayu apu tiap harinya stabil dengan mencapai 29°C . Parameter pH media air kayu apu mengalami peningkatan dan penurunan hari ke 2 mencapai 7,8, hari ke 4 mencapai 7,74 dan hari ke 6 mencapai 7,3. Parameter kematian biota uji tumbuhan kayu apu tiap harinya mengalami peningkatan dan penurunan. Rata-rata kematian tumbuhan kayu apu tiap harinya tidak melebihi dari 5%, aklimatisasi dilakukan selama 1 minggu. Kumulatif kematian kayu apu 18 biji.

Parameter Suhu dan pH tahap aklimatisasi mengalami peningkatan dan penurunan. DO mengalami peningkatan dan

stabil. Nilai Suhu, pH, dan DO masih memenuhi kriteria lingkungan hidup biota uji ikan nila dan kayu apu. Kriteria Suhu untuk aklimatisasi mencapai suhu ruangan 25°C - 30°C . Kriteria pH 6,0-8,5. Kriteria DO 5 - 6 mg/L dan kriteria Kesadahan 50 – 250 mgCaCO₃/L. Kematian biota uji pada tahap aklimatisasi dikarenakan biota uji stres tidak bisa menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang baru, kondisi ini terjadi kurang dari 10 % dari jumlah populasi biota uji untuk tahap aklimatisasi. Berdasarkan OECD (2004), kedua biota uji tersebut dan air pengencer dapat digunakan pada uji toksisitas.

Setelah perlakuan aklimatisasi pertama dilakukan aklimatisasi kedua dilakukan untuk tahap range finding test. Perlakuan aklimatisasi kedua dan ketiga sama seperti halnya aklimatisasi pertama dengan memilih biota uji sesuai kriteria biota uji ikan nila dan kayu apu yang digunakan. Hasil aklimatisasi kedua dan ketiga (dapat dilihat pada Lampiran B.2 sampai dengan B.3).

4.3. Range Finding Test

Range finding test adalah tahapan pertama untuk menentukan konsentrasi terkecil dengan pemaparan selama 96 jam.

4.3.1 Karakteristik Limbah

Limbah industri tahu tanpa diolah menghasilkan bahan organik yang tinggi meliputi : BOD, COD, TSS, dan Amonia yang cukup tinggi. Limbah tahu mengandung kadar organik yang sangat tinggi hal ini akan menyebabkan toksik bagi kehidupan biota air di dalam perairan. Sampel limbah cair tahu yang digunakan berasal dari *effluent* limbah cair industri tahu. Limbah cair industri tahu menghasilkan bau yang khas dikarenakan proses pemecahan protein oleh mikroba alam sehingga timbul bau busuk dari gas H₂S. Selain menghasilkan bau yang khas limbah cair industri tahu berwarna keruh yang disebabkan oleh adanya padatan

tersuspensi dan terlarut dalam limbah cair industri tahu. Limbah cair industri tahu mengandung bahan organik yang tinggi mengkondisikan perairan menjadi asam Adapun hasil pemeriksaan laboratorium untuk tiap parameter (dapat dilihat pada lampiran B.4) Parameter untuk uji range finding test pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Karakteristik limbah yang digunakan pada range finding test

No	Parameter	Satuan	Nilai		
			Beban Pencemar ≤ 70 mg/L NH_3	Baku Mutu	Beban Pencemar ≥ 70 mg/L NH_3
1	BOD	mg/L	1920	150	2730
2	COD	mg/L	2526	300	3593
3	TSS	mg/L	720	100	520
4	NH_3	mg/L	62,95	5	87,13
5	pH	-	4,05	6-9	3,15
6	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	37	40	35

Sumber: Hasil uji laboratorium (2014)

Dari hasil analisis laboratorium dapat disimpulkan limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 masih diatas baku mutu limbah tahu yaitu Kep. Gubernur no.72/2013. Sehingga berpotensi dapat mengakibatkan pencemar di perairan dan mengakibatkan kematian makhluk hidup

Pada range finding test ini digunakan variasi konsentrasi 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %. 0 % (control) yaitu tanpa ada campuran limbah cair tahu, merupakan murni air PDAM. Untuk memvariasikan konsentrasi limbah industri tahu ini dengan menggunakan air PDAM sebagai air pengencer. Air

pengencer yang digunakan sesuai dengan kriteria lingkungan hidup biota uji, sehingga biota uji mati bukan dikarenakan air pengencer yang digunakan hal ini dapat dihindarkan. Hasil pengenceran diperoleh dari persen toksikan dikali dengan volume air total di dalam reaktor. Volume air total di dalam reaktor dikurangi dari hasil air limbah yang digunakan. Hasil perhitungan untuk setiap variasi konsentrasi limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 , Data konsentrasi tiap reaktor pada limbah dapat dilihat (pada Lampiran B.5) contoh perhitungan sebagai berikut:

- a) Volume air total = 10 liter
- b) Limbah 20 % = 20 % x 10 liter/reaktor
= 2 liter limbah/reaktor
- c) Air PDAM = 10 liter – 2 liter
= 8 liter

Range finding test pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Variasi konsentrasi limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada range finding test

Konsentrasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
40 %	10	4	6
20 %	10	2	8
16 %	10	1,6	8,4
8 %	10	0,8	9,2
4 %	10	0,4	9,6
0 %	10	0	10

Kandungan zat pencemar limbah cair industri tahu dalam, tiap variasi limbah yang akan dihitung berdasarkan konsentrasi

limbah masing-masing. Metode perhitungan zat pencemar berlaku pada BOD, COD, TSS, NH_3 . Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

Nilai BOD dalam 20 % limbah < 70 mg/L NH_3 :

- a) BOD limbah asli (N_1) = 1920 mg/L
- b) Volume dengan limbah (V_1) = 2 l
- c) Volume air total (V_2) = 10 l
- d) Nilai BOD dengan limbah 20 % (N_2)

$$N_2 = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$$

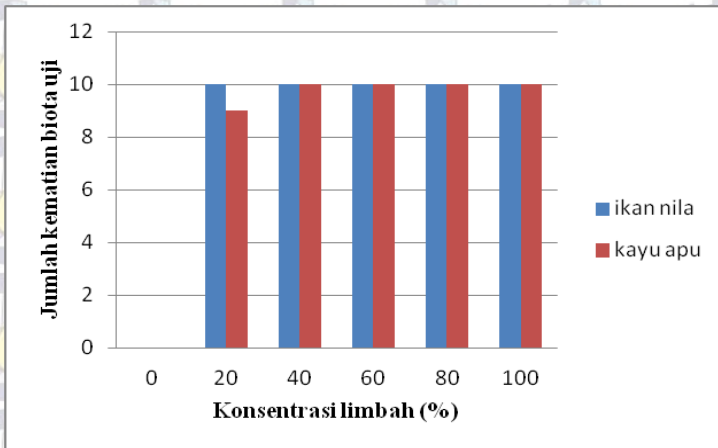
$$= \frac{1920 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 2\text{l}}{10\text{l}}$$

$$= 384 \text{ mg/L}$$

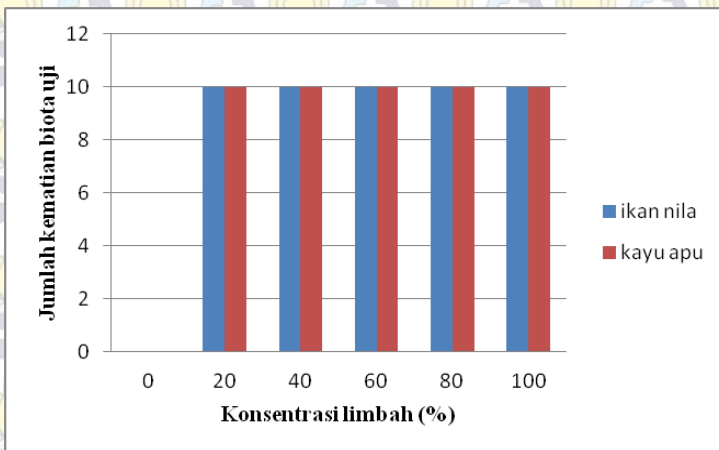
Data kandungan zat pencemar limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 (dapat dilihat pada Lampiran B.6)

4.3.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada range finding test ini setiap populasi biota uji akan dipaparkan dengan limbah cair industri tahu dengan variasi konsentrasi 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %. Konsentrasi variasi tersebut akan diencerkan dengan air pengencer berasal dari air PDAM. Tiap reaktor diisi dengan biota uji sebanyak masing-masing 10 biota uji untuk perlakuan limbah ≤ 70 mg/L NH_3 sama hal nya juga diperlakukan yang sama pada limbah ≥ 70 mg/L NH_3 . Setelah dianalisa biota uji dimasukkan ke dalam reaktor pemaparan. Biota uji dipaparkan dengan toksikan selama 4 hari (96 jam). Kematian Biota uji ikan nila dengan berwarna pucat, insangnya transparan dan kayu apu menguning, berjamur. Kematian biota uji pada ikan nila dan kayu apu dapat lihat (pada Lampiran B.7). Rata-rata kematian pada range finding test dapat dilihat pada Gambar 4.5 sampai dengan 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Rata-rata kematian range finding test pada biota uji ikan nila dan kayu apu limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3



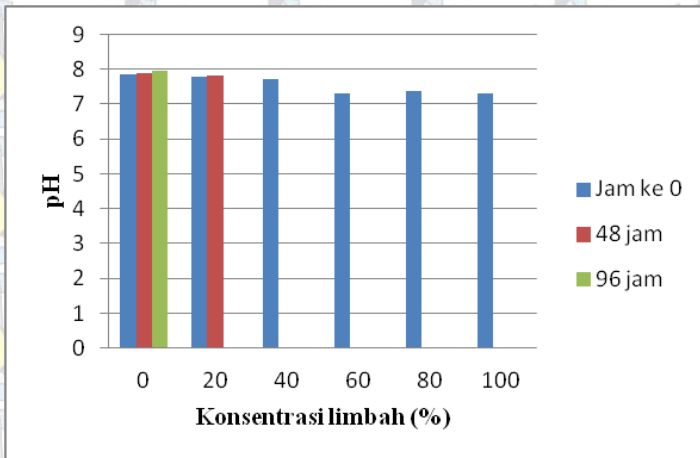
Gambar 4.6 Rata-rata kematian range finding test pada biota uji ikan nila dan kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui kematian ikan nila 100 % limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada konsentrasi 20 % sampai dengan 100 %. Kematian kayu apu 100 % limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3 pada konsentrasi 40 % sampai dengan 100 % sedangkan konsentrasi 20 % kematian kayu apu mencapai 90 % . Konsentrasi 0 % (control) tidak mengalami kematian biota uji. Hal ini akan menunjukkan bahwa semakin banyak biota uji dengan kematiannya yang relatif singkat bisa dikatakan limbah tersebut toksik bagi makhluk hidup yang diperairan.

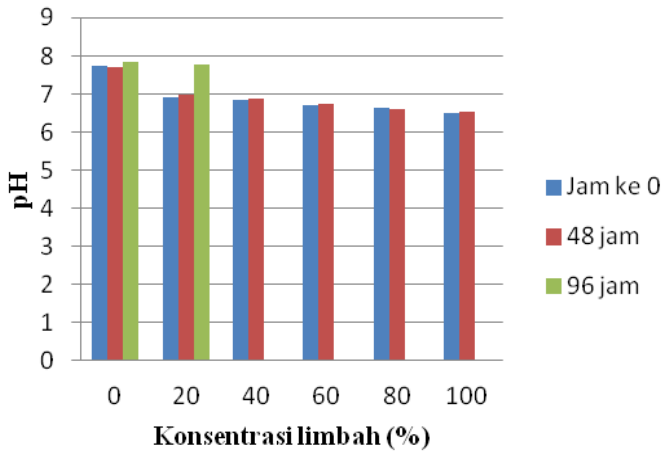
Kematian ikan nila dan kayu apu 100 % pada limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada konsentrasi 20 % sampai dengan 100%. Hal ini tergantung Konsentrasi limbah yang relatif tinggi akan menimbulkan kematian biota uji dalam jangka waktu yang relatif singkat. Hal tersebut juga tergantung dengan daya tahan ikan nila dan kayu apu, sehingga kematian di tiap reaktor tidak sama. Kematian biota uji ikan nila mengeluarkan lendir yang berlebihan dan kematian biota uji pada kayu apu berwarna kuning, daunnya rontok dan berjamur.

Disimpulkan bahwa limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 lebih toksik bila dibandingkan dengan limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 . dikarenakan biota uji mengalami kematian pada konsentrasi 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % baik pada ikan nila dan kayu apu.

Tahap range finding test mengamati parameter lingkungan pada biota uji . Parameter yang diamati meliputi: pH, Suhu dan DO. Parameter lingkungan pH limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 media air ikan nila dan kayu apu bersifat asam yang bisa mematikan biota uji. Kematian biota uji dikarenakan keadaan lingkungan yang tidak mendukung dengan kehidupan biota uji ikan nila dan kayu apu. Data penelitian (dapat dilihat pada Lampiran B.8). Rata-rata pH media air pada biota uji ikan nila dan kayu apu dapat dilihat Gambar 4.7 sampai dengan 4.8 sebagai berikut.



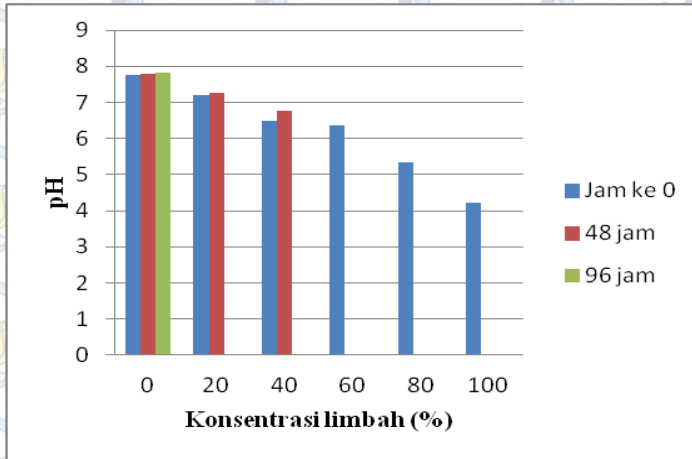
Gambar 4.7 Rata-rata pH range finding test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$



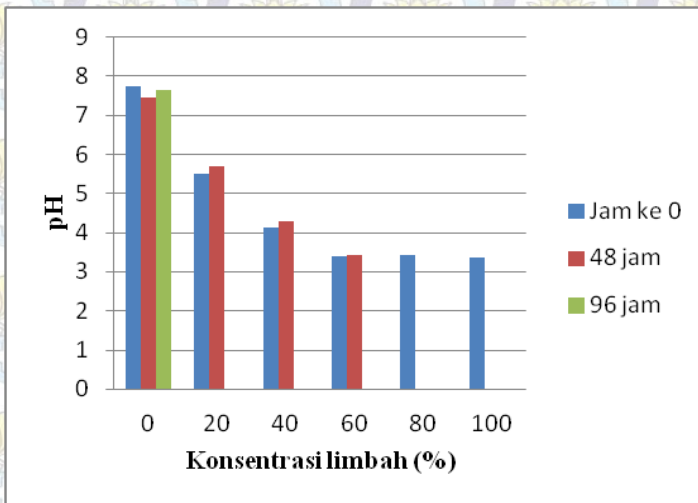
Gambar 4.8 Rata-rata pH range finding test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$

Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui pH limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila mengalami penurunan untuk masing masing reaktor pada pH awal, Semakin besar nilai konsentrasi toksikan maka pH air semakin menurun. Hal ini disebabkan menggunakan asam cuka pada proses pembuatan tahu. Konsentrasi 20 % sampai dengan 60 % pH awal mengalami penurunan pH, namun konsentrasi 80 % pH awal mengalami peningkatan mencapai 7,38 dan konsentrasi 100 % pH awal mengalami penurunan pH mencapai 7,32 . Tiap harinya pH mengalami peningkatan pada konsentrasi 20 % pH awal mencapai 7,8, hari ke 2 mencapai 7,82.

Pengamatan di atas, diketahui pH limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada kayu apu mengalami penurunan untuk masing masing reaktor pada pH awal. Konsentrasi 20 % sampai dengan 100 % pH awal mencapai 6,9 sampai dengan 6,51. Tiap harinya pH mengalami peningkatan sama seperti halnya konsentrasi 20 % pH awal mencapai 6,9, hari ke 2 mencapai 6,99 dan hari ke 3 mencapai 7,78. Konsentrasi 40 % hingga 100 % tiap harinya pH mengalami peningkatan sama seperti halnya konsentrasi 20 %.. Nilai pH berpengaruh dengan adanya proses fotosintesis, denitrifikasi, serta pemecahan nitrogen organik Haryati *et al.* (2012). pH dipengaruhi oleh adanya CO_2 . Penguraian CO_2 di dalam air akibat fotosintesis menyebabkan tingginya pH air. Dalam keadaan pH 6-7 kehidupan biota suatu perairan dalam kondisi yang aman karena tidak mengandung proses kimia dan mikrobiologis (Fitria *et al.*, 2012).Dapat disimpulkan limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 faktor lingkungan yaitu pH tidak mempengaruhi kematian biota uji pada ikan nila dan kayu apu. Data rata-rata pH air limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada biota uji ikan nila dan kayu apu dapat dilihat pada Gambar 4.9 sampai dengan 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Rata-rata pH range finding test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3



Gambar 4.10 Rata-rata pH pada range finding test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

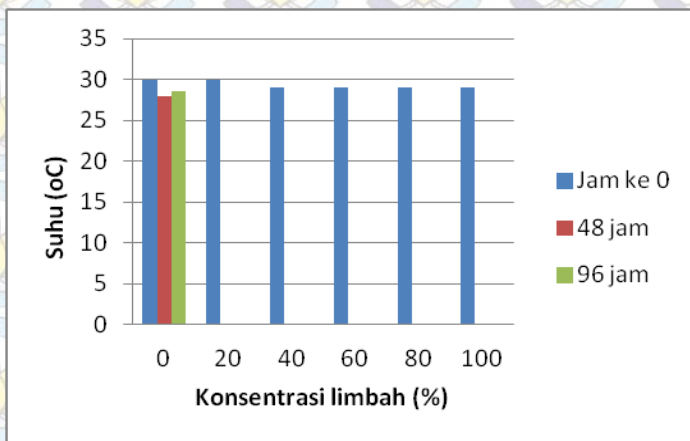
Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui pH air limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila mengalami penurunan untuk masing-masing reaktor pada pH awal, Semakin besar nilai konsentrasi toksikan maka pH air semakin menurun. Konsentrasi 20 % sampai dengan 100 % pH awal mengalami penurunan pH mencapai 7,2 sampai dengan 4,21. Konsentrasi 100 % pH awal bersifat asam sehingga kematian biota uji ikan nila disebabkan oleh faktor lingkungan yaitu pH. Selain itu, ketika insang berada pada pH rendah, peningkatan lendir akan terlihat pada permukaan insang dan menyebabkan penurunan difusi oksigen pada lamela insang kisaran pH yang cocok untuk kehidupan ikan nila adalah 5-9. Batas rendah yang menyebabkan kematian ikan adalah pH 4 dan tertinggi 11 (Ghufran *et al*, 2007). Tiap harinya pH air mengalami peningkatan pada konsentrasi 20 % pH awal mencapai 7,2, hari ke 2 mencapai 7,25. Konsentrasi 40 % pH tiap harinya sama halnya konsentrasi 20 % mengalami peningkatan pH menjadi netral.

Pengamatan di atas, diketahui pH limbah industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada kayu apu mengalami penurunan untuk masing masing reaktor pada pH awal. Konsentrasi 80 % pH awal meningkat mencapai 3,42 hingga konsentrasi 100 % pH awal mengalami penurunan menjadi 3,35. Konsentrasi 20 % hingga 60 % tiap harinya pH mengalami peningkatan. Adapun kematian yang terjadi pada kayu apu dikarenakan nilai pH awal konsentrasi toksikan yang rendah pada kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 , nilai pH awal untuk konsentrasi 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % masing-masing sebesar 5,5, 4,12, 3,4, 3,42, 3,35 yang tidak sesuai dengan pH lingkungan kayu apu (6-7). Rendahnya pH disebabkan penggunaan asam cuka pada proses pembuatan tahu. Dapat disimpulkan tumbuhan kayu apu mengalami kematian dikarenakan faktor lingkungan yang tidak mendukung.

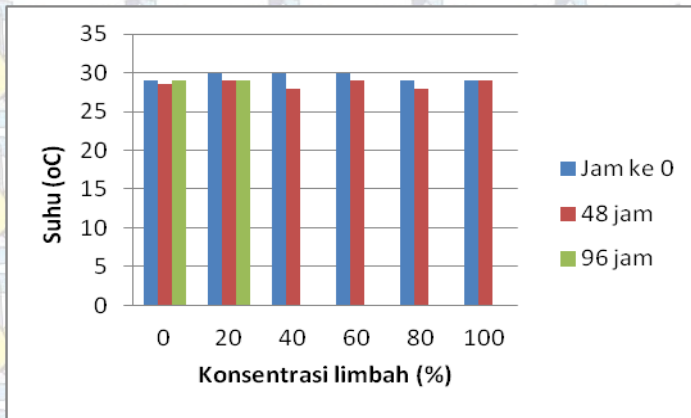
Berdasarkan hasil pengamatan di atas dapat disimpulkan limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila dan

kayu apu faktor lingkungan pH sangat mendukung sehingga kematian biota uji bukan disebabkan faktor lingkungan pH. Berbeda halnya dengan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 kematian biota uji disebabkan oleh faktor lingkungan yaitu pH. Kematian biota uji dikarenakan biota uji tidak dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan hal ini akan menyebabkan biota uji mengalami stres dan mengakibatkan kematian pada biota uji.

Parameter lingkungan yang mendukung dengan kehidupan biota uji antara lain suhu. Suhu akan berpengaruh dengan jumlah oksigen yang ada di dalam air dan kenyamanan ikan terhadap lingkungannya. Suhu limbah cair industri tahu biasanya tinggi (40°C - 60°C). Adapun tabel rata-rata suhu tiap reaktor pada limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 (dapat dilihat pada Lampiran B.9). Data rata-rata Suhu air limbah cair industri ≤ 70 mg/L NH_3 pada biota uji dapat dilihat pada gambar 4.11 sampai dengan 4.12 sebagai berikut.



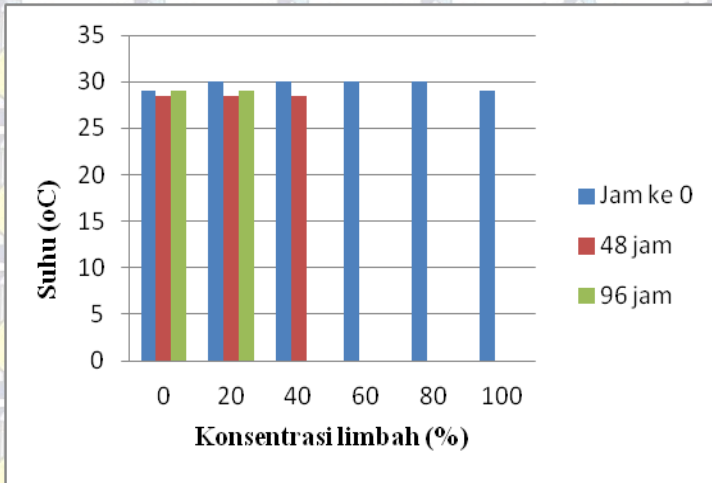
Gambar 4.11 Rata-rata Suhu pada range finding test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3



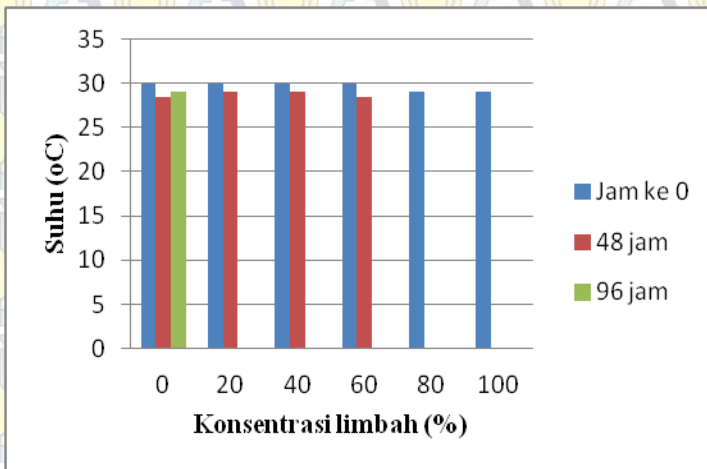
Gambar 4.12 Rata-rata Suhu pada range finding test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3

Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui suhu limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila mengalami penurunan. Konsentrasi 20 % suhu awal mencapai 30°C hingga konsentrasi 40 % sampai dengan 100 % suhu awal mencapai 29°C . Tiap harinya mengalami penurunan ada konsentrasi 20 % suhu awal 30°C , hari ke 2 mencapai 28°C .

Pengamatan limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada kayu apu mengalami penurunan. Konsentrasi 20 % sampai dengan 60 % suhu awal mencapai 30°C namun pada konsentrasi 80 % sampai dengan 100 % suhu awal mencapai 29°C . Tiap harinya mengalami penurunan suhu. Pada suhu awal konsentrasi 20 % mencapai 30°C hingga hari ke 2 mencapai 29°C dan hari ke 3 mencapai 29°C . Konsentrasi 40 % sampai dengan 100 % suhu mengalami penurunan. Namun pada suhu limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 masih memenuhi kriteria kelangsungan hidup makhluk hidup. Data rata-rata suhu air limbah cair industri ≥ 70 mg/L NH_3 pada biota uji dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14 sebagai berikut.



Gambar 4.13 Rata-rata Suhu pada range finding test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

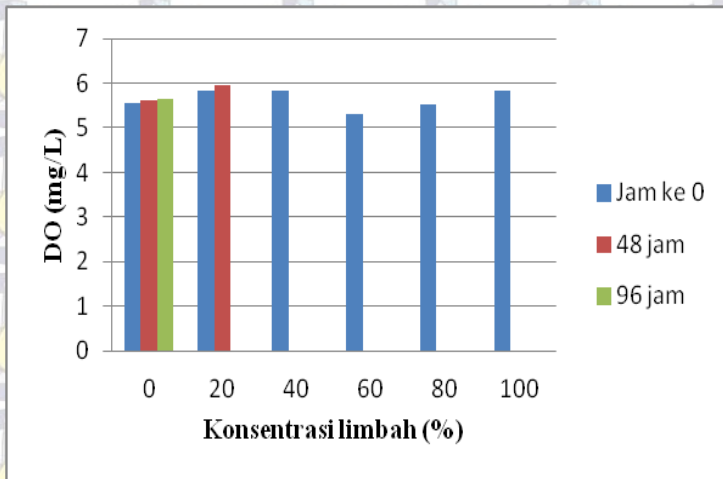


Gambar 4.14 Rata-rata Suhu pada range finding test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

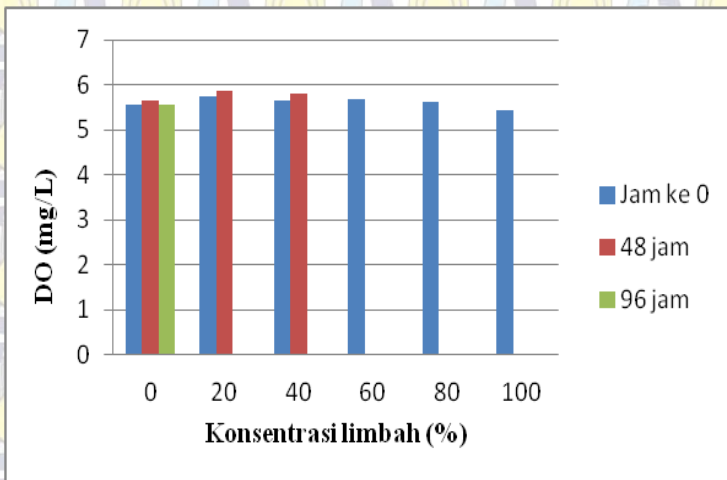
Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui suhu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila mengalami penurunan. Konsentrasi 20 % sampai dengan 80 % suhu awal mencapai 30°C namun konsentrasi 100 % suhu awal mencapai 29°C . Tiap harinya mengalami penurunan. Konsentrasi 20 % suhu awal 30°C , hari ke 2 mencapai $28,5^\circ\text{C}$ dan hari ke 3 mencapai 20°C . Sama seperti halnya konsentrasi 40 % tiap harinya mengalami penurunan suhu. Hal ini terjadi disebabkan setiap makhluk hidup mempunyai daya tahan tubuh yang berbeda-beda sehingga suhu sangat berperan penting dengan kelangsungan hidup ikan nila. Pengamatan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada kayu apu mengalami penurunan. Konsentrasi 20 % sampai dengan 60 % suhu awal mencapai 30°C namun konsentrasi 80 % sampai dengan 100 % suhu awal mencapai 29°C . Tiap harinya mengalami penurunan. Konsentrasi 20 % suhu awal 30°C , hari ke 2 mencapai 29°C . Sama seperti halnya konsentrasi 40 % sampai dengan 60 % tiap harinya mengalami penurunan suhu. Dapat disimpulkan limbah cair industri tahu ≥ 70 faktor lingkungan yaitu suhu tidak mempengaruhi kematian biota uji.

Berdasarkan hasil pengamatan di atas dapat disimpulkan limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila dan kayu apu faktor lingkungan Suhu sangat mendukung sehingga kematian biota uji bukan disebabkan faktor lingkungan Suhu.

Adapun aspek lingkungan yang mendukung dengan kehidupan biota uji ikan nila yaitu (*Dissolved oxygen*) DO kebutuhan oksigen dengan memberi kebutuhan aerasi yang cukup yang bertujuan untuk menghindari kematian ikan nila akibat faktor lingkungan. Adapun nilai rata-rata *Dissolved oxygen* (DO) dapat dilihat pada (Lampiran B.10). Data rata-rata *Dissolved oxygen* (DO) limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada biota uji ikan nila dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan 4.16 sebagai berikut.



Gambar 4.15 Rata-rata DO pada range finding test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3



Gambar 4.16 Rata-rata DO pada range finding test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

Dissolved oxygen (DO) pada tiap konsentrasi mengalami kenaikan dan penurunan dikarenakan pada selang aerasi digunakan percabangan selang pada aerator sehingga aerasi yang digunakan tidak stabil untuk tiap reaktor namun, kebutuhan *Dissolved oxygen* (DO) pada limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 masih mencukupi lingkungan hidup ikan nila. Karakteristik hidup ikan nila berkisar 5-6 mg/L .

Dissolved oxygen (DO) awal pada limbah cair industri ≤ 70 mg/L NH_3 konsentrasi 20 % sampai dengan konsentrasi 100 % mengalami penurunan mencapai 5,84 mg/L sampai dengan 5,82 mg/L. *Dissolved oxygen* (DO) awal konsentrasi 20 % mencapai 5,84 mg/L, hari ke 2 mencapai 5,95 mg/L.

Dissolved oxygen (DO) awal limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 konsentrasi 20 % sampai dengan 40 % mengalami penurunan mencapai 5,75 mg/L sampai dengan 5,45. Tiap harinya *Dissolved oxygen* (DO) mengalami peningkatan *Dissolved oxygen* (DO) awal konsentrasi 20 % mencapai 5,75 mg/L hari ke 2 mencapai 5,86 mg/L. Tiap harinya mengalami peningkatan.

Kandungan oksigen terlarut di dalam air merupakan faktor penting bagi kehidupan ikan, karena oksigen dibutuhkan dalam proses respirasi, proses pembakaran makanan untuk melakukan aktifitas seperti berenang, pertumbuhan dan lain-lain. Kelarutan oksigen didalam air terkait dengan suhu. Antara oksigen dengan suhu adalah berbanding terbalik (Boyd, 1990). Pada temperatur yang tinggi juga dapat meningkatkan kehilangan oksigen karena penguapan. Jika suhu sangat tinggi, maka kelarutan jumlah oksigen menurun, begitu juga sebaliknya (Sawyer, 2003). Dapat disimpulkan kematian biota uji bukan dikarenakan *Dissolved oxygen* (DO).

Pada range finding test ini telah ditemukan kisaran konsentrasi limbah yang digunakan pada tahap *acute toxicity test*, adapun kisaran yang dapat digunakan *acute toxicity test* adalah :

Limbah < 70 mg/L NH_3

- a) Ikan nila : 40 %
- b) Kayu apu : 20 %

Limbah > 70 mg/L NH_3

- a) Ikan nila : 20 %
- b) Kayu apu : 20 %

4.4 Acute Toxicity Test

Acute toxicity test penelitian yang dilakukan setelah range finding test. Perlakuan penelitian *Acute toxicity test* dilakukan perlakuan sama dengan range finding test dengan paparan selama 96 jam dengan mengamati kematian biota uji sebesar 50 % dari populasi biota uji. Pada tahap ini akan mempersempit nilai konsentrasi yang sudah digunakan sebelumnya pada range finding test dan perlakuan pada tahap ini dilakukan duplo. Hal ini dimaksudkan agar selama penelitian terdapat adanya cadangan reaktor jika terjadi kebocoran atau kerusakan, serta untuk mengetahui nilai yang didapatkan konsentrasi yang sama dan dengan perlakuan yang sama.

Acute toxicity test, pemberian makanan kepada ikan diberhentikan sama seperti halnya perlakuan range finding test untuk menghindari munculnya bibit penyakit yang dikarenakan sisa makanan dan kotoran ikan. Sisa makanan dan kotoran ikan dapat menjadi sumber penyakit, bakteri dan bahan toksik lainnya (APHA, 2000). Data konsentrasi limbah dan jumlah mortalitas yang di dapatkan pada tahap ini digunakan untuk menghitung nilai LC-50. Konsentrasi toksikan yang dipakai pada tahap *acute toxicity test* adalah :

Limbah < 70 mg/L NH_3

- a) Ikan nila : 0 %, 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 40 %.
- b) Kayu apu : 0 %, 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 %.

Limbah > 70 mg/L NH_3

- a) Ikan nila : 0 %, 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 %.

b) Kayu apu : 0 %, 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 %.

4.4.1 Karakteristik Limbah

Karakteristik air limbah bertujuan untuk mengetahui nilai parameter limbah cair industri yang dimana tanpa adanya pencampuran atau pengenceran oleh air PDAM. Adapun karakteristik air limbah yang digunakan pada *acute toxicity test* (pada Lampiran B.11). Karakteristik limbah pada perlakuan pertama dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Karakteristik limbah yang digunakan pada *Acute toxicity test*

No	Parameter	Satuan	Nilai		
			Beban Pencemar ≤ 70 mg/L NH ₃ (**)	Baku Mutu (*)	Beban Pencemar ≥ 70 mg/L NH ₃ (**)
1	BOD	mg/L	2346	150	3478
2	COD	mg/L	3088	300	4604
3	TSS	mg/L	420	100	80
4	NH ₃	mg/L	62,95	5	87,13
5	pH	-	4,25	6-9	3,5
6	Temperatur	°C	36	40	35

Sumber: (*) SK Gubernur Jatim 72/2013

(**) Hasil analisa laboratorium (2014)

Kisaran konsentrasi limbah pada uji toksisitas akut pada tiap-tiap limbah telah dipersempit dari data *range finding test* sebelumnya. Pemelihan variasi konsentrasi yang relatif sempit ini bertujuan agar konsentrasi yang dipilih menghasilkan efek lethal rata-rata 50 % dari jumlah populasi biota uji yang dipaparkan.

Pada tahap uji *acute toxicity test* air toksikan diencerkan sesuai konsentrasi yang telah didapatkan dari data *range finding test*. Perhitungan volume toksikan dan air pengencer yang digunakan *acute toxicity test* (pada Lampiran B.12). Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

- a) Volume air total dalam reaktor = 10 liter
- b) Limbah 20 % $= 20 \% \times 10 \text{ liter/reaktor}$
 $= 2 \text{ liter limbah/reaktor}$
- c) Air PDAM $= 10 \text{ liter} - 2 \text{ liter} = 8 \text{ liter}$

Masing-masing limbah cair industri tahu menghasilkan data konsentrasi yang berbeda dikarenakan tiap pengambilan sampel yang dilakukan secara bertahap yang artinya produksi limbah cair tahu mempunyai karakteristik parameter yang tidak selalu tetap tiap produksi. Pengambilan limbah industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$ dan $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$ dilakukan pada *effluen* limbah indsutri tahu tersebut. Limbah industri tahu $< 70 \text{ mg/L NH}_3$ dan $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$ aliran limbah langsung dibuang ke sungai, tanpa proses selanjutnya. Adapun hasil perhitungan variasi konsentrasi limbah pada tahap *acute toxicity test* pertama dan kedua dapat di lihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Variasi kosentrasi limbah pada acute toxicity test

Konsentrasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
40 %	10	4	6
20 %	10	2	8
16 %	10	1,6	8,4
12 %	10	1,2	8,8
8 %	10	0,8	9,2
4 %	10	0,4	9,6
0 %	10	0	10

Kandungan parameter pencemar akan sebanding dengan jumlah limbah yang ditambahkan pada air toksikan tersebut, sehingga perhitungan menggunakan rumus $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$ seperti halnya perlakuan sama dengan range finding test. Adapun hitungan kandungan parameter untuk *acute toxicity test* pada data (Lampiran B.13 sampai dengan B.18). Variasi hasil perhitungan pada *acute toxicity test* pertama pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dapat di lihat pada sebagai berikut:

Nilai BOD dalam 4 % limbah < 70 mg/L NH_3 :

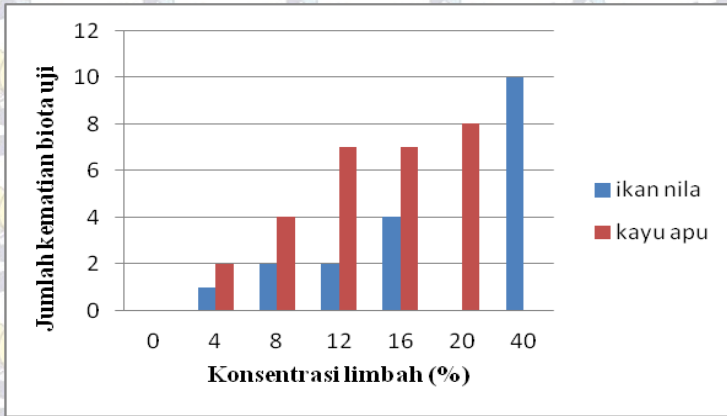
- a) BOD limbah asli (N_1) = 2346 mg/L
- b) Volume dengan limbah (V_1) = 0,4 l
- c) Volume air total (V_2) = 10 l
- d) Nilai BOD dengan limbah 20 % (N_2)

$$\begin{aligned}
 N_2 &= \frac{N_1 \times V_1}{V_2} \\
 &= \frac{2346 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 0,4 \text{ l}}{10 \text{ l}} \\
 &= 93,84 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

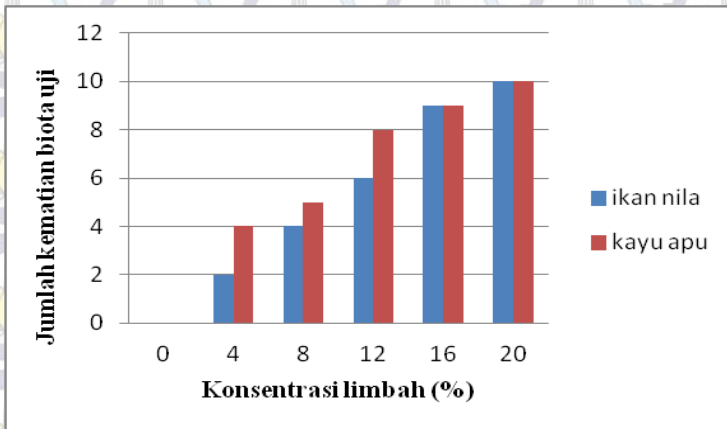
4.4.2 Hasil penelitian dan pembahasan

Pada *acute toxicity test* ini range konsentrasi pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 untuk biota uji ikan nila adalah 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 40 % dan 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 % untuk biota uji kayu apu. Range konsentrasi pada limbah ≥ 70 mg/L NH_3 biota uji ikan nila dan kayu apu sebesar 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 % . Dengan adanya pemilihan range konsentrasi limbah yang berdekatan ini diharapkan jumlah kematian biota uji pada tiap konsentrasi limbah mendekati 50 % jumlah populasi biota uji.

Jumlah kematian setiap hari pada *acute toxicity test* di tiap reaktor pada data (pada Lampiran B.19). Rata-rata kematian *acute toxicity test* limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan 4.18 sebagai berikut:



Gambar 4.17 Rata-rata kematian acute toxicity test pada biota uji ikan nila dan kayu apu limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH₃



Gambar 4.18 Rata-rata kematian acute toxicity test pada biota uji ikan nila dan kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH₃

Pada uji *acute toxicity test* ini dilakukan perlakuan duplo yang bertujuan agar selama penelitian terdapat adanya cadangan reaktor jika terjadi kebocoran atau kerusakan, serta untuk mengetahui nilai yang didapatkan pada konsentrasi yang sama dan dengan perlakuan yang sama. Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui kematian biota uji limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila konsentrasi 4 % kematian biota uji 10 % dari total populasi biota uji didalam reaktor. Konsentrasi 8 % sampai dengan 12 % kematian biota uji 20 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 16 % kematian biota uji 40 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 40 % kematian biota uji 100 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Kematian biota uji tiap reaktor tidak sama hal ini tergantung dengan daya tahan ikan nila.

Kematian biota uji pada limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila konsentrasi 4 % kematian biota uji 20 % dari total populasi biota uji didalam reaktor. Konsentrasi 8 % sampai kematian biota uji 40 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 12 % sampai dengan 16 % kematian biota uji 70 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 20 % kematian biota uji 80 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Kematian biota uji pada limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 lebih cenderung kayu apu.

Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui kematian biota uji pada limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila konsentrasi 4 % kematian biota uji 10 % dari total populasi biota uji didalam reaktor. Konsentrasi 8 % sampai kematian biota uji 40 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 12 % kematian biota uji 60 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 16 % kematian biota uji 90 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 20 % kematian biota uji 100 % dari total populasi biota uji dalam reaktor.

Kematian biota uji pada limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada kayu apu konsentrasi 4 % kematian biota uji 40 % dari total populasi biota uji didalam reaktor. Konsentrasi 8 % sampai kematian biota uji 50 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 12 % kematian biota uji 80 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 16 % kematian biota uji 90 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Konsentrasi 20 % kematian biota uji 100 % dari total populasi biota uji dalam reaktor. Kematian biota uji pada limbah industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 lebih cenderung tumbuhan kayu apu.

Kematian ikan nila lebih cenderung ke atas permukaan dikarenakan ikan nila tidak bisa menyesuaikan diri terhadap lingkungannya. Kematian ikan nila yang terpapar limbah industri tahu dengan munculnya ciri-ciri bagian permukaan insang muncul lendir yang berlebihan, Insang kelihatan transparan, Mata ikan menghilang di bagian tubuhnya (Lidia, 2005). Keterangan agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.19 sebagai berikut:



Gambar 4.19 Kondisi fisik ikan nila tidak terpapar limbah dan sesudah terpapar limbah

Kematian kayu apu terpapar limbah cair industri tahu dengan munculnya ciri-ciri bagian daun berwarna kuning, kerontokan daun dan daun muncul jamur. Hal ini dikarenakan kayu apu tidak bisa menyesuaikan diri terhadap lingkungan.

Keterangan agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.20 sebagai berikut:



Gambar 4.20 Kondisi fisik kayu apu tidak terpapar limbah dan sesudah terpapar limbah

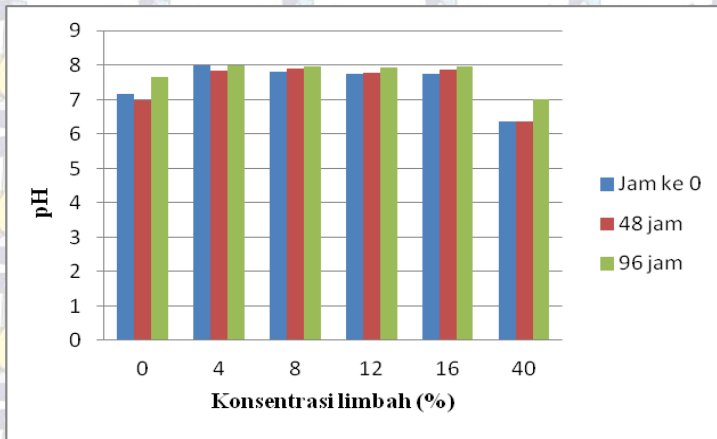
Efek kematian biota uji yang ditimbulkan oleh ikan nila dan kayu apu dalam jangka waktu yang cukup singkat terutama pada limbah ≥ 70 mg/L NH_3 dibandingkan limbah ≤ 70 mg/L NH_3 hal ini dapat disebut dengan efek akut. Efek akut dapat disebabkan karena suatu toksikan yang dapat menghasilkan efek negatif dalam bentuk merusak bagian struktur maupun fungsi biologis biota uji.

Faktor yang dapat mempengaruhi kematian biota uji adalah sifat fisik kimia toksikan dan sifat fisik kimia biologis lingkungan (Mangkoediharjo, 1999). Dalam penelitian ini sifat fisik kimia biologis lingkungan adalah suhu, pH, DO sedangkan sifat fisik kimia toksikan adalah COD, BOD, TSS dan NH_3 . Berikut ini adalah hasil analisa faktor yang diperkirakan mempengaruhi kematian biota :

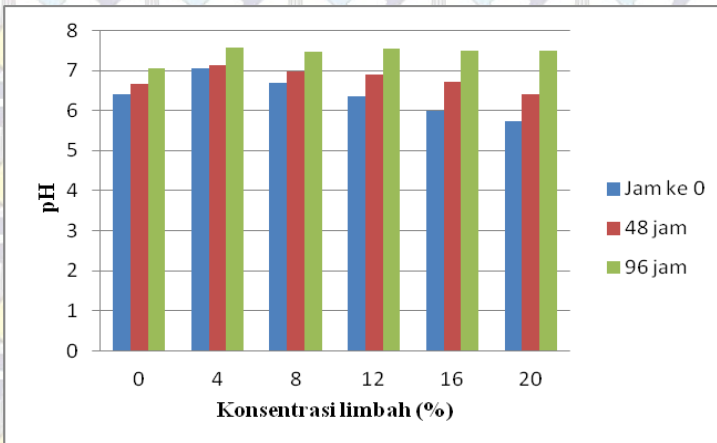
1. Sifat Fisik Kimia Biologis Lingkungan

A. pH

Zat pencemar lingkungan pada limbah cair industri tahu ini bersifat asam semakin tinggi nilai konsentrasi maka pH nya akan semakin asam. Hasil pH air pada limbah (pada Lampiran B.20). Rata-rata pH selama penelitian pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan 4.22 sebagai berikut:



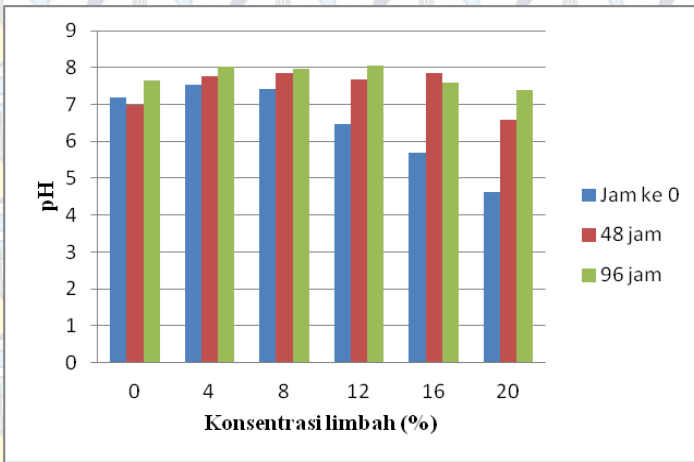
Gambar 4.21 Rata-rata pH pada acute toxicity test test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3



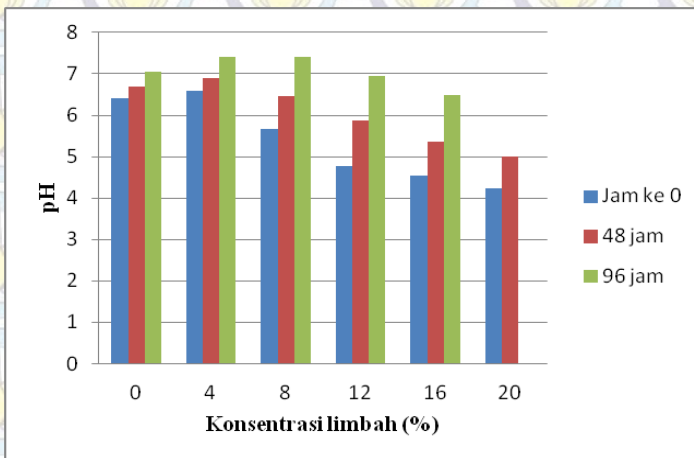
Gambar 4.22 Rata-rata pH pada range finding test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3

Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui pH limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila mengalami penurunan untuk masing-masing reaktor pada pH awal, Semakin besar nilai konsentrasi toksikan maka pH air semakin menurun. Konsentrasi 4 % sampai dengan 40 % pH awal mengalami penurunan pH mencapai 7,99 sampai dengan 6,37. Tiap harinya pH mengalami peningkatan pada konsentrasi 4 % pH awal mencapai 7,99, hari ke 2 mencapai 7,84 dan hari ke 4 mencapai 8,00. Konsentrasi 8 % sampai dengan 40 % mengalami peningkatan untuk tiap harinya pH air menjadi netral. Air limbah industri tahu pada ikan nila pH nya masih memenuhi kriteria lingkungan hidup ikan nila di dalam perairan limbah industri, tiap konsentrasi tiap harinya mengalami peningkatan.

Pengamatan di atas, diketahui pH limbah cair industri tahu ≤ 70 pada kayu apu mengalami penurunan untuk masing masing reaktor pada pH awal. Konsentrasi 4 % sampai dengan 20 % mencapai 7,06 sampai dengan 5,73. Tiap harinya pH air mengalami peningkatan konsentrasi 4 % pH awal mencapai 7,06, hari ke 2 mencapai 7,14 dan hari ke 3 mencapai 7,58. Konsentrasi 8 % sampai dengan 20 % mengalami peningkatan untuk tiap harinya pH air menjadi netral. pH awal konsentrasi 16 % sampai dengan 20 % mencapai 5,99 sampai dengan 5,73 bersifat asam hal ini akan mengakibatkan kematian biota uji. Tiap harinya media air pH kayu apu mengalami peningkatan hal ini disebabkan oleh aktivitas penyerapan H^+ oleh tumbuhan untuk metabolisme sehingga pada air limbah tersisa ion OH^- yang menyebabkan air limbah menjadi netral. Dapat disimpulkan kematian biota uji bukan karena faktor lingkungan yaitu pH. Limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 yang bersifat mematikan karena faktor lingkungan, rata-rata pH pada biota uji kayu konsentrasi 16 % sampai dengan 20 %. Rata-rata pH pada limbah ≥ 70 mg/L NH_3 pada biota uji ikan nila dan kayu apu dapat dilihat pada Gambar 4.23 dan 4.24 sebagai berikut:



Gambar 4.23 Rata-rata pH pada acute toxicity test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3



Gambar 4.24 Rata-rata pH pada acute toxicity test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui pH limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila mengalami penurunan untuk masing-masing reaktor pada pH awal, Semakin besar nilai konsentrasi toksikan maka pH air semakin menurun. Konsentrasi 4 % sampai dengan 20 % pH awal mengalami penurunan pH mencapai 7,52 sampai dengan 4,61. Tiap harinya pH mengalami peningkatan pada konsentrasi 4 % pH awal mencapai 7,52, hari ke 2 mencapai 7,77 dan hari ke 4 mencapai 8,02. Konsentrasi 8 % sampai dengan 20 % mengalami peningkatan untuk tiap harinya pH air menjadi netral.

Air limbah industri tahu konsentrasi 20 % pada media air ikan nila pH awal tidak memenuhi kriteria lingkungan hidup ikan nila karena bersifat asam. Kematian biota uji pada konsentrasi 20 % disebabkan oleh faktor lingkungan yaitu pH, ketika insang berada pada pH rendah, peningkatan lendir akan terlihat pada permukaan insang dan menyebabkan penurunan difusi oksigen pada lamela insang kisaran pH yang cocok untuk kehidupan ikan nila adalah 5-9. Batas rendah yang menyebabkan kematian ikan adalah pH 4 dan tertinggi 11 (Ghufran *et al*, 2007).

Pengamatan di atas, diketahui pH limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada media air kayu apu mengalami penurunan untuk masing masing reaktor pada pH awal. Konsentrasi 4 % sampai dengan 20 % mencapai 6,58 sampai dengan 4,23. Tiap harinya pH mengalami peningkatan pada konsentrasi 4 % pH awal mencapai 6,58, hari ke 2 mencapai 6,89 dan hari ke 4 mencapai 7,04. Konsentrasi 8 % sampai dengan 20 % mengalami peningkatan untuk tiap harinya pH air menjadi netral. Konsentrasi 8 % pada pH awal dan sampai dengan 20 % pH awal hingga pH hari ke dua bersifat asam. Limbah cair industri tahu yang paling berbahaya di buang secara langsung ke lingkungan adalah whey merupakan hasil samping proses penggumpalan dan kandungan organiknya sangat tinggi sehingga pHnya rendah karena mengandung

cuka sisa bahan untuk pembuatan tahu (Suryandono, 2004). Namun untuk tiap harinya pH mengalami peningkatan pH bersifat menjadi netral.

Berdasarkan hasil pengamatan di atas dapat disimpulkan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada media air ikan nila rata-rata pH sangat mendukung sedangkan untuk media air kayu apu konsentrasi 16 % sampai dengan 20 % pH awal faktor lingkungan tidak mendukung kehidupan biota uji kayu apu, sehingga kematian biota uji disebabkan faktor lingkungan pH. Berbeda halnya dengan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 kematian biota uji pada media air ikan nila konsentrasi 16 % sampai dengan 20 % dengan pH awal yang bersifat asam sedangkan untuk media air kayu apu rata-rata pH yang mematikan pada konsentrasi 8 % pH awal dan konsentrasi 12 % sampai dengan 20 % pH awal dan hari ke 2 faktor lingkungan pH yang tidak mendukung kehidupan biota uji kayu apu.

Industri tahu merupakan bahan organik yang sangat tinggi dan mengandung protein sehingga mengakibatkan penurunan daya lingkungan yang berdampak kematian organisme air, terjadinya alga blooming sehingga menghambat pertumbuhan tanaman air, pertumbuhan ikan dan menimbulkan bau (Rossiana, 2006). Menurut Gautomo (2002), aktivitas ikan yang memproduksi asam dan adanya proses respirasi ikan yang mengeluarkan CO_2 akan menurunkan pH, selain itu terdapat zat organik yang banyak maka pH akan semakin menurun. Kenaikan pH pada ikan nila yang terjadi dikarenakan adanya aerasi bersifat kontinyu yang menghasilkan CO_2 , Amonia dan bahan organik lainnya hingga karbondioksida (dalam gas bersifat asam) adanya penurunan H^+ dalam air sehingga meningkatkan pH air (Sawyer, 2003).

Konsentrasi untuk tiap harinya mengalami peningkatan pH hal ini disebabkan oleh aktivitas penyerapan H^+ oleh tumbuhan untuk metabolisme sehingga pada air limbah tersisa ion OH^- yang menyebabkan air limbah menjadi netral. Nilai

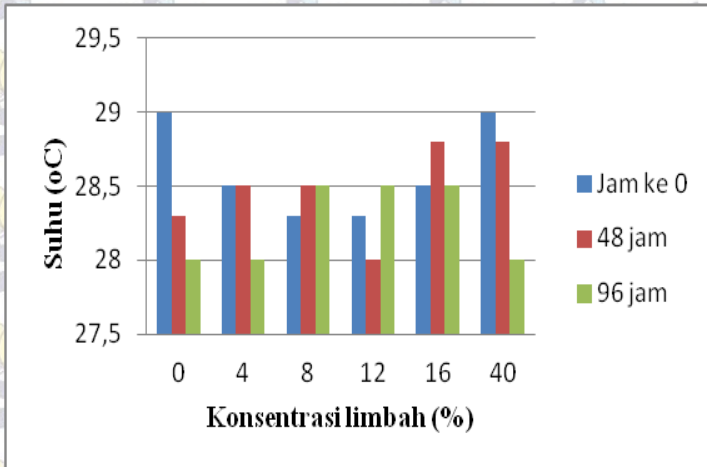
pH berpengaruh dengan adanya proses fotosintesis , denitrifikasi, serta pemecahan nitrogen organik Haryati *et al.* (2012). pH dipengaruhi oleh adanya CO₂. Penguraian CO₂ di dalam air akibat fotosintesis menyebabkan tingginya pH air.

B. Temperatur

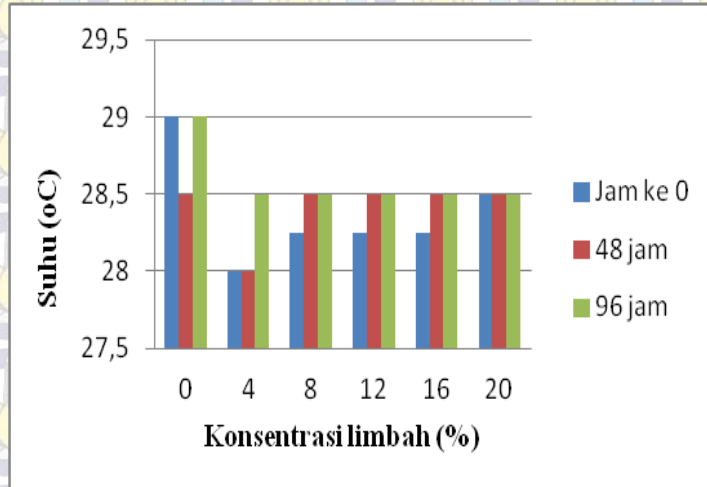
Temperatur merupakan salah satu faktor yang penting dalam penanganan limbah. Limbah cair industri tahu mencapai 35°C - 40 °C. Tingginya suhu pada limbah cair industri tahu disebabkan pada saat perebusan menggunakan air yang panas sehingga mengakibatkan naiknya suhu air limbah cair industri tahu. Temperatur air mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pertukaran zat (metabolisme) pada makhluk hidup. Disamping itu suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap jumlah oksigen terlarut dalam air (Permana, 2003). Suhu merupakan faktor penentu kerja enzim perombak alkilbensensulfonat. Suhu yang terlalu tinggi dan terlalu rendah dapat menyebabkan enzim yang berupa protein akan mengalami denaturasi.

Suhu air sangat dipengaruhi daya tahan biota uji dikarenakan setiap makhluk hidup mempunyai daya tahan tubuh yang berbeda-beda dan menghasilkan suhu lingkungan yang sangat berpengaruh pada lingkungan hidup biota uji, apabila suhu lingkungan air tidak memenuhi kriteria hidup biota uji mengalami kematian.

Menurut Tjitrosoepomo (2000), kayu apu memiliki bentuk morfologi yang menutupi seluruh permukaan media. Tubuh kayu apu mempengaruhi penurunan suhu pada limbah cair industri tahu. faktor hidup lingkungan bagi biota uji. Suhu lingkungan pada ikan nila (27°C – 29°C) dan kayu apu (6°C – 33°C). Suhu untuk biota uji ikan nila yang mematikan dengan cepat pada suhu 9 °C dan suhu mematikan pada kayu apu 35 °C - 40 °C. Adapun hasil penelitian (pada Lampiran B.21). Sedangkan rata-rata suhu pada limbah ≤ 70 mg/L NH₃ pada *acute toxicity test* dapat dilihat pada Gambar 4.25 dan 4.26 sebagai berikut:



Gambar 4.25 Rata-rata Suhu pada acute toxicity test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$

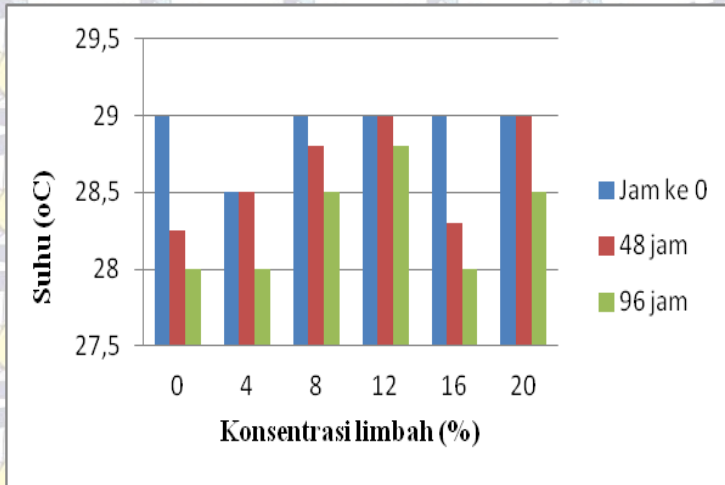


Gambar 4.26 Rata-rata Suhu pada acute toxicity test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$

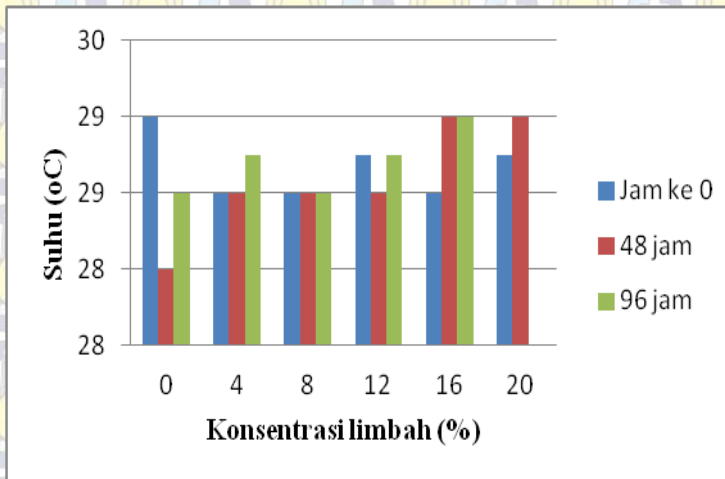
Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui rata-rata suhu awal limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada media air ikan nila mengalami penurunan konsentrasi 4 % sampai dengan 12 % mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $28,3^{\circ}\text{C}$. Konsentrasi 16 % sampai dengan 40 % mengalami peningkatan mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ sampai dengan 29°C . Tiap harinya mengalami penurunan dan peningkatan, namun konsentrasi 4 % tiap harinya suhu stabil. Hal ini bergantung dengan daya tahan tubuh ikan nila, temperatur air ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Semakin tinggi temperatur air kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

Peningkatan dan penurunan suhu pada *acute toxicity test* masih memenuhi faktor lingkungan biota uji pada ikan nila. Sehingga kematian biota uji pada industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 bukan disebabkan pengaruh Suhu. Kriteria suhu lingkungan di perairan pada ikan nila $20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$.

Pengamatan limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada media air kayu apu mengalami peningkatan. Konsentrasi 4 % sampai dengan 20 % suhu awal mencapai 28°C namun, konsentrasi 20 % mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$. Tiap harinya suhu mengalami stabil dan peningkatan. konsentrasi 4 % suhu awal 28°C , hari ke 2 mencapai 28°C dan hari ke 4 mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$. Suhu awal konsentrasi 8 % mencapai $28,3^{\circ}\text{C}$, hari ke 2 mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ dan hari ke 3 mencapai $^{\circ}\text{C}$. Konsentrasi 12 % sampai dengan 20 % suhu tiap harinya mengalami peningkatan sama seperti halnya konsentrasi 8 %. Suhu limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 masih memenuhi kriteria kelangsungan hidup makhluk hidup. Suhu media air pada biota uji ikan nila dan kayu apu mempunyai suhu yang berbeda-beda. Disimpulkan bahwa limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 faktor lingkungan yaitu suhu tidak mempengaruhi kematian biota uji ikan nila dan kayu apu. Suhu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada biota uji ikan nila dan kayu apu dapat dilihat pada Gambar 4.27 dan 4.28 sebagai berikut:



Gambar 4.27 Rata-rata Suhu pada acute toxicity test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3



Gambar 4.28 Rata-rata Suhu pada acute toxicity test pada biota uji kayu apu limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

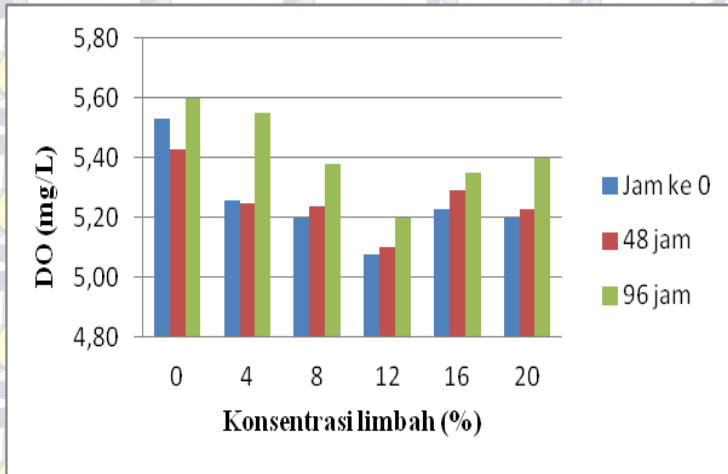
Berdasarkan pengamatan di atas, diketahui rata-rata suhu awal limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada media air ikan nila mengalami peningkatan. Konsentrasi 4 % sampai dengan 20 % mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ sampai dengan 29°C . Tiap harinya suhu mengalami stabil dan penurunan, konsentrasi 4 % suhu awal $28,5^{\circ}\text{C}$, hari ke 2 mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ dan hari ke 3 mencapai 28°C . Konsentrasi 8 % sampai dengan 20 % suhu awal mengalami stabil mencapai 29°C . Konsentrasi 8% suhu awal mencapai 29°C , hari ke 2 mencapai $28,8^{\circ}\text{C}$, dan hari ke 4 mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$.

Pengamatan limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada media air kayu apu mengalami peningkatan penurunan. Konsentrasi 4 % sampai dengan 12 % suhu awal mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $28,8^{\circ}\text{C}$ namun konsentrasi 16 % suhu awal mengalami penurunan mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$. Tiap harinya mengalami stabil, penurunan dan peningkatan. Konsentrasi 4 % suhu awal mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$, hari ke 2 mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$ dan hari ke mencapai $28,8^{\circ}\text{C}$. Konsentrasi 8 % suhu awal sampai dengan hari ke 4 mencapai $28,5^{\circ}\text{C}$. Konsentrasi 12 % suhu awal mencapai $28,8^{\circ}\text{C}$, hari ke 2 mencapai $28,5$ dan hari ke 4 mencapai $28,8^{\circ}\text{C}$. Konsentrasi 16 % sampai dengan 20 % tiap harinya suhu mengalami peningkatan mencapai 29°C .

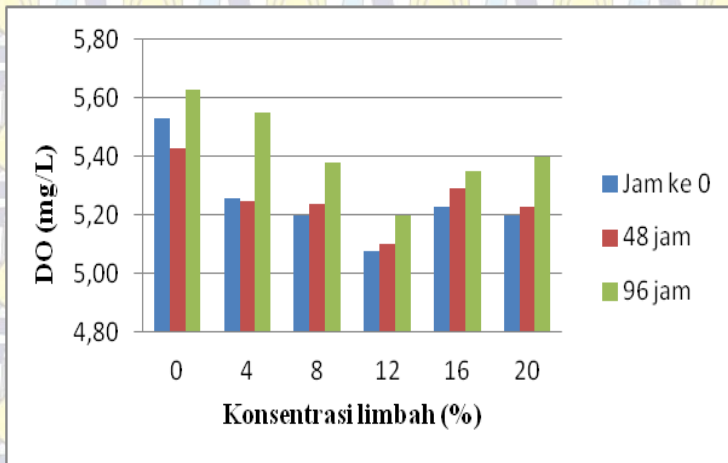
Disimpulkan bahwa limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 faktor lingkungan yaitu Suhu tidak mempengaruhi kematian biota uji ikan nila dan kayu apu.

C. Dissolved Oxygen (DO)

Kebutuhan oksigen pada limbah cair industri tahu tahap *acute toxicity test* diperiksa tiap 2 hari sekali untuk mengetahui apakah oksigen dalam air telah memenuhi. Untuk memenuhi oksigen, setiap sambungan kompresor diberi selang dan di percabang. Tiap percabangan selang kebutuhan oksigen air terlarut masih memenuhi kriteria lingkungan hidup biota uji. Adapun *Dissolved Oxygen* (DO) data (pada Lampiran B.22). Sedangkan rata-rata oksigen pada Gambar 4.29 dan 4.30 sebagai berikut:



Gambar 4.29 Rata-rata DO pada acute toxicity test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3



Gambar 4.30 Rata-rata DO pada acute toxicity test pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3

Dissolved oxygen (DO) pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 masih mencukupi lingkungan hidup ikan nila. Disimpulkan bahwa limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≤ 70 mg/L NH_3 rata-rata *Dissolved Oxygen* (DO) mengalami penurunan untuk DO awal tiap konsentrasi. Selama pengujian kebutuhan oksigen disuplai dengan kompresor sehingga kebutuhan oksigen semakin meningkat, kematian biota uji bukan akibat kekurangan oksigen terlarut.

2. Sifat Fisik Kimia Toksikan

A. COD

Limbah cair industri tahu mengandung COD yang tinggi dikarenakan tebalnya lapisan bahan organik pada lokasi tersebut (Ghufran *et al.*, 2007). Kandungan COD yang tinggi dapat diartikan mempunyai kandungan organik dalam limbah yang tinggi, sehingga akan menurunkan kadar oksigen dalam air. Biota uji pada ikan nila dan kayu apu merupakan biota uji yang hidup di perairan pada Kali Surabaya dengan kisaran kandungan COD 4,00 – 97,00 mg/L (Budiarta dan Wasiadi, 2002). Pada *acute toxicity test* ikan nila dilihat pada konsentrasi pertama dan akhir terlihat bahwa nilai COD limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3 replika A pada ikan nila (123,52-1235,2 mg/L), COD limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3 replika A pada kayu apu (123,52-617,6 mg/L) limbah cair tahu ≥ 70 mg/L NH_3 replika A pada ikan nila dan kayu apu (184,16-920,8 mg/L) bisa dikatakan COD melebihi ambang batas baku mutu. Sehingga dapat disimpulkan kematian biota uji pada ikan nila dan kayu apu pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 dengan kandungan *acute toxicity test* disebabkan karena COD yang tidak mendukung dengan kehidupan biota uji. Kandungan Limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada replika B dapat dilihat pada (Lampiran B.13 sampai dengan B.18). Namun kandungan DO > 5 mg/L (dengan adanya aerasi pada biota uji ikan nila) selama pengujian, sangat mungkin menyebabkan terjadinya

penguraian COD sehingga nilai COD pada akhir pengujian menjadi lebih rendah. Oleh karena itu, tingginya nilai konsentrasi terkecil pada biota uji ikan nila tidak dapat dikatakan sebagai satu-satunya penyebab kematian pada ikan nila. Sedangkan nilai kadar COD yang tinggi menyebabkan kematian pada ikan nila dikarenakan nilai DO yang akan menurun.

D. TSS

TSS limbah cair tahu yang mempunyai kadar organik yang tinggi. Kadar organik yang tinggi pada proses pembuatan tahu ini pada asam cukaanya hal ini akan mengakibatkan toksik bagi kehidupan biota air. Partikel tersuspensi (TSS) pada *acute toxicity test* ikan nila dilihat pada konsentrasi pertama dan akhir terlihat bahwa nilai TSS limbah ≤ 70 mg/L NH_3 replika A pada ikan nila (16,8-168 mg/L) limbah ≤ 70 mg/L NH_3 pada kayu apu replika A (16,8-84 mg/L), TSS limbah ≥ 70 mg/L NH_3 replika A pada ikan nila dan kayu apu (3,2-16 mg/L). Sehingga dapat disimpulkan kematian biota uji pada ikan nila dan kayu apu pada limbah ≤ 70 mg/L NH_3 kematian biota uji bukan dikarenakan kandungan TSS.

Kadar TSS pada limbah cair pabrik tahu telah cukup berpotensi untuk menimbulkan penyumbatan dan kerusakan pada insang ikan, sehingga proses pernafasan ikan akan terganggu akan mengalami hypoksia (kondisi dimana ikan kekurangan oksigen) dan akan berakibat kematian pada ikan nila. Menurut Makruf (2003) bahwa peningkatan material tersuspensi maupun terlarut limbah memiliki potensi untuk merusak insang. Kadar TSS yang berlebih sangat berpengaruh pada kayu apu akan mengganggu proses tumbuh dengan baik dan terhambat disebabkan kandungan TSS yang berlebihan akan mengakibatkan kematian.

C. Ammonia (NH_3)

Kadar amonia (NH_3) yang sangat berlebihan akan mengakibatkan toksik bagi perairan. Kadar amonium tinggi.

pada ikan menyebabkan kerusakan insang. Efek pada kayu akan mengakibatkan kerontokan daun dan mengakibatkan daun kuning, berjamur. Ammonia (NH_3) masuk ke dalam tubuh kayu apu melalui akar sehingga pertumbuhan kayu apu akan terhambat. Dari hasil penelitian pada *acute toxicity test* pada biota uji ikan nila dan kayu apu Ammonia (NH_3) pada *acute toxicity test* ikan nila dilihat pada konsentrasi pertama dan akhir terlihat bahwa nilai NH_3 limbah ≤ 70 mg/L NH_3 replika B pada ikan nila (2,52-25,28 mg/L), kayu apu replika B (2,52-12,59 mg/L) dan limbah ≥ 70 mg/L NH_3 replika B pada ikan nila dan kayu apu (3,49-17,43 mg/L). Di dalam peraturan SK Gubernur Jatim 72/2013 Ammonia (NH_3) memiliki baku mutu 6-9 di dalam perairan. Bila dibandingkan beban pencemaran limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 limbah cair tersebut sangat berbahaya bagi kehidupan biota air dikarenakan kandungan kadar ammonia NH_3 dalam industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 dalam limbah melebihi ambang batas.

Pemberian pakan dengan asam amino yang berlebih dapat menyebabkan katabolisme asam amino serta dengan ekskresi ammonia dalam jumlah besar, Hal ini akan mengakibatkan kematian ikan di perairan atau mengganggu kehidupan biota air. Secara alami limbah budidaya ikan akan menghasilkan ammonia (NH_3) dari pakan yang tidak termakan, urin dan feses. Jenis ikan nila biasanya mengeluarkan ammonia lebih banyak dibandingkan dengan ikan air laut. Menurut (Floyd et al., 2009) kadar NH_3 0,2 – 2,0 mg/L dalam waktu singkat akan bersifat racun bagi ikan. Efek racun yang ditimbulkan ammonia pada ikan nila menyebabkan kerusakan insang, ginjal limfa, jaringan tiroid dan darah ikan (Boyd, 200).

Kayu apu memiliki unsur protein yang ada di dalam tubuh. Efek racun yang ditimbulkan ammonia pada kayu apu menyebabkan kerusakan daun menjadi kuning dan kerontokan daun. Belum dipastikan bahwa kematian biota uji diakibatkan

NH₃, maka perlu dipastikan berapa konsentrasi NH₃ yang terserap dalam biota uji baik ikan nila atau kayu apu.

Analisis Berat Kering

Berat kering menyatakan kandungan senyawa organik atau biomasa tumbuhan (Mangkoedihardjo dan Samudra, 2010). Pengukuran analisis ini dilakukan di akhir penelitian variasi konsentrasi 0 % (control), 4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 % dengan cara destruktif, mencabut tumbuhan pada medianya. Tumbuhan diletakkan pada cawan porselen. Berat kering didapatkan dari berat tumbuhan setelah dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Hasil analisis berat tumbuhan dapat dilihat (pada Lampiran B.23)

Berat Basah Tumbuhan

Perlakuan untuk berat basah dengan menaruh biota uji kayu apu ke cawan porselen dan menimbanginya ke neraca analitik untuk mengetahui berat basah biota uji. Berat basah pada kayu apu dapat dilihat (pada Lampiran B.23)

4.5 Perhitungan LC-50, 96jam

Nilai LC-50 digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Lithfield-Wilcoxon Abbreviated Method*. Metode ini dipakai apabila harus ada efek akut parsial dalam pengujian, memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC-50 sehingga data benar-benar terpenuhi.

4.5.1 LC-50 Ikan nila pada limbah ≤ 70 mg/L NH₃

Perhitungan LC-50, 96 jam untuk ikan nila pada limbah ≤ 70 mg/L NH₃ sebagai berikut:

1. Data yang didapatkan pada tahap acute toxicity test digunakan untuk menghitung prosentase proporsi kematian. Contoh perhitungan dapat dilihat pada (Lampiran A.1). Rumus proporsi kematian adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{\sum \text{mortalitas}}{\sum \text{biota}} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Contoh perhitungan :

Untuk konsentrasi toksikan 4 % pada biota uji ikan nila limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 :

$$\Sigma \text{ mortalitas} = 1 \text{ ekor}$$

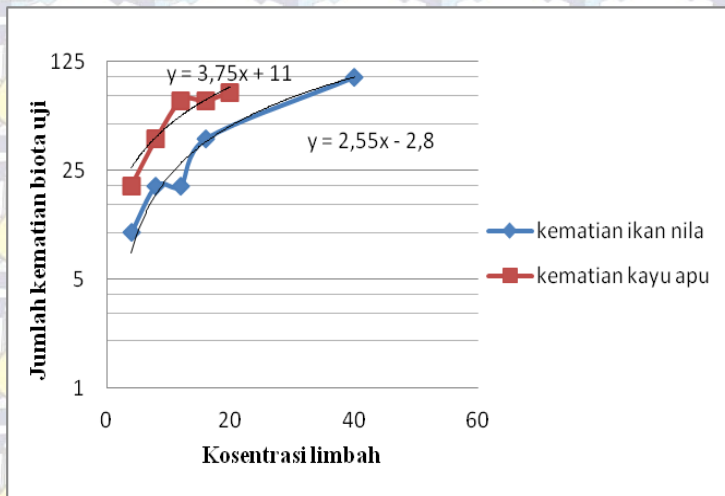
$$\Sigma \text{ biota} = 10 \text{ ekor}$$

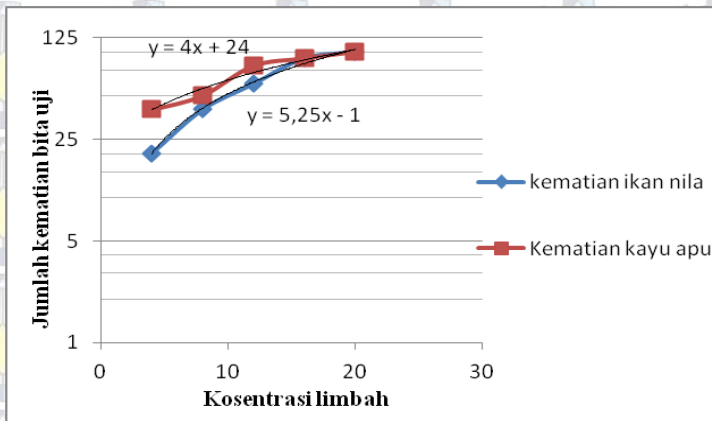
Sehingga :

$$R = \frac{1}{10} \times 100 \% \\ = 1$$

Hasil perhitungan proporsi kematian dapat dilihat (pada Lampiran B.24 sampai dengan B.25).

- Masukkan konsentrasi toksikan dan proporsi respon biota pada grafik-grafik log-log serta carilah garis korelasinya dengan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan. Adapun hasil pada point perhitungan ini ditampilkan Gambar 4.31 sebagai berikut:





Gambar 4.31 Grafik log-log konsentrasi proporsi harapan pada biota uji limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

- Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan konsentrasi toksikan (sebagai x) dalam persamaan garis kolerasi $y = 2,55x - 2,8$. Dapat dilihat pada (Lampiran A.2). Contoh perhitungan untuk konsentrasi toksikan 4 % proporsi kematian (x) : 10 maka:

$$Y = 2,55x - 2,8$$

$$\text{RH} = 2,55 \times 4 - 2,8$$

$$\text{RH} = 7$$

- Menghitung Chi^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf Chi^2 yang dapat dilihat pada lampiran. Contohnya untuk konsentrasi toksikan 4 % dari nomograf $\text{Chi}^2 = 0,012$. Adapun hasil selengkapnya dapat dilihat (pada Lampiran B.22).
- Selanjutnya setelah didapat jumlah Chi^2 , perhitungan Chi^2 dapat dilihat pada (Lampiran A.3). Contoh perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Chi}^2 \text{ perhitungan} &= (\Sigma \text{Chi}^2) \times \left(\frac{\Sigma \text{biota}}{\Sigma \text{toksikan}} \right) \\
 &= 0,773 \times \frac{50}{5} \\
 &= 7,73
 \end{aligned}$$

6. Menghitung tingkat kebenaran (N) sebagai diperoleh nilai Chi^2 dibandingkan dengan Chi^2 perhitungan :
- Jika Chi^2 perhitungan (95%) maka garis korelasi konsentrasi toksikan harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
 - Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi Chi^2 perhitungan $< \text{Chi}^2$ (95%).
 - Jika dengan banyak pengulangan masih belum memenuhi Chi^2 perhitungan $< \text{Chi}^2$ (95%), maka uji ekotoksitas harus diulang.

Tingkat kebenaran (N) diperoleh dengan cara :

$$N = K - 2 = 5 - 2 = 3$$

Keterangan K merupakan :

Jumlah konsentrasi toksikan pada biota uji

Maka nilai $N = 3 \rightarrow \text{Chi}^2$ (95%) = 7,82

Berdasarkan tabel 4,21 tercantum pada lampiran berikut, dengan $N = 2$, diperoleh Chi^2 0,773 karena nilai Chi^2 perhitungan (0,773) $< \text{Chi}^2$ 95% (7,82), maka garis konsentrasi toksikan dapat diterima dan perhitungan dapat dilanjutkan.

Tabel 4.7 Nilai Chi^2 untuk batas kepercayaan 95%

Tingkat Kebenaran (N)	Chi^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 : Mangkoedihardjo, 1999

7. Menghitung LC-50, 96 jam berikut batas- batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.

a) Dari persamaan garis kolerasi dapat ditentukan nilai :

$$LC - 45 = 18,7$$

$$LC - 50 = 20,7$$

$$LC - 55 = 22,7$$

- b) Menentukan kemiringan garis korelasi konsentrasi proporsi harapan (pada Lampiran A.4). Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S &= \left(\frac{LC\ 55}{LC\ 50} + \frac{LC\ 50}{LC\ 45} \right) \times \frac{1}{2} \\
 &= \left(\frac{LC\ 22,7}{LC\ 20,7} + \frac{LC\ 20,7}{LC\ 18,7} \right) \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

- c) Menghitung faktor LC-50 dengan persamaan sebagai berikut :

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

- d) Menentukan batas- batas kepercayaan 95% LC-50 :

$$\begin{aligned}
 \text{- Batas atas} &= LC-50 \times f \\
 &= 20,7 \times 1,1 = 21,9 \\
 \text{- Batas bawah} &= LC-50 / f \\
 &= 20,7 / 1,1 = 19,6
 \end{aligned}$$

LC-50,96 jam tumbuhan kayu apu = 20,7% $\pm$ 1,2%

Dengan demikian, nilai LC-50,96 jam untuk masing masing biota uji pada limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 dinyatakan sebagai berikut.

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH_3 :

- a) Nilai LC-50,96 jam untuk ikan nila : $(20,7 \pm 1,2)\%$
- b) Nilai LC-50,96 jam untuk kayu apu : $(10,4 \pm 0,8)\%$

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH_3 :

- a) Nilai LC-50,96 jam untuk ikan nila : $(9,7 \pm 0,6)\%$
- b) Nilai LC-50,96 jam untuk kayu apu : $(6,5 \pm 0,8)\%$

Berdasarkan klasifikasi LC-50 menunjukkan bahwa limbah cair industri tahu merupakan sangat bahaya bagi kehidupan biota perairan karena tanpa diolah sebelum di buang ke badan air, khususnya pada limbah industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 merupakan kandungan toksik lebih besar daripada limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 .

4.6 Zat Pencemar Dalam Tubuh Biota Uji

Zat pencemar masuk ke dalam tubuh jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan, pencernaan, penetrasi kulit. Kandungan amonium (NH_3) masuk ke dalam tubuh ikan akan mengalami pembengkakkan insang dan kayu apu akan mengalami terhambatnya proses respirasi sel. Masuknya zat pencemar dalam biota uji ke dalam kayu apu melalui akar hingga masuk ke sel-sel jaringan tumbuhan. Dapat disimpulkan bahwa kadar amonium yang berlebihan akan bersifat toksik bagi biota uji dan akan mengakibatkan kematian.

4.6.1 Penyerapan NH_3 dalam tubuh biota uji

Pada tahap akhir acute toxicity test, biota uji yang terpapar dengan adanya pencemaran NH_3 didalam tubuhnya. Adapun hasil penyerapan NH_3 yang diakumulasikan dalam tubuh biota uji yang tercantum pada (Lampiran B.23). Berdasarkan hasil penelitian yang tercantum pada lampiran

B.23 biota uji menyerap NH_3 di dalam ikan nila dan kayu apu. NH_3 ini ada dikarenakan limbah industri cair tahu mengandung NH_3 . Adanya NH_3 di dalam ikan nila dan kayu apu dan diperlakukan pada kontrol, dikarenakan sebelumnya ikan nila dan kayu apu mempunyai komposisi tersendiri NH_3 di dalam tubuhnya. Pada ikan nila konsentrasi limbah yang terserap lebih besar bila dibandingkan dengan kayu apu. Kadar NH_3 pada limbah $\leq 70 \text{ mg/L}$ NH_3 lebih kecil dibandingkan dengan kadar NH_3 pada limbah $\geq 70 \text{ mg/L}$ NH_3 . Hal ini disebabkan limbah cair industri tahu memakai asam cuka yang berlebihan sehingga menimbulkan bau dan toksik bagi kehidupan biota uji. Berdasarkan nilai NH_3 yang terserap masih terlalu kecil untuk mematikan biota uji, diakumulasikan dalam tubuh dan makin lama dapat merusak jaringan. Besarnya biokonsentrasi dalam tubuh ikan nila dan kayu apu sebanding dengan besarnya *bioconcentration factor* (BCF) yang dinyatakan dalam perbandingan konsentrasi zat dalam biota uji dengan konsentrasi zat dalam air pada (Lampiran B.24). Contoh perhitungan nilai BCF dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{BCF} = \frac{(\text{NH}_3 \text{ dalam ikan})}{(\text{NH}_3 \text{ dalam air})}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{BCF ikan nila pada limbah} &< 70 \text{ mg/L } \text{NH}_3 \\ - \text{BCF dalam limbah } 4 \% &= \frac{(3,75 \text{ mg/L})}{(2,52 \text{ mg/L})} \\ &= 1,49 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan BCF NH_3 pada biota uji cukup besar sehingga kemungkinan besar biota uji mengalami kematian dikarenakan nilai NH_3 yang berlebihan. Semakin besarnya nilai NH_3 dapat diartikan semakin besarnya kemampuan biota uji menyerap dan mengakumulasikan dalam tubuh.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dari penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Industri limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila LC-50 ($20,7 \pm 1,2$)% dan kayu apu L-50 ($10,4 \pm 0,8$)%. Industri limbah cair tahu ≥ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila LC-50 ($9,7 \pm 0,6$)% dan kayu apu L-50 ($6,5 \pm 0,8$)%.
2. Kandungan NH_3 limbah cair industri tahu menyebabkan toksik sehingga dapat disimpulkan ikan dan kayu apu mengalami kematian dikarenakan biota uji yang terakumulasi NH_3 di dalam tubuhnya. Konsentrasi 4 % kandungan NH_3 limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3 pada ikan nila 1,49 mg/L ; konsentrasi 40 % sebesar 0,25 mg/L, kayu apu konsentrasi 4 % sebesar 0,43 mg/L ; konsentrasi 20 % sebesar 0,15 mg/L. Limbah cair industri tahu ≥ 70 mg/L NH_3 konsentrasi 4% pada ikan nila sebesar 2,41 mg/L ; konsentrasi 4 % sebesar 1,72 mg/L , kayu apu konsentrasi 20 % sebesar 1,48 mg/L , kayu apu konsentrasi 4 % sebesar 1,72 mg/L ; kayu apu konsentrasi 20 % sebesar 0,38 mg/L.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang perlu untuk penelitian berikutnya dan dari hasil penelitian adalah jika diterapkan dalam industri tahu, perlu adanya pengolahan limbah lanjutan setelah keluar dari IPAL sebelum diolah dengan proses ini dikarenakan limbah industri tahu sangat toksik bagi kehidupan biota air.

“Halaman ini sengaja dikosngkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguno, G. 2004. " Uji Toksisitas Limbah Cair Tahu Pada Ikan Nila dan Ikan Tawes". **Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS. Surabaya.**
- Afriyanto, E dan Liviawaty, E. 2006. "Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan". **Kansius. Yogyakarta.**
- APHA. 2000. "Standar Method for The Examination of Water and Waste water American Public Health Association, American Public Health Association. **American Water Works Association and Water Polution Control Federation 19th edition". Washington D.C.**
- APHA, AWWA, WPCF. 2005. "Toxicity test method for aquatic organism Standard metod 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.**
- Boyd,C., E. 1990. " Water Quality In Ponds for Aququculture". **Birmingham Publishing Co : Birmingham Alabama.**
- Broeg, K. dan Lehtonen K., K. 2006. "Indices for the assessment of environmental pollution of the Baltic Sea coasts: integrated assessment of a multi-biomarker approach". **Marine Pollution Bulletin, Vol. 53, pp: 508-522.**
- CETIS. 2009. "Comprehensive Environmental Toxicity Information System: Users Manual. Tidepool Scientific Software, McKinleyville, CA.
- Effendi, H. 2003. "Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan". **Kanisius: Yogyakarta.**
- Fitria, L., Suwondo, dan Zulfarina. 2012. "Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Typha angustifolia dalam Sistem Lahan Basah Buatan Sebagai Sumber Belajar Konsep Pencemaran Lingkungan Bagi Siswa Sma Kelas X".

**Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas:
Riau.**

Floyd.R.F., Watson. C., Petty.D.B. 2009. "Ammonia in aquatic system". **Food and Agriculture Organization of United Nations. Butterworths: London**

Gautomo, A. 2002. "Uji Toksisitas Limbah Cair Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dan Ikan Tawes (*Puntius Javanicus*)". **Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS.**

Ghufran, H., Kordi, K., dan Andi, B., T. 2007. "Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. **Rineka Cipta : Jakarta.**

Haryati, M., Purnomo, T., dan Kuntjoro, S. 2012. "Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda". **Jurusan Biologi-FMIPA Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.**

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

Ireland, H.E., Harding, S.J., Bonwick, G.A., Jones, M., Smith C.J., dan Williams, J.H. 2004. "Evaluation of heat shock protein 70 as a biomarker of environmental stress in *Fucus serratus* and *Pista stratiotes*. *Biomarkers*". **Vol. 9, pp: 139-155**

ISO/DIS. 2007. "Water quality-determination of the toxic effect of water constituents and waste water to kayu apu (*Pista stratiotes*)- *Pista stratiotes* growth inhibition test". **ISO TC 147/SC 5/WG 5.**

Kamal , A.Md.M. dan Mair, G.C. 2005. "Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids". **Aquacult, Vol. 247, pp: 189-201.**

Kaswinarni, F. 2007. "Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu". **Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro: Semarang.**

King, J.M. dan Coley, K.S. 2000. "Toxicity of aqueous extracts of natural and synthetic oils to three species of *Pista stratiotes*". **Spec. Tech. Publ. Vol. 891, American Soc. Testing & Materials: Philadelphia.**

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

Makruf, F.H. 2003. Uji Toksisitas Sub Letal Air Limbah Industri Menggunakan Ikan Nila Sebagai Alat Pemantauan Biologi. **Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.**

Mangkoediharjo, S. (1999). "Ekotoksikologi Keteknikan". **Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.**

Matysik, J., Alia Bhalu, B., Mohanty P. 2002. " Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants" **Curr Sci. Vol. 82, pp: 525–532.**

Metcalf dan Eddy, Inc. 2003. "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. **McGraw-Hill, Inc: USA.**

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.**

Perfus-Barbeoch L., Leonhardt, N., Vavasseur, A., Forestier, C. 2002. "Heavy metal toxicity cadmium permeates through calcium channels and disturbs the plant water status". **Plant, Vol 32, pp: 539–548.**

Permana, D. 2003. "Keanekaragaman Makrobentos di Bendungan Bapang dan Bendungan Ngablabaan Sragen". **Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret : Surakarta.**

- Radic, S. 2011. "Kayu apu Lemna minor as a tool for testing toxicity and genotoxicity of surface waters, Ecotoxicology and environmental safety". **Vol. 74, pp: 182–187.**
- Randall, D.J. dan Tsui, T. K. N. 2002. "Ammonia toxicity in fish. **Marine Pollution Bulletin, Vol. 45, pp: 17-23.**
- Reddy, K.R. dan Smith, W.H. 2002. "Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery". **Magnolia Publishing Inc., Orlando, FL, pp: 1032.**
- Ren. 2004. "Assessing wastewater toxicity to activated sludge: recent research and developments". **Environ Int, Vol. 30, pp: 1151–1164.**
- Rossiana, N. 2006. "Uji toksisitas Limbah Cair Tahu Sumedang Terhadap Reproduksi *Daphiana Carianata* KING". **Jurnal Biologi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjajaran: Bandung.**
- Samudro, G. Dan Mangkoedihardjo, S. 2010. "Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio : A Triangle zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels". **International Journal of Academic Research vol.2 No.4 July 2010.**
- Smith, A.H., Odenyo, A.A., Osuji, P.O., Walig, M.A., Kandil, F.E., Seiger, D.S. dan Mackie, R.J. 2001. "Evaluation of toxicity of acacia angustissima in rat bioassay". **Anim Feed Sci Tech, Vol. 91, pp: 41-58.**
- Suryandono, A.G., 2004. " Identifikasi Laju Produksi Biogas pada Pengelolaan Limbah Cair Tahu Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor (ABR)". **Jurusan TIP FTP UGM : Yogyakarta.**
- Sawyer, C. N., McCarthy, P.L., and Parkin, G. F. 2003. " Chemistry for Enviromental Enggineering. 4th edition". **McGraw-Hill Book Company. New York.**
- Tjitrosoepomo, G. 2000. "Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)". **Gadjah Mada University Press: Yogyakarta**

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.**

Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen N P E, 2003. "Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review". **Environmental Toxicology and Pharmacology, Vol. 13, pp: 57–149.**

Wepener, V., Van Vuren, J.H.J., Chatiza, F.P., Mbizi, Z., Slabbert, L., Masola, B. 2005. "Active biomonitoring in freshwater environment: early warning signals from biomarkers in assessing biological effects of diffuse sources of pollutants". **Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 30, pp: 751- 761.**

Yusuf, G. 2001. "Proses bioremediasi limbah rumah tangga dalam skala kecil dengan kemampuan tanaman air pada sistem simulasi". **Tesis Institut Pertanian Bogor.**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN A

Perhitungan LC-50 pada Acute Toxicity Test

A.1 Mortalitas biota uji

Contoh perhitungan limbah < 70 mg/L NH₃ pada ikan nila:

Untuk konsentrasi toksikan 4 %

$$\sum mortalitas = 1 \text{ ekor} \quad \sum biota = 10 \text{ ekor}$$

Sehingga :

$$R = \frac{1}{10} \times 100 \% \\ = 10$$

Contoh perhitungan limbah < 70 mg/L NH₃ pada kayu apu:

Untuk konsentrasi toksikan 4 %

$$\sum mortalitas = 2 \text{ ekor} \quad \sum biota = 10 \text{ ekor}$$

Sehingga :

$$R = \frac{2}{10} \times 100 \% \\ = 20$$

Contoh perhitungan limbah > 70 mg/L NH₃ pada ikan nila:

Untuk konsentrasi toksikan 4 %

$$\sum mortalitas = 2 \text{ ekor} \quad \sum biota = 10 \text{ ekor}$$

Sehingga :

$$R = \frac{2}{10} \times 100 \% \\ = 20$$

Contoh perhitungan limbah > 70 mg/L NH₃ pada kayu apu:

Untuk konsentrasi toksikan 4 %

$$\sum mortalitas = 4 \text{ ekor} \quad \sum biota = 10 \text{ ekor}$$

Sehingga :

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

$$= 40$$

A.2 Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH)

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada ikan nila:

$$Y = 2,55x - 2,8$$

$$RH = 2,55 \times 4 - 2,8$$

$$RH = 7$$

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH₃ pada kayu apu:

$$Y = 4x + 11$$

$$RH = 3,75 \times 4 + 11$$

$$RH = 26$$

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada ikan nila:

$$Y = 5,25x - 1$$

$$RH = 5,25 \times 4 - 1$$

$$RH = 20$$

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH₃ kayu apu:

$$Y = 4x + 24$$

$$RH = 4 \times 4 + 24$$

$$RH = 40$$

A.3 Jumlah Chi² dalam LC-50

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada ikan nila:

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = (\Sigma \text{Chi}^2) \times \left(\frac{\Sigma \text{biota}}{\Sigma \text{toksikan}} \right)$$

$$= 0,773 \times \frac{50}{5}$$

$$= 7,73$$

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada kayu apu:

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = (\Sigma \text{Chi}^2) \times \left(\frac{\Sigma \text{biota}}{\Sigma \text{toksikan}} \right)$$

$$= 0,672 \times \frac{50}{5}$$

$$= 6,72$$

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada ikan nila:

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = (\Sigma \text{Chi}^2) \times \left(\frac{\Sigma \text{biota}}{\Sigma \text{toksikan}} \right)$$

$$= 0,762 \times \frac{50}{5}$$

$$= 7,62$$

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada kayu apu:

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = (\Sigma \text{Chi}^2) \times \left(\frac{\Sigma \text{biota}}{\Sigma \text{toksikan}} \right)$$

$$= 0,719 \times \frac{50}{5}$$

$$= 7,19$$

A.4 Kemiringan garais kolerasi konsentrasii proporsi harapan

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada ikan nila:

$$\text{LC} - 45 = 18,7$$

$$\text{LC} - 50 = 20,7$$

$$LC - 55 = 22,7$$

$$S = \left(\frac{LC\ 55}{LC\ 50} + \frac{LC\ 50}{LC\ 45} \right) \times \frac{1}{2} = \left(\frac{LC\ 22,7}{LC\ 20,7} + \frac{LC\ 20,7}{LC\ 18,7} \right) = 1,1$$

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{N^{0,5}}\right)} = 1,1\ S^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}}\right)} = 1,1$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas atas} &= LC-50 \times f \\ &= 20,7 \times 1,1 = 21,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas bawah} &= LC-50 / f \\ &= 20,7 / 1,1 = 19,6 \end{aligned}$$

Limbah industri tahu < 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada kayu apu:

$$LC - 45 = 9,1$$

$$LC - 50 = 10,4$$

$$LC - 55 = 11,7$$

$$S = \left(\frac{LC\ 55}{LC\ 50} + \frac{LC\ 50}{LC\ 45} \right) \times \frac{1}{2} = \left(\frac{LC\ 11,7}{LC\ 10,4} + \frac{LC\ 10,4}{LC\ 9,1} \right) = 1,1$$

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{N^{0,5}}\right)} = 1,1\ S^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}}\right)} = 1,1$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas atas} &= LC-50 \times f \\ &= 10,4 \times 1,1 = 11,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas bawah} &= LC-50 / f \\ &= 10,4 / 1,1 = 9,6 \end{aligned}$$

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada ikan nila:

$$LC - 45 = 8,8$$

$$LC - 50 = 9,7$$

$$LC - 55 = 10,7$$

$$S = \left(\frac{LC\ 55}{LC\ 50} + \frac{LC\ 50}{LC\ 45} \right) \times \frac{1}{2} = \left(\frac{LC\ 10,7}{LC\ 9,7} + \frac{LC\ 9,7}{LC\ 8,8} \right) = 1,1$$

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{N^{0,5}}\right)} = 1,1 \quad S^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}}\right)} = 1,1$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas atas} &= LC-50 \times f \\ &= 9,7 \times 1,1 = 10,3 \end{aligned}$$

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

Limbah industri tahu > 70 mg/L NH₃ konsentrasi 4 % pada kayu apu:

$$LC - 45 = 5,3$$

$$LC - 50 = 6,5$$

$$LC - 55 = 7,8$$

$$S = \left(\frac{LC\ 55}{LC\ 50} + \frac{LC\ 50}{LC\ 45} \right) \times \frac{1}{2} = \left(\frac{LC\ 7,8}{LC\ 6,5} + \frac{LC\ 6,5}{LC\ 5,3} \right) = 1,2$$

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{N^{0,5}}\right)} = 1,1 \quad S^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}}\right)} = 1,1$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas atas} &= LC-50 \times f \\ &= 6,5 \times 1,1 = 7,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas bawah} &= LC-50 / f \\ &= 6,5 / 1,1 = 5,8 \end{aligned}$$

Data Tahap aklimatisasi, Range Finding Test, dan Acute Toxicity Test.

B. Data Tahap Aklimatisasi

Tabel B.1 hasil analisa tahap aklimatisasi pertama pada biota uji

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Nila	Temperatur	°C	-	29	-	28	-	29	-
	pH	-	-	7,8	-	7,97	-	7,4	-
	Dissolved Oksigen	mg/L		5,4		5,6		5,7	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L				200			
	Kumulatif kematian	ekor	0	2	4	6	11	17	23

Lanjutan Tabel B.1 hasil analisa tahap aklimatisasi pertama pada biota uji

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

Tabel B.2 hasil analisa tahap aklimatisasi kedua pada biota uji

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Nila	Temperatur	⁰ C	-	29	-	28,5	-	29	-
	pH	-	-	7,5	-	7,67	-	7,5	-
	Dissolved Oksigen	mg/L	-	5,6	-	5,7	-	5,8	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	Ekor	0	1	6	12	16	17	20

Lanjutan Tabel B.2 hasil analisa tahap aklimatisasi kedua pada biota uji

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke							
			1	2	3	4	5	6	7	
Kayu apu	Temperatur	⁰ C	-	30	-	29	-	30	-	
	pH	-	-	7,5	-	7,55	-	7,5	-	
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200							
	Kumulatif kematian	Buah	0	2	4	8	10	14	16	

Tabel B.3 hasil analisa tahap aklimatisasi ketiga pada biota uji

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Nila	Temperatur	⁰ C	-	29	-	28	-	29	-
	pH	-	-	7,6	-	7,59	-	7,5	-
	Dissolved Oksigen	mg/L	-	5,3	-	5,5	-	5,3	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	Ekor	2	4	9	10	12	13	14

Lanjutan Tabel B.3 hasil analisa tahap aklimatisasi ketiga pada biota uji

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Hari ke						
			1	2	3	4	5	6	7
Kayu apu	Temperatur	°C	-	29	-	29	-	30	-
	pH	-	-	7,4	-	7,55	-	7,5	-
	Kesadahan	mgCaCo3/L	200						
	Kumulatif kematian	Buah	0	2	5	6	0	7	8

Sumber : Hasil pengamatan dan analisa laboratorium (2014)

B.2. Data Range Finding Test

Tabel B.4 data karakteristik air limbah pada range finding test

No	Parameter	Satuan	Nilai		
			Beban Pencemar $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$	Baku Mutu	Beban Pencemar $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$
1	BOD	mg/L	1920	100	2730
2	COD	mg/L	2526	300	3593
3	TSS	mg/L	720	200	520
4	NH ₃	mg/L	62,95	5	87,13
5	pH	-	4,05	6-9	3,15
6	Temperatur	⁰ C	37	40	35

Sumber : Hasil pengukuran laboratorium (2013)

B.2.1 Data Variasi Konsentrasi Pada Range Finding Test

Tabel B.5 variasi konsentrasi limbah cair industri tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$ dan $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$

Konsentrasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
40 %	10	4	6
20 %	10	2	8
16 %	10	1,6	8,4
8 %	10	0,8	9,2
4 %	10	0,4	9,6
0 %	10	0	10

Sumber : Hasil pengamatan dan analisa laboratorium (2013)

B.2.2 Data Kandungan parameter pencemar tiap prosentase limbah industri tahu

Tabel B.6 Kandungan parameter pada biota uji tiap prosentase limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada range finding test

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
BOD	mg/L	384	768	1152	1536	1920
COD	mg/L	505,2	1010,4	1515,6	2020,8	2526
TSS	mg/L	144	288	432	576	720
NH_3	mg/L	12,59	25,18	37,77	50,36	62,95

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
BOD	mg/L	546	1092	1638	2184	2730
COD	mg/L	718,6	1437,2	2155,8	2874,4	3593
TSS	mg/L	104	208	312	416	520
NH_3	mg/L	17,43	34,85	52,28	69,70	87,13

Sumber : Konsentrasi berdasarkan hasil perhitungan (2014)

B.2.3 Kematian Biota Uji Pada Range Finding Test

Tabel B.7 Data akumulasi jumlah kematian biota uji limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada range finding test

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Awal Biota Uji	Akumulasi jumlah kematian ikan dan kayu apu selama				Σ kematian
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
Ikan Nila						
0 %	10	0	0	0	0	0
20 %	10	0	6	4	-	10
40 %	10	10	-	-	-	10
60 %	10	10	-	-	-	10
80 %	10	10	-	-	-	10
100 %	10	10	-	-	-	10
Kayu apu						
0 %	10	0	0	0	0	0
20 %	10	1	1	6	1	9
40 %	10	2	2	6	-	10
60 %	10	3	3	4	-	10
80 %	10	9	1	-	-	10
100 %	10	9	1	-	-	10

Lanjutan Tabel **B.7** Data akumulasi jumlah kematian biota uji limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada range finding test

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Jumlah Awal Biota Uji	Akumulasi jumlah kematian ikan dan kayu apu selama				Σkematian
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
Ikan Nila						
0 %	10	0	0	0	0	0
20 %	10	1	6	2	1	10
40 %	10	8	1	1	-	10
60 %	10	10	-	-	-	10
80 %	10	10	-	-	-	10
100 %	10	10	-	-	-	10
Kayu apu						
0 %	10	0	0	0	0	0
20 %	10	3	7	-	-	10
40 %	10	7	3	-	-	10
60 %	10	8	2	-	-	10
80 %	10	10	-	-	-	10
100 %	10	10	-	-	-	10

Sumber : Hasil penelitian (2014)

B.2.4. Data Hasil Pengukuran Parameter Suhu, pH, DO Pada Range Finding Test

Tabel B.8 Data pengukuran pH pada range finding test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Ikan Nila limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3		
	pH awal	pH toksikan setelah		pH awal	pH toksikan setelah	
		48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	7,86	7,9	7,94	7,75	7,7	7,85
20 %	7,8	7,82	-	6,9	6,99	7,78
40 %	7,72	-	-	6,85	6,88	-
60 %	7,32	-	-	6,7	6,73	-
80 %	7,38	-	-	6,65	6,62	-
100 %	7,32	-	-	6,51	6,53	-

Lanjutan Tabel B.8 Data pengukuran pH pada range finding test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Ikan Nila limbah cair tahu ≥ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah cair tahu ≥ 70 mg/L NH_3		
	pH awal	pH toksikan setelah		pH awal	pH toksikan setelah	
		48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	7,75	7,8	7,82	7,73	7,45	7.65
20 %	7,2	72,5	-	5,5	5,7	-
40 %	6,5	6,78	-	4,12	4,3	-
60 %	6,35	-	-	3,4	3,44	-
80 %	5,35	-	-	3,42	-	-
100 %	4,21	-	-	3,35	-	-

Sumber : Hasil pengukuran laboratorium (2014)

Tabel B.9 Data pengukuran suhu pada range finding test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Ikan Nila limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3		
	Suhu awal	Suhu toksikan setelah		Suhu awal	Suhu toksikan setelah	
		48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	30	28,5	28,5	29	28,5	29
20 %	30	28	-	30	29	-
40 %	29	-	-	30	28	-
60 %	29	-	-	30	29	-
80 %	29	-	-	29	28	-
100 %	29	-	-	29	29	-

Lanjutan B.9 Data pengukuran suhu pada range finding test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Ikan Nila limbah cair tahu ≥ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah cair tahu ≥ 70 mg/L NH_3		
	Suhu awal	Suhu toksikan setelah		pH awal	pH toksikan setelah	
		48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	29	28,5	29	30	28,5	29
20 %	30	28,5	-	30	29	-
40 %	30	28,5	-	30	29	-
60 %	30	-	-	30	28,5	-
80 %	30	-	-	29	-	-
100 %	29	-	-	29	-	-

Sumber : Hasil pengukuran laboratorium (2014)

Tabel B.10 Data pengukuran DO pada range finding test limbah $\leq 70 \text{ NH}_3$ dan $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Ikan Nila limbah cair tahu $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$			Kayu apu limbah cair tahu $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$		
	DO awal	DO toksikan setelah		DO awal	DO toksikan setelah	
		48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	5,54	5,6	5,65	5,55	5,65	5,55
20 %	5,84	5,95	-	5,75	5,86	-
40 %	5,82	-	-	5,65	5,82	-
60 %	5,32	-	-	5,67	-	-
80 %	5,53	-	-	5,63	-	-
100 %	5,82	-	-	5,83	-	-

Sumber : Hasil pengukuran laboratorium (2014)

B.3 Data *Acute toxicity test*

Tabel B.11 Data karakteristik air limbah pada *acute toxicity test* pertama dan kedua

No	Parameter	Satuan	Nilai		
			Beban Pencemar ≤ 70 mg/L NH ₃	Baku Mutu	Beban Pencemar ≥ 70 mg/L NH ₃
1	BOD	mg/L	2346	150	3478
2	COD	mg/L	3088	300	4604
3	TSS	mg/L	420	100	80
4	NH ₃	mg/L	62,95	5	87,13
5	pH	-	4,25	6-9	3,5
6	Temperatur	°C	36	40	35

No	Parameter	Satuan	Nilai		
			Beban Pencemar ≤ 70 mg/L NH ₃	Baku Mutu	Beban Pencemar ≥ 70 mg/L NH ₃
1	BOD	mg/L	1985	150	2526
2	COD	mg/L	2876	300	3896
3	TSS	mg/L	760	100	95
4	NH ₃	mg/L	62,95	5	87,13
5	pH	-	4,29	6-9	3,33
6	Temperatur	°C	38	40	36

Sumber : Hasil uji laboratorium (2014)

A.3.1 Data Variasi Konsentrasi Limbah Pada Acute Toxicity Test

Tabel B.12 Variasi konsentrasi limbah industri cair tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada acute toxicity test

Konsentrasi Limbah	Volume air total (liter)	Air limbah yang ditambahkan (liter)	Air PDAM yang ditambahkan (liter)
40 %	10	4	6
20 %	10	2	8
16 %	10	1,6	8,4
12%	10	1,2	8,8
8 %	10	0,8	9,2
4 %	10	0,4	9,6
0 %	10	0	10

Sumber: Hasil Perhitungan (2014)

B.3.2 Data Kandungan Parameter Tiap Prosentase

Tabel B.13 Kandungan parameter pada ikan nila pencemar tiap prosentase limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 replika A

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		4 %	8 %	12%	16 %	40 %
BOD	mg/L	93,84	187,68	281,52	375,36	938,4
COD	mg/L	123,52	247,04	370,56	494,08	1235,2
TSS	mg/L	16,8	33,6	50,4	67,2	168
NH_3	mg/L	2,52	5,04	7,55	10,07	25,18

Tabel B.14 Kandungan parameter pada kayu apu pencemar tiap prosentase limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 replika A

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		4 %	8 %	12%	16 %	20 %
BOD	mg/L	93,84	187,68	281,52	375,36	469,2
COD	mg/L	123,52	247,04	370,56	494,08	617,6

TSS	mg/L	16,8	33,6	50,4	67,2	84
NH ₃	mg/L	2,52	5,04	7,55	10,07	12,59

Tabel B.15 Kandungan parameter pada ikan nila dan kayu apu pencemar tiap prosentase limbah industri tahu ≥ 70 mg/L NH₃ replika A

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		4 %	8 %	12%	16 %	20 %
BOD	mg/L	139,12	278,24	417,36	556,48	695,6
COD	mg/L	184,16	368,32	552,48	736,64	920,8
TSS	mg/L	3,2	6,4	9,6	12,8	16
NH ₃	mg/L	3,49	6,97	10,46	13,94	17,43

Tabel B.16 Kandungan parameter pada ikan nila pencemar tiap prosentase limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH₃ replika B

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		4 %	8 %	12%	16 %	40 %
BOD	mg/L	79,4	158,8	238,2	317,6	794
COD	mg/L	115,04	230,08	345,12	460,16	1150,4
TSS	mg/L	30,4	60,8	91,2	121,6	304

NH ₃	mg/L	2,52	5,04	7,55	10,07	25,18
-----------------	------	------	------	------	-------	-------

Tabel B.17 Kandungan parameter pada kayu apu pencemar tiap prosentase limbah industri tahu ≤ 70 mg/L NH₃ replika B

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		4 %	8 %	12 %	16 %	20 %
BOD	mg/L	79,4	158,8	238,2	317,6	794
COD	mg/L	115,04	230,08	345,12	460,16	1150,4
TSS	mg/L	30,4	60,8	91,2	121,6	304
NH ₃	mg/L	2,52	5,04	7,55	10,07	12,59

Tabel B.18 Kandungan parameter pada ikan nila dan kayu apu pencemar tiap prosentase limbah industri tahu ≥ 70 mg/L NH₃ replika B

Parameter	Satuan	Konsentrasi Limbah				
		4 %	8 %	12%	16 %	20 %
BOD	mg/L	101,04	202,08	303,12	404,16	505,2
COD	mg/L	155,84	311,68	467,52	623,36	779,2
TSS	mg/L	3,8	7,6	11,4	15,2	19
NH ₃	mg/L	3,49	6,97	10,46	13,94	17,43

B.3.3 Kematian Biota Uji Pada Range Finding Test

Tabel B.19 Data akumulasi jumlah kematian biota uji limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada acute toxicity test

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Jumlah Awal Biota Uji	Akumulasi jumlah kematian ikan selama				Σkematian
			24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
Ikan Nila							
0 %	A	10	-	1	-	-	1
	B	10	-	-	-	-	0
	Jumlah kematian						1
4 %	A	10	-	1	-	-	1
	B	10	-	1	-	-	1
	Jumlah kematian						1
8 %	A	10	-	1	2	-	3
	B	10	-	1	-	-	1
	Jumlah kematian						2

12%	A	10	-	1	2	-	3
	B	10	-	0	1	-	1
	Jumlah kematian						2
16 %	A	10	-	2	3	-	5
	B	10	-	-	1	2	3
	Jumlah kematian						4
40 %	A	10	2	2	6	-	10
	B	10	4	2	2	2	10
	Jumlah kematian						10
Kayu apu							
0 %	A	10	-	-	-	-	0
	B	10	-	-	-	-	0
	Jumlah kematian						0
4 %	A	10	-	-	-	3	3
	B	10	-	-	1	-	1
	Jumlah kematian						2
8 %	A	10	-	-	-	5	5
	B	10	-	1	1	1	3
	Jumlah kematian						4

12%	A	10	-	1	3	5	9
	B	10	-	-	2	2	4
	Jumlah kematian						7
16 %	A	10	-	3	5	1	9
	B	10	-	3	1	-	4
	Jumlah kematian						7
20 %	A	10	-	1	2	6	9
	B	10	-	3	-	3	6
	Jumlah kematian						8

Lanjutan Tabel B.19 Data akumulasi jumlah kematian biota uji limbah cair industri tahu ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3 pada acute toxicity test

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Jumlah Awal Biota Uji	Akumulasi jumlah kematian ikan selama				Σ kematian
			24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
Ikan Nila							
0 %	A	10	-	-	-	-	0

	B	10	-	-	-	-	0
	Jumlah kematian						0
4 %	A	10	1	1	-	-	2
	B	10	-	2	-	-	2
	Jumlah kematian						2
8 %	A	10	1	1	2	-	4
	B	10	-	2	2	-	4
	Jumlah kematian						4
12%	A	10	1	3	3	-	7
	B	10	-	2	3	-	5
	Jumlah kematian						6
16 %	A	10	-	7	3	-	10
	B	10	1	3	1	3	8
	Jumlah kematian						9
20 %	A	10	7	3	-	-	10
	B	10	-	7	-	3	10

	Jumlah kematian						10
Kayu apu							
0 %	A	10	-	-	-	-	0
	B	10	-	-	-	-	0
	Jumlah kematian						0
4 %	A	10	-	-	-	5	5
	B	10	-	-	-	2	2
	Jumlah kematian						4
8 %	A	10	-	-	1	5	6
	B	10	-	-	2	2	4
	Jumlah kematian						5
12%	A	10	-	2	2	4	8
	B	10	-	7	1	-	8
	Jumlah kematian						8
16 %	A	10	-	1	7	2	10
	B	10	-	5	3	-	8

20 %	Jumlah kematian						9
	A	10	1	9	-	-	10
	B	10	1	7	2	-	10
Jumlah kematian							10

Sumber : Hasil penelitian (2014)

A.3.3 Data Pengukuran Parameter biota uji pada acute toxicity test

Tabel B.20 Data pengukuran pH pada Acute Toxicity Test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Ikan Nila limbah cair industri ≤ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah industri cair ≤ 70 mg/L NH_3		
		pH awal	Suhu toksikan setelah		pH awal	Suhu toksikan setelah	
			48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	A	7,5	7,45	7,8	6,55	6,8	7,35
	B	6,85	6,5	7,5	6,25	6,55	6,75
	Rata-rata	7,18	6,98	7,65	6,40	6,68	7,05
4 %	A	8,35	8,37	8,48	7,44	7,66	7,95
	B	7,62	7,3	7,51	6,67	6,61	7,2
	Rata-rata	7,99	7,84	8,00	7,06	7,14	7,58
8 %	A	8,28	8,35	8,4	7,27	7,63	7,92
	B	7,3	7,45	7,51	6,11	6,31	7,03
	Rata-rata	7,79	7,90	7,96	6,69	6,97	7,48
12%	A	8,26	8,27	8,35	7,09	7,61	7,9
	B	7,24	7,3	7,49	5,61	6,16	7,2

	Rata-rata	7,75	7,79	7,92	6,35	6,89	7,55
16 %	A	8,2	8,25	8,33	6,6	7,43	7,93
	B	7,28	7,5	7,6	5,37	6	7,07
	Rata-rata	7,74	7,88	7,97	5,99	6,72	7,50
20 %	A	-			6,42	7,13	7,89
	B				5,04	5,68	7,1
	Rata-rata				5,7	6,4	7,5
40 %	A	7,72	7,72	-	-		
	B	5,01	5,01	7,00			
	Rata-rata	6,37	6,37	7,00			

Sumber : Hasil penelitian (2014)

Tabel B.20 Data pengukuran pH pada Acute Toxicity Test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Ikan Nila limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3		
		pH awal	Suhu toksikan setelah		pH awal	Suhu toksikan setelah	
			48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	A	7,5	7,45	7,8	6,55	6,8	7,35
	B	6,85	6,5	7,5	6,25	6,55	6,75
	Rata-rata	7,18	6,98	7,65	6,40	6,68	7,05
4 %	A	7,8	7,96	8,45	6,82	7,36	7,87
	B	7,24	7,58	7,58	6,33	6,42	6,93
	Rata-rata	7,52	7,77	8,02	6,58	6,89	7,40
8 %	A	7,86	8,3	8,35	6,21	6,94	7,95
	B	7,00	7,37	7,55	5,13	6	6,88
	Rata-rata	7,43	7,84	7,95	5,67	6,47	7,42
12%	A	7,74	8,17	8,28	5,18	6,38	7,3
	B	5,2	7,16	7,84	4,34	5,38	6,58
	Rata-rata	6,47	7,67	8,06	4,76	5,88	6,94

16 %	A	6,77	8,03	-	5,15	5,97	6,20
	B	4,58	7,68	7,6	3,9	4,77	6,75
	Rata-rata	5,68	6,03	7,6	4,53	5,37	6,48
20 %	A	5,11	6,03	-	4,86	5,8	-
	B	4,1	7,1	7,39	3,6	4,2	-
	Rata-rata	4,61	6,57	7,39	4,23	5,00	-

Sumber : Hasil penelitian (2014)

Tabel B.21 Data pengukuran suhu pada Acute Toxicity Test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Ikan Nila limbah industri < 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah industri < 70 mg/L NH_3		
		Suhu awal	Suhu toksikan setelah		Suhu awal	Suhu toksikan setelah	
			48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	A	29	28,5	28	29	28,5	28,5
	B	29	28	28	29	28,5	28,5
	Rata-rata	29	28,3	28	29	28,5	28,5
4 %	A	29	28	28	28	28	28
	B	28	29	28	28	28	29
	Rata-rata	28,5	28,5	28	28	28	28,5
8 %	A	28,5	28,5	28	28,5	29	28
	B	28	28,5	29	28	28	29
	Rata-rata	28,3	28,5	28,5	28,3	28,5	28,5
12%	A	28,5	28	28	28,5	28	28
	B	28	28	29	28	29	29

	Rata-rata	28,3	28	28,5	28,3	28,5	28,5
16 %	A	29	28,5	28	28,5	28	28
	B	28	29	29	28	29	29
	Rata-rata	28,5	28,8	28,5	28,3	28,5	28,5
20 %	A	-			29	29	29
	B				28	28	28
	Rata-rata				28,5	28,5	28,5
40 %	A	29	29	-	-		
	B	29	28,5	28			
	Rata-rata	29	28,8	28			

Sumber : Hasil penelitian (2014)

Lanjutan Tabel B.21 Data pengukuran suhu pada Acute Toxicity Test limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Ikan Nila limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3			Kayu apu limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3		
		Suhu awal	Suhu toksikan setelah		Suhu awal	Suhu toksikan setelah	
			48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	A	28,5	29	28,5	29	28	28,5
	B	28,5	29	29	29	28	28,5
	Rata-rata	28,5	29	28,75	29	28	28,5
4 %	A	29	28,5	28	29	28	28,5
	B	28	28,5	28	28	28,5	29
	Rata-rata	28,5	28,5	28,0	28,5	28,5	28,8
8 %	A	30	28,5	28,5	29	28,5	28,5
	B	28	29	28,5	28	28,5	28,5
	Rata-rata	29	28,8	28,5	28,5	28,5	28,5
12%	A	30	29	28,5	29,5	28,5	28,5
	B	28	29	29	28	28,5	29
	Rata-rata	29	29	28,8	28,8	28,5	28,8

16 %	A	30	28	-	29	29	29
	B	28	28,5	28	28	29	29
	Rata-rata	29	28,3	28	28,5	29	29
20%	A	30	29	-	29,5	29	-
	B	28	29	28,5	28	29	-
	Rata-rata	29	29	28,5	28,8	29	-

Sumber : Hasil penelitian (2014)

Tabel B.22 Rata- rata hasil pengukuran DO pada *acute toxicity test* limbah ≤ 70 mg/L NH_3 dan ≥ 70 mg/L NH_3

Konsentrasi toksikan % volume toksikan	Replika	Ikan Nila limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3			Ikan Nila limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3		
		DO awal	DO toksikan setelah		DO awal	DO toksikan setelah	
			48 jam	96 jam		48 jam	96 jam
0 %	A	5,35	5,2	5,35	5,5	5,35	5,65
	B	5,45	5,3	5,5	5,55	5,5	5,55
	Rata-rata	5,4	5,25	5,43	5,53	5,43	5,60
4 %	A	5,52	5,58	5,57	5,22	5,45	5,65
	B	5,38	5,4	5,42	5,3	5,05	5,45
	Rata-rata	5,45	5,49	5,50	5,26	5,25	5,55
8 %	A	5,19	5,17	5,3	5,3	5,45	5,4
	B	5,2	5,15	5,15	5,1	5,02	5,35
	Rata-rata	5,2	5,16	5,23	5,20	5,24	5,38
12%	A	5,58	5,6	5,7	5,05	5,1	5,25
	B	5,02	5,15	5,1	5,1	5,13	5,15

	Rata-rata	5,3	5,4	5,4	5,08	5,1	5,2
16 %	A	5,09	5,45	5,55	5,25	5,42	-
	B	5,4	5	5,25	5,2	5,16	5,35
	Rata-rata	5,25	5,23	5,40	5,23	5,29	5,35
20 %	A	-			5,22	5,4	-
	B				5,18	5,05	5,40
	Rata-rata				5,20	5,23	5,40
40 %	A	5	5,25	-	-		
	B	5,05	5,2	5,35			
	Rata-rata	5,03	5,23	5,35			

Sumber : Hasil penelitian (2014)

Tabel B. 23 Analisa Berat kering dan Berat Tumbuhan

Konsentrasi	Berat Basah		Berat Kering	
	Limbah ≤ 70 mg/L NH ₃	Limbah ≥ 70 mg/L NH ₃	Limbah ≤ 70 mg/L NH ₃	Limbah ≥ 70 mg/L NH ₃
0 %	7,4746		0,165	
4 %	4,898	9,049	0,165	0,2432
8 %	5,381	5,974	0,2015	0,2356
12%	5,567	6,732	0,1765	0,2077
16 %	5,056	9,934	0,1908	0,3318
20 %	10,279	11,169	0,1758	0,3321

Sumber : Hasil perhitungan dan analisa (2014)

A.4 Perhitungan LC-50

Tabel B.24 Perhitungan proporsi kematian biota uji pada limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3

Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon
Ikan Nila	4	10	1	10
	8	10	2	20
	12	10	2	20
	16	10	4	40
	40	10	10	100

Lanjutan Tabel B.24 Perhitungan proporsi kematian biota uji pada limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3

Jenis Biota	Konsentrasi Toksik (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon
Kayu apu	4	10	2	20
	8	10	4	40
	12	10	7	70
	16	10	7	70
	20	10	8	80

Tabel B.25 Perhitungan proporsi kematian biota uji pada limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3

Jenis Biota	Konsentrasi Toksikan (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon
Ikan nila	4	10	2	20
	8	10	4	40
	12	10	6	60
	16	10	9	90
	20	10	10	100

Lanjutan Tabel B.25 Perhitungan proporsi kematian biota uji pada limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3

Jenis Biota	Konsentrasi Toksikans (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon
Kayu apu	4	10	4	40
	8	10	5	50
	12	10	8	80
	16	10	9	90
	20	10	10	100

Sumber : Hasil perhitungan (2014)

Tabel B.26 Perhitungan proporsi kematian biota uji pada limbah industri ≤ 70 mg/L NH_3

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah ≥ 70 mg/L NH_3							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksikansi (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Ikan Nila	4	10	1	20	7	3	0,012
	8	10	2	40	18	1	0,001
	12	10	2	60	28	8	0,3
	16	10	4	90	38	10	0,45
	40	10	10	100	99	1	0,01
	Jumlah Variasi = 5	Jumlah Total = 50				Jumlah	0,773
Kayu Apu	4	10	2	20	26	6	0,07
	8	10	4	40	41	1	0,001
	12	10	7	70	56	14	0,25
	16	10	7	70	71	1	0,001
	20	10	8	80	86	6	0,35
	Jumlah Variasi = 5	Jumlah Total = 50				Jumlah	0,672

Lanjutan Tabel B.26 Perhitungan proporsi kematian biota uji pada limbah industri ≥ 70 mg/L NH_3

Kematian Biota Uji Untuk Air Limbah > 70 mg/L NH_3							
Jenis Biota	Konsentrasi Toksik (%)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Respon Respon (R)	Proporsi Respon Harapan (RH)	[R-RH]	Chi ²
Ikan Nila	4	10	2	20	20	0	0,001
	8	10	4	40	41	11	0,45
	12	10	6	60	62	2	0,0016
	16	10	9	90	83	7	0,31
	40	10	10	100	104	4	0,45
	Jumlah Variasi = 5	Jumlah Total = 50				Jumlah	0,7626
Kayu Apu	4	10	4	40	40	0	0,01
	8	10	5	50	56	6	0,015
	12	10	8	80	72	8	0,25
	16	10	9	90	88	2	0,0035
	20	10	10	100	104	4	0,45
	Jumlah Variasi = 5	Jumlah Total = 50				Jumlah	0,7195

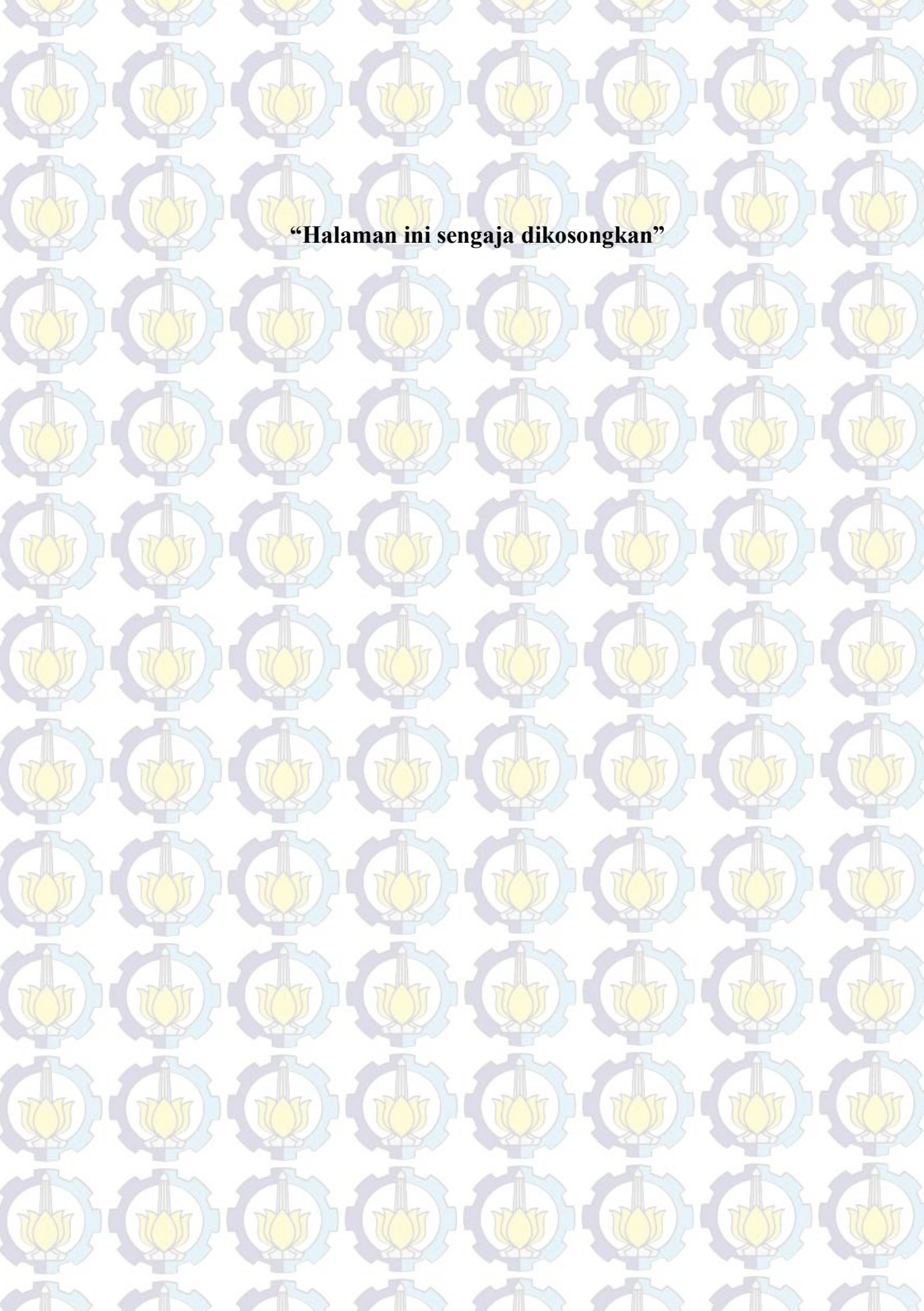
Tabel B.27 Kandungan NH₃ dalam biota uji pada limbah ≤ 70 mg/L NH₃ dan ≥ 70 mg/L NH₃

Biota uji	Kosentrasi limbah	NH3 di air total (mg/l)	NH3 dalam biota uji	Jumlah NH3	BCF dalam limbah
Ikan nila	0%	0	5,98	5,98	5,98
	4%	2,52	9,73	3,75	1,49
	40%	25,18	12,22	6,24	0,25
kayu apu	0%	0	9,44	9,44	9,44
	4%	2,52	10,53	1,09	0,43
	20%	12,59	11,31	1,87	0,15

Lanjutan Tabel B.26 Kandungan NH_3 dalam biota uji pada limbah $\leq 70 \text{ mg/L NH}_3$ dan $\geq 70 \text{ mg/L NH}_3$

Biota uji	Kosentrasi limbah	NH_3 di air total (mg/l)	NH_3 dalam biota uji	Jumlah NH_3	BCF dalam limbah
Ikan nila	0%	0	5,98	5,98	5,98
	4%	3,49	14,4	8,42	2,41
	20%	17,43	31,71	25,73	1,48
kayu apu	0%	0	9,44	9,44	9,44
	4%	3,49	15,44	6	1,72
	20%	17,43	16,06	6,62	0,38

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

Dokumentasi



Gambar B.1 Proses Pemasakan



Gambar B.2 Penambahan asam



Gambar B. 3 Pencetakan dan pengepresan



Gambar B.4 Tahu yang sudah jadi



Gambar B.5 Aklimatisasi Pada Biota Uji



Kosentrasi 0%



Kosentrasi 4%



Kosentrasi 8%



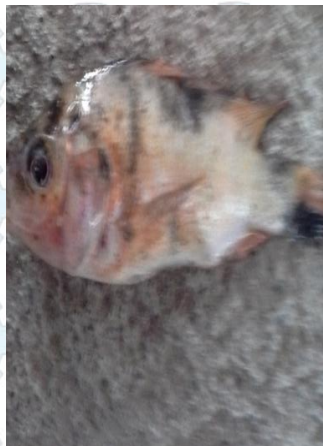
Kosentrasi 12%



Kosentrasi 16%



Kosentrasi 20%



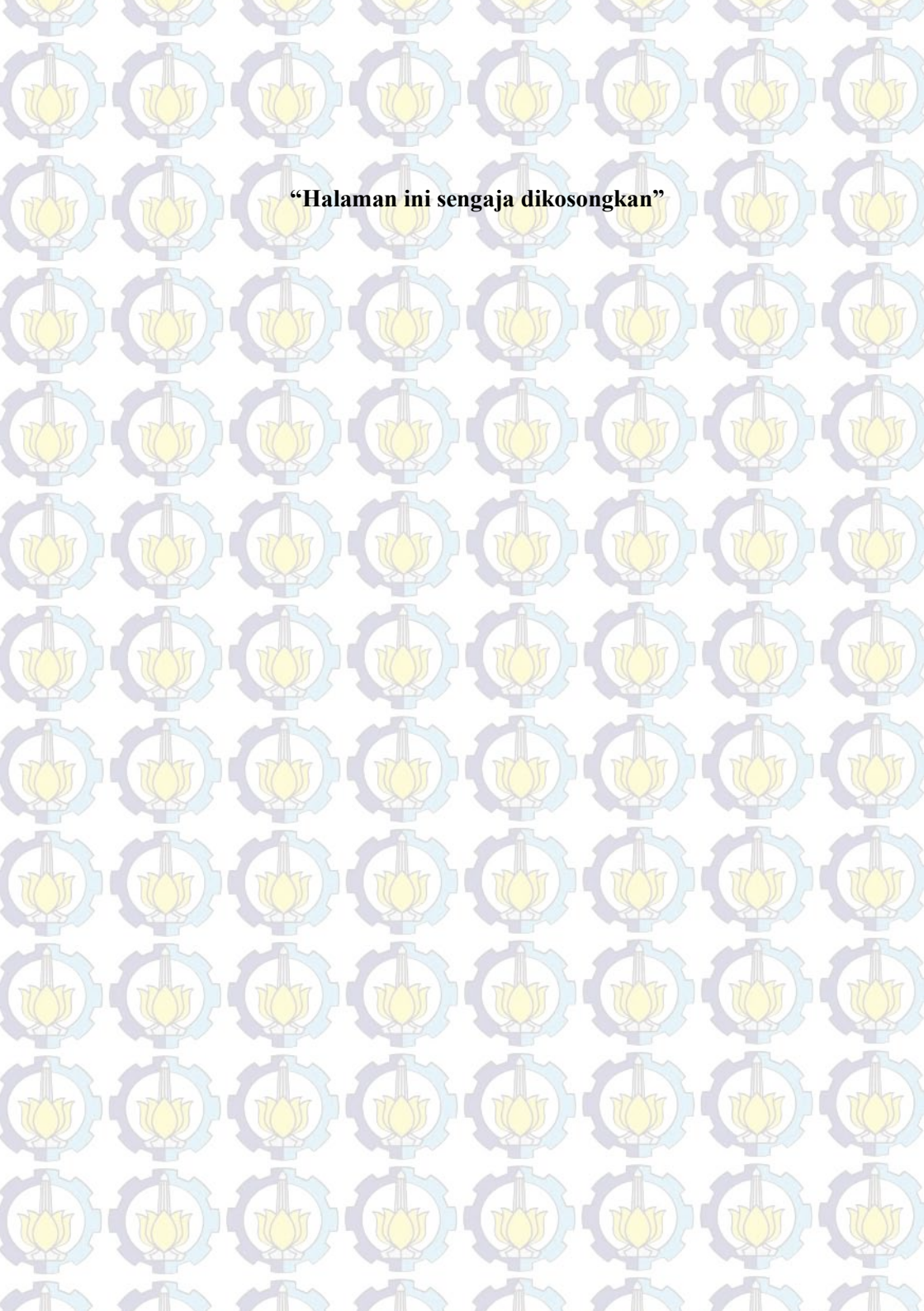
0% control



Terpapar Limbah



Gambar B.6 Reaktor penelitian



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C

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 Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,05 N.
5. Larutan indikator Fenantrolin Ferro 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 kondensor 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. 1 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.

$$= BOD_5^{20} \text{ (mg/L)}$$

$$P = \frac{\frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)]}{mL \text{ sampel}}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Keterangan :

- X₀ : DO sampel pada t = 0
- X₅ : DO sampel pada t = 5
- B₀ : DO blanko pada t = 0
- B₅ : DO blanko pada t = 5
- P : derajat pengenceran

3. Analisa Total Suspended Solid (TSS)

Alat dan Bahan

1. Kertas saring
2. Oven dengan suhu 105°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.

4. 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.

5. Analisa Suhu

Alat dan Bahan

1. Air sampel
2. Termometer

Prosedur analisis:

1. Menyiapkan termometer.
2. Memasukkan termometer ke dalam reaktor.

6. Analisa DO

Alat dan Bahan

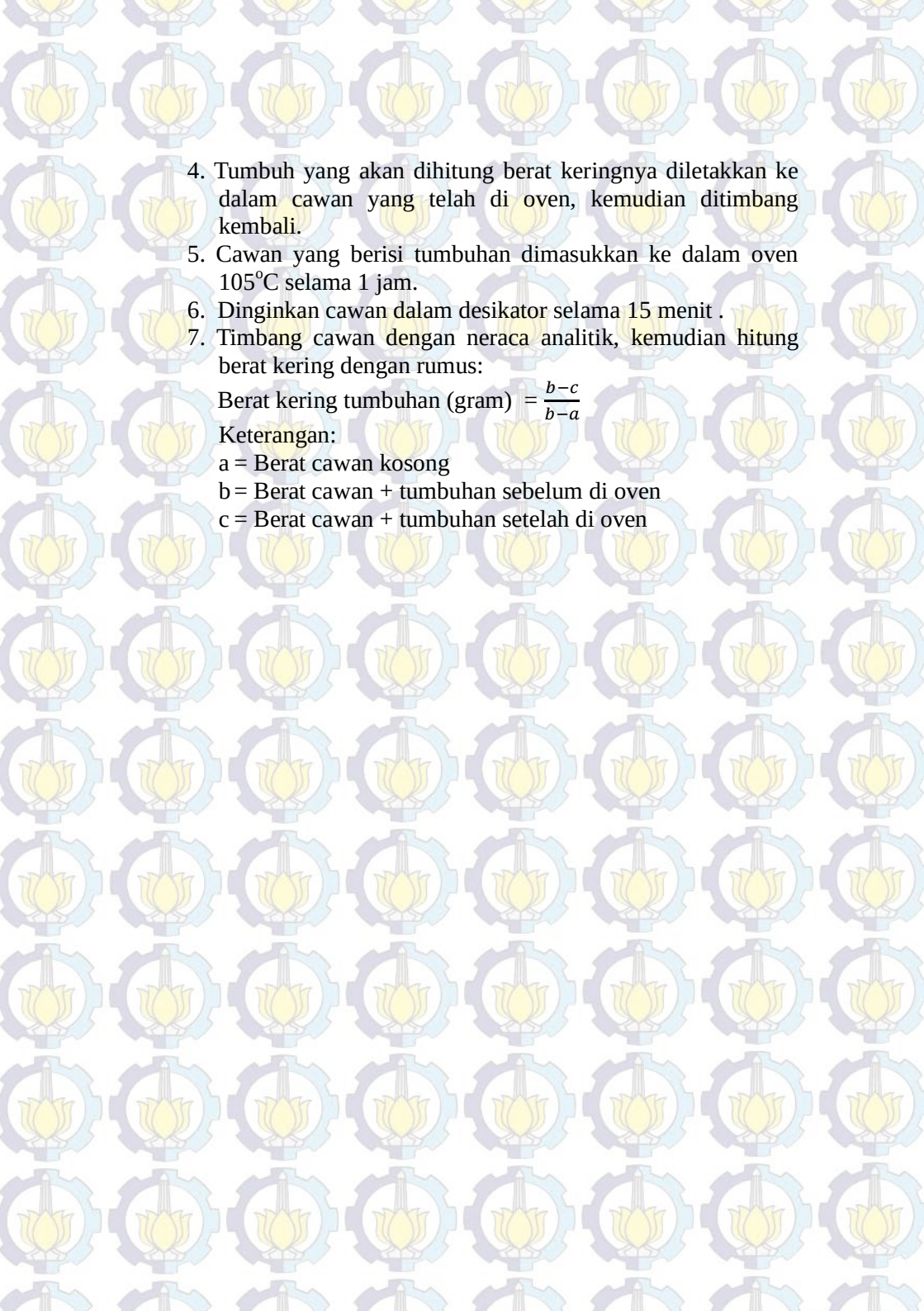
1. Air sampel
2. DO meter

Prosedur analisis:

1. Menyiapkan DO meter.
2. Memasukkan DO meter ke dalam reaktor.

7. Perhitungan Berat Kering Tumbuhan

1. Cawan dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam.
2. Dinginkan 4 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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENYUSUN



Penyusun dilahirkan di Surabaya, 27 Agustus 1992 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan sugianto dan umi kulsum. Penyusun menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Krembangan Selatan X pada tahun ajaran 1998-2004, sekolah menengah pertama di SMPN 38 Surabaya pada tahun ajaran 2004-2007, serta sekolah menengah atas di SMA Hang Tuah 1

Surabaya tahun 2010, penyusun mengikuti SNMPTN dan diterima di jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS pada tahun 2010 dan terdaftar dengan NRP 3310100067. Penyusun yang tergabung dalam Angkatan 2010 ini di sela-sela kuliah juga aktif dalam kepanitian yang diselenggarakan himpunan mahasiswa jurusan. Apabila pembaca ingin bertanya berkaitan dengan penelitian yang penyusun lakukan atau sekedar memberikan saran dan kritik dipersilahkan menghubungi r.inatul@yahoo.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”