



**TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN IKAN DI
MUNCAR TERHADAP MORTALITAS IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.) DAN
IKAN NILA (*Oreochromis niloticus* L.)**

SKRIPSI

Oleh :

Vina Aulia

NIM : 100210103051

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2014



**TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN IKAN DI
MUNCAR TERHADAP MORTALITAS IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.) DAN
IKAN NILA (*Oreochromis niloticus* L.)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Biologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

**Vina Aulia
NIM 100210103051**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta sholawat yang senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, saya mempersembahkan skripsi ini dengan segala cinta dan kasih kepada :

1. Ibunda Halimah dan Ayahanda H. Makhsun yang menjadi panutan setiap perbuatan dan langkahku, yang memberikan segala kasih sayang, restu, motivasi dan pengorbanan baik moril maupun materi. Terimakasih atas doa dan dukungan yang tiada hentinya diberikan untukku hingga saat ini;
2. Adik-adikku tercinta yang senantiasa membantu dan menghiburku;
3. Guru-guruku sejak TK sampai SMA serta dosen-dosen perguruan tinggi, yang memberikan ilmu dan bimbingan dengan sabar dan ikhlas;
4. Almamaterku, Jurusan Biologi FKIP Universitas Jember yang sangat aku cintai dan kujunjung tinggi.

MOTTO

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdo'alah kepada-Nya dengan rasa takut dan harapan.

Sesungguhnya Allah amat dekat kepada orang yang berbuat baik

(Terjemahan Al-Qur'an Surat Al-A'raf ayat 56)*)

Barang siapa bertakwa kepada Allah niscaya dia akan mengadakan baginya jalan keluar dan memberinya rizki dari arah yang tidak disangka-sangka.

(Terjemahan Al-Qur'an Surat At-Talaq Ayat 2)*)

*) Kementerian Agama RI. 1998. *Al-Quran dan Terjemahannya dengan Transliterasi*. Semarang: Karya Toha Putra.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Vina Aulia

NIM : 100210103051

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Toksistas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah disajikan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2014

Yang menyatakan

Vina Aulia

NIM 100210103051

SKRIPSI

**TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN IKAN DI
MUNCAR TERHADAP MORTALITAS IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.) DAN
IKAN NILA (*Oreochromis niloticus* L.)**

Oleh

Vina Aulia

NIM 100210103051

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph. D.

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. H. Joko Waluyo, M.Si.

PERSETUJUAN

**TOKSISITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN IKAN DI
MUNCAR TERHADAP MORTALITAS IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.) DAN
IKAN NILA (*Oreochromis niloticus* L.)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Biologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Nama Mahasiswa : Vina Aulia
NIM : 100210103051
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi
Tahun Angkatan : 2010
Daerah Asal : Banyuwangi
Tempat, Tanggal Lahir : Banyuwangi, 11 Januari 1993

Pembimbing I, Disetujui oleh: Pembimbing II,

Drs. Wachju Subchan, M.S. Ph.D.
NIP 19630813 199302 1 001

Prof. Dr. H. Joko Waluyo, M.Si.
NIP 1957 1028 198503 1 001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Toksistas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 02 Oktober 2014

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
NIP 19630813 199302 1 001

Prof. Dr. H. Joko Waluyo, M.Si.
NIP. 19571028 198503 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Kamalia Fikri, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19840223 201012 2 004

Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes.
NIP. 19600309 198702 2 002

Mengesahkan

Dekan FKIP Universitas Jember,

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.
NIP. 19540501 198203 1 005

RINGKASAN

Toksisitas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.); Vina Aulia; 100210103051:80 halaman; Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi adalah sentra penghasil ikan terbesar di Jawa Timur dengan jumlah produksi ikan tahun 2013 sebesar 27.748 ton. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh seluruh industri pengolahan ikan di Muncar mencapai 14.266 m³ setiap harinya (Priambodo, 2011). Salah satu jenis industri pengolahan ikan yang memberikan kontribusi besar bagi pencemaran sungai setempat adalah industri pengalengan ikan. Sejumlah industri pengolahan ikan yang ada di daerah tersebut belum menjalankan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan baik. Akibat dari hal tersebut beberapa bahan pencemar dan parameter kualitas air yang terdapat di sungai di sekitar kawasan industri pengolahan ikan telah jauh melebihi kadar baku mutu kualitas air yang ditetapkan oleh pemerintah. Penurunan kualitas air sungai di kawasan Muncar berdampak pada musnahnya ikan-ikan air tawar yang dulu menempati sungai-sungai di Muncar serta berdampak buruk pada usaha ternak ikan air tawar. Diantara ternak ikan air tawar yang dulu banyak terdapat di Muncar adalah ternak ikan Mas dan ikan Nila. Untuk itu, peneliti melakukan pengujian toksisitas limbah terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya LC₅₀ dan LC₉₀ limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.), serta menganalisis perbedaan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Penelitian dilakukan pada bulan April 2014 di *Greenhouse* Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA,

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Serial konsentrasi limbah pengalengan ikan yang digunakan pada penelitian ini adalah 1,25%; 2,5%; 5%; dan 10% yang dilakukan dengan 3 kali ulangan. Jumlah ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 150 ikan Mas dan 150 ikan Nila. Setiap perlakuan menggunakan 10 ekor ikan uji dalam campuran medium limbah cair 10 liter. Data yang diperoleh adalah data mortalitas ikan Mas dan ikan Nila pada 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Analisis data yang digunakan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada penelitian ini adalah Analysis of Variance (ANOVA), jika terdapat perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan. Analisis data untuk mengetahui LC_{50} dan LC_{90} menggunakan analisis Probit, sedangkan untuk mengetahui perbedaan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap ikan Mas dan ikan Nila menggunakan uji T.

Berdasarkan hasil dan analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar sangat toksik terhadap ikan Mas dan ikan Nila. karena dari hasil analisis didapat nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$). Besarnya LC_{50} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Mas pada waktu dedah 24, 48, 72, dan 96 jam adalah 2,523%; 1,243%; 0,562%; dan 0,071%. Besarnya LC_{90} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Mas pada waktu dedah 24, 48, 72, dan 96 jam adalah 8,250%; 4,064%; 1,838%; dan 0,232%. Besarnya LC_{50} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Nila pada waktu dedah 24, 48, 72, dan 96 jam adalah 4,529%; 2,582%; 1,853%; dan 1,080%. Besarnya LC_{90} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Nila pada waktu dedah 24, 48, 72, dan 96 jam adalah 11,109%; 6,333%; 4,544%; dan 2,650%. Hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai uji akut limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap ikan Mas dan ikan Nila dengan metode *renewal test* (penggantian larutan uji) dan metode *flow through test* (aliran kontinu).

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Toksistas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Sunardi, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Susi Setiawani, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP Universitas Jember;
3. Prof. Dr. Suratno, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Drs. Wachju Subchan, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I dan Prof. Dr. H. Joko Waluyo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan serta mengorbankan waktu, tenaga dan pikiran sejak awal hingga akhir penelitian maupun saat penulisan skripsi ini;
5. Kamalia Fikri, S.pd., M.Pd. dan Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan banyak masukan dalam penulisan skripsi ini;
6. Drs. Slamet Hariyadi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
7. Bapak Tamyis dan Bapak Adi selaku teknisi Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;

8. Keluarga besarku yang selalu memberi semangat, doa, dan dukungan baik moral maupun materi;
9. Seseorang di sana, Luber Tandho Indra Putra yang selalu memberiku canda tawa, motivasi, dan mendengar keluh kesahku selama ini.
10. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Biologi angkatan 2010, Anis, Inayah, Rusda, Elda, Sonya dan teman-teman lain yang senantiasa memberikan semangat serta canda tawa selama di kampus.
11. Teman-teman Pondok Pesantren Al-Husna yang selalu memberikan keceriaan selama ini;
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan balasan atas kebaikan semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jember, Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING	v
HALAMAN PERSETUJUAN	Vi
HALAMAN PENGESAHAN	Vii
RINGKASAN	Viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan Dan Pengaruhnya Terhadap Mortalitas Ikan	7
2.1.1 kandungan Limbah Cair Industri pengalengan Ikan di Muncar	7

2.1.2 Pengaruh Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan Terhadap Mortalitas Ikan	9
2.2 Mortalitas	13
2.3 Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Toksisitas	14
2.4 Parameter Kualitas Air Bagi Kehidupan Ikan	16
2.5 Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	19
2.5.1 Morfologi dan Klasifikasi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)..	20
2.5.2 Syarat dan Kebiasaan Hidup Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	22
2.6 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	23
2.6.1 Morfologi dan Klasifikasi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	23
2.6.2 Syarat dan Kebiasaan Hidup Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	24
2.6 Hipotesis Penelitian	26
BAB 3. METODE PENELITIAN	28
3.1 Jenis Penelitian	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3 Identifikasi Variabel Penelitian	28
3.3.1 Variabel Bebas (<i>Independent variable</i>)	28
3.3.2 Variabel Terikat (<i>Dependent variable</i>)	28
3.3.3 Variabel Terkendali	28
3.3.4 Variabel Pendukung	29
3.4 Alat dan Bahan	29
3.4.1 Alat Penelitian	29
3.4.2 Bahan Penelitian	29
3.5 Definisi Operasional	29
3.6 Populasi dan Sampel	30

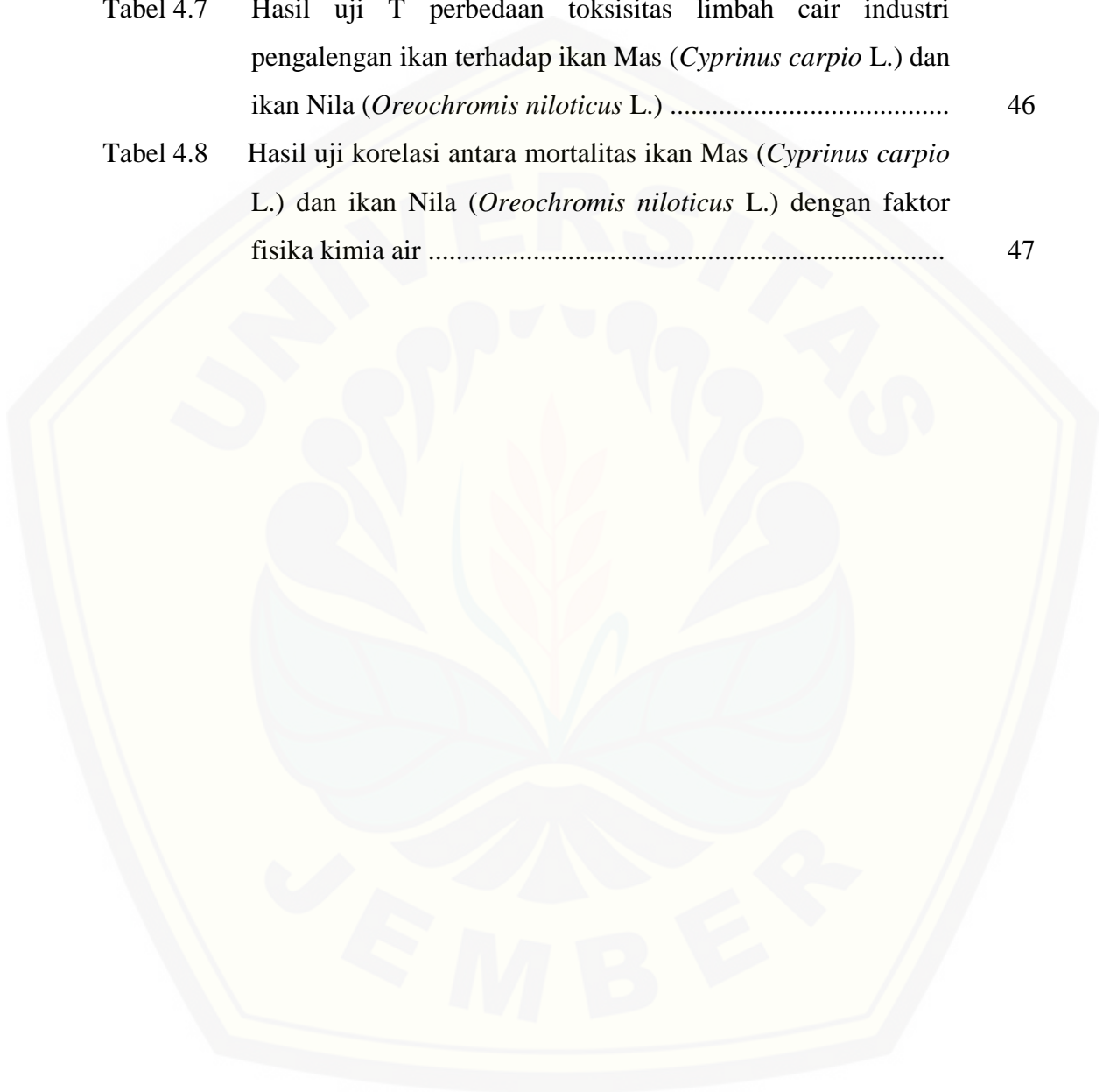
3.6.1 Populasi	30
3.6.2 Sampel	30
3.7 Desain Penelitian	31
3.7.1 Desain Uji Pendahuluan	31
3.7.2 Desain Uji Toksisitas Akhir	31
3.8 Prosedur Penelitian	34
3.8.1 Persiapan Penelitian	34
3.8.2 Uji Pendahuluan	35
3.8.3 Uji Toksisitas akhir	36
3.9 Parameter Penelitian	37
3.9.1 Parameter Utama	37
3.9.2 Parameter Pendukung	37
3.10 Analisis Data	38
3.11 Alur Penelitian	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil	40
4.1.1 Hasil Uji Kandungan Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar	40
4.1.2 Hasil Uji Pendahuluan	40
4.1.3 Hasil Uji Akhir	42
a. Hasil uji Anova dan uji Duncan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	43
b. Nilai LC ₅₀ toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	45

c. Uji perbedaan mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	46
d. Hubungan antara mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) dengan faktor fisika kimia air	46
e. Hasil pengamatan pengaruh limbah cair industri pengalengan ikan terhadap tingkah laku ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	47
4.2 Pembahasan	49
4.2.1 Toksisitas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan terhadap Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	50
4.2.2 Perbedaan Mortalitas Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	54
4.2.3 Hubungan Faktor Lingkungan Air terhadap Mortalitas Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	55
4.2.4 Tingkah Laku Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) yang didedahkan dengan Limbah cair Industri Pengalengan Ikan	56
BAB 5. KESIMPULAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN-LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Baku mutu air limbah untuk industri pengolahan hasil perikanan	7
Tabel 3.1 Rancangan uji pendahuluan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	31
Tabel 3.2 Rancangan uji toksisitas akhir limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	32
Tabel 3.3 Parameter utama penelitian	36
Tabel 4.1 Hasil uji kandungan limbah cair industri pengalengan ikan	40
Tabel 4.2 Hasil uji Anova pengaruh limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) pada waktu dedah 24, 48, 72, dan 96 jam	43
Tabel 4.3 Hasil uji Duncan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) selama 24, 48, 72, dan 96 jam	44
Tabel 4.4 Hasil uji Anova pengaruh limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) pada waktu dedah 24, 48, 72, dan 96 jam	44
Tabel 4.5 Hasil uji Duncan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) selama 24, 48, 72, dan 96 jam	45
Tabel 4.6 Nilai LC ₅₀ toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	45

Tabel 4.7	Hasil uji T perbedaan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	46
Tabel 4.8	Hasil uji korelasi antara mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) dengan faktor fisika kimia air	47



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Morfologi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	20
Gambar 2.2 Morfologi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	23
Gambar 2.3 Skema Kerangka Teoritis Penelitian	26
Gambar 3.1 Tata letak uji akhir toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	32
Gambar 3.2 Desain penyusunan alat percobaan uji toksisitas akhir limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.): a. Kabel roll; b. Aerator; c. Kain kasa Selang; d. Tali Rafia; e. Penjepit selang; f. Selang; g. Batu aerator; h. Timba	33
Gambar 3.3 Skema Alur Penelitian	39
Gambar 4.1 Diagram hasil uji pendahuluan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas dan ikan Nila ..	41
Gambar 4.2 Diagram hasil uji akhir toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas dan ikan Nila	42
Gambar 4.3 Ikan yang mati dengan isi perut keluar	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN	64
LAMPIRAN B. DATA HASIL PENELITIAN	66
B1. Data Hasil Pengukuran Mortalitas dan Faktor Lingkungan Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	66
B2. Data Hasil Pengukuran Mortalitas dan Faktor Lingkungan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	68
LAMPIRAN C. HASIL UJI ANOVA DAN UJI DUNCAN MORTALITAS IKAN MAS (<i>Cyprinus carpio</i> L.) DAN IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	71
C1. Toksisitas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan terhadap Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	71
C2, Toksisitas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan terhadap Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	75
LAMPIRAN D. ANALISIS NILAI LC₅₀ LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN IKAN TERHADAP IKAN MAS (<i>Cyprinus carpio</i> L.) DAN IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	79
D1. Analisis Nilai LC ₅₀ Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan terhadap Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	79
D2, Analisis Nilai Lc ₅₀ Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan Terhadap Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	84
LAMPIRAN E. HASIL UJI T MORTALITAS IKAN MAS (<i>Cyprinus carpio</i> L.) DAN IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	89

LAMPIRAN F. HASIL UJI KORELASI ANTARA MORTALITAS IKAN MAS (<i>Cyprinus carpio</i> L.) DAN IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) DENGAN FAKTOR FISIKA KIMIA AIR.....	90
F1. Hasil Uji Korelasi antara Mortalitas Ikan Mas (<i>Cyprinus Carpio</i> L.) dengan Faktor Fisika Kimia Air	90
F2. Hasil Uji Korelasi antara Mortalitas Ikan Nila (<i>Oreochromis Niloticus</i> L.) dengan Faktor Fisika Kimia Air	92
LAMPIRAN G. FOTO PENELITIAN	93
LAMPIRAN H. SURAT IZIN PENELITIAN	99
H1. Surat Rekomendasi Izin Pengujian Limbah ke Badan Lingkungan Hidup Banyuwangi	99
H2. Surat Hasil Pemeriksaan Sampel Limbah	100
H3. Surat Laporan Hasil Pengujian Limbah	101
H4. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi I	102
H5. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi II	103

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi adalah sentra penghasil ikan terbesar di Jawa Timur dengan jumlah produksi ikan tahun 2011 sebesar 38.329 ton (Dinas Kelautan dan Perikanan kabupaten Banyuwangi, 2011). Berdasarkan data dari Dinas Kelautan dan Perikanan kabupaten Banyuwangi pada tahun 2013 terdapat 52 industri pengolahan ikan skala besar dan 96 industri pengolahan ikan skala kecil yang tersebar di tiga desa di Kecamatan Muncar. Industri pengolahan ikan tersebut diantaranya adalah industri minyak ikan, industri tepung ikan, industri *cold storage*, industri pengalengan ikan, industri pemindangan ikan, dan produk lainnya (Dinas Kelautan dan Perikanan kabupaten Banyuwangi, 2013). Perkembangan industri perikanan di Muncar tersebut tidak hanya memberikan dampak positif bagi perekonomian dan pemenuhan kebutuhan ikan nasional, namun juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan akibat banyaknya limbah yang tidak dikelola dengan baik sehingga menimbulkan pencemaran (Kadaria, dkk., 2012).

Dampak negatif dari perkembangan industri perikanan tersebut salah satunya adalah pencemaran sungai. Hal itu terjadi karena sejumlah industri pengolahan ikan yang ada di daerah tersebut belum menjalankan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan baik. Air limbah rata-rata dialirkan lewat pipa ke muara sungai dalam kondisi yang masih keruh dan bau (Yuli, 2011). Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh seluruh industri pengolahan ikan di Muncar mencapai 14.266 m³ setiap harinya (Priambodo, 2011).

Industri pengalengan ikan merupakan salah satu jenis industri yang memberikan kontribusi besar bagi pencemaran sungai di Muncar. Limbah yang dihasilkan oleh industri ini berupa limbah cair berwarna kuning, berbau menyengat dan suhunya mencapai 33°C (Kadaria, dkk., 2012). Dengan dibuangnya limbah cair tersebut ke sungai, membuat keadaan sungai menjadi keruh, berwarna kehitaman, dan

berbau menyengat. Limbah cair dari industri pengalengan ikan tersebut masih mempunyai kandungan minyak yang cukup tinggi (Setiyono dan Yudo, 2008). Dari hasil observasi, peneliti menemukan bahwa permukaan sungai yang berada di kawasan industri Muncar tertutupi oleh lapisan minyak. Meskipun limbah cair tersebut telah banyak dimanfaatkan oleh penduduk setempat untuk diambil kembali minyaknya, namun hal tersebut tidak cukup untuk menghilangkan dampak pencemaran yang ada (Setiyono dan Yudo, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Setiyono dan Yudo pada tahun 2008, beberapa bahan pencemar dan parameter kualitas air yang terdapat di sungai di sekitar kawasan industri pengolahan ikan telah jauh melebihi kadar baku mutu kualitas air yang ditetapkan oleh pemerintah, diantaranya yaitu TSS (*Total Suspended Solid*), BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), sulfida, klorin bebas, minyak dan lemak. Selain berbagai bahan-bahan pencemar tersebut, masih terdapat bahan-bahan pencemar anorganik dan logam berat lainnya namun kadarnya masih dibawah baku mutu kualitas air yang ditetapkan oleh pemerintah (Setiyono dan Yudo, 2008).

Sungai di kawasan Muncar yang telah tercemar oleh limbah industri perikanan antara lain Kali Mati, Kali Tratas, dan Kali Moro (Setiyono dan Yudo, 2008). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kadaria, dkk. (2012), limbah cair industri pengalengan ikan yang ada di Muncar mempunyai nilai LC₅₀₋₂₄ sebesar 7,11% terhadap *Artemia* dan LC₅₀₋₂₄ sebesar 3,13 % terhadap *Daphnia*. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa limbah cair industri pengalengan ikan menyebabkan musnahnya zooplankton yang berperan sebagai sumber makanan bagi ikan dan biota air lainnya serta berdampak lebih lanjut terhadap rusaknya ekosistem sungai.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kadaria, dkk. (2012), tersebut tentang toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan dan minyak ikan terhadap *Artemia* dan *Daphnia*, maka akan dilakukan penelitian lanjutan tentang toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (*Ciprinus carpio* L.) dan

ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Hal tersebut dikarenakan selain berbahaya bagi zooplankton, diduga tingginya kadar bahan pencemar tersebut juga berdampak buruk terhadap kehidupan ikan. Hal itu disebabkan oleh banyak faktor, misalnya rendahnya kadar oksigen terlarut. Menurut Kordi dan Tancung (2007), kekurangan oksigen dalam jaringan tubuh dapat menyebabkan nekrosis pada jaringan jantung. Sedangkan berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam badan air dapat menyebabkan ikan tidak nafsu makan. Akibat lebih jauh dari hal tersebut adalah metabolisme ikan terhambat sehingga pertumbuhan dan produktivitas ikan berkurang (Val, dkk., 2006). Sementara itu, kandungan padatan terlarut dan padatan tersuspensi yang berasal dari sisa-sisa pengolahan ikan dapat menyebabkan badan air semakin keruh. Partikel-partikel yang ada di dalam air dapat menempel pada insang sehingga pernapasan insang terganggu (Rich, 2010). Bila terjadi kerusakan insang maka ikan mudah terinfeksi jenis protozoa dan bakteri (Kordi dan Tancung, 2007).

Berdasarkan penelitian Setiyono dan Yudo (2008), biota yang menempati tiga sungai tercemar di Muncar kini telah digantikan oleh belatung dan hewan bentos lainnya yang menyukai perairan keruh dan berlumpur. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, keberadaan ikan air tawar yang dulu menempati sungai-sungai di Muncar sudah tidak ada lagi. Pengusaha kolam ikan air tawar yang ada di daerah tersebut juga berkurang akibat dari penurunan kualitas air.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti bermaksud menguji perbedaan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas, sebagai ikan yang sangat peka terhadap perubahan kondisi lingkungan air dengan ikan Nila yang lebih tahan terhadap rentangan kondisi perairan yang luas. Oleh sebab itu, peneliti mengangkat judul tentang “Toksisitas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus Carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus* L.)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

- a. Apakah limbah cair industri pengalengan ikan berpengaruh terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)?
- b. Berapakah besarnya LC_{50} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)?
- c. Berapakah besarnya LC_{50} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)?
- d. Adakah perbedaan antara mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)?
- e. Adakah hubungan faktor fisiko kimia perairan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)?

1.3 Batasan Masalah

Untuk meminimalisir kesalahan dalam menafsirkan permasalahan yang terkandung dalam penelitian ini maka permasalahan tersebut dibatasi sebagai berikut.

- a. Toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) ditetapkan berdasarkan nilai LC (*Lethal Concentration*)₅₀, yaitu konsentrasi dimana ikan mati sebanyak 50 % dari jumlah populasi.
- b. Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair yang diambil dari kanal pembuangan limbah yang berasal dari pabrik industri pengalengan ikan, dan limbah tersebut belum tercampur dengan air sungai.
- c. Limbah cair tersebut diperoleh dari salah satu industri pengalengan ikan dengan skala produksi besar (skala ekspor) di Jl. Pelabuhan desa Kedungrejo, kecamatan Muncar, kabupaten Banyuwangi.
- d. Lamanya waktu penyimpanan limbah cair terhitung sejak pengambilan hingga penggunaan dalam penelitian adalah maksimal 24 jam.

- e. Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan yang berusia 1,5 bulan dengan ukuran $4,5 \pm 0,5$ cm dan berat badan $3,5 \pm 0,5$ gram.
- f. Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Benih Ikan Rambigundam yang beralamat di Jl. Argopuro 224 Rambipuji, Jember.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Untuk menganalisis pengaruh limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).
- b. Untuk menganalisis besarnya LC_{50} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.).
- c. Untuk menganalisis besarnya LC_{50} limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap mortalitas ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).
- d. Untuk menganalisis perbedaan antara mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).
- e. Untuk mengetahui adanya hubungan faktor fisiko kimia perairan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

a. Manfaat Bagi Peneliti

Dapat menambah pengetahuan khususnya dalam bidang ilmu ekologi perairan tentang toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

b. Manfaat Bagi Lembaga Terkait

Sebagai saran pertimbangan bagi pengelola industri untuk mengelola limbah cair secara profesional dan mengelola kelestarian badan air penerima limbah cair, serta sebagai bahan informasi bagi para pengambil keputusan terutama pejabat daerah dalam mengelola kualitas lingkungan hidup secara berkelanjutan.

c. Manfaat Bagi Masyarakat

Dapat memberikan informasi baru bahwa limbah cair industri pengalengan ikan bersifat toksik terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan dan Pengaruhnya terhadap Mortalitas Ikan

2.1.1 Kandungan Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair (Permen LH, 2007). Menurut Sahubawa (2011), limbah industri perikanan berpotensi menimbulkan pencemaran karena mengandung protein dan lemak yang bersifat terlarut, tersuspensi, dan mudah terurai. Permasalahan utama dari industri perikanan adalah tingginya konsumsi air serta tingginya material organik, minyak dan lemak, amonia, dan garam yang terkandung dalam limbahnya (Sunny dan Mathai, 2013). Bentuk pencemaran yang timbul dan dikeluhkan masyarakat akibat limbah industri perikanan adalah pencemaran air tanah dan air permukaan, pencemaran udara berupa bau busuk dan debu/partikel, perubahan peruntukan badan air (terutama air sungai untuk kebutuhan minum, mandi, dan budidaya biota air), kematian masal biota air budidaya (ikan dan udang), konflik kepentingan, dan bentuk pencemaran lainnya (Sahubawa, 2011).

Sumber utama limbah cair pengalengan ikan adalah air dari proses pencucian, sisa pemasakan dan pengepresan ikan yang mengandung bahan organik terlarut, padatan tersuspensi dan terlarut, nutrient, dan minyak (Kementerian Negara Lingkungan Hidup dalam Setiyono dan Yudo, 2008). Hasil analisis karakteristik limbah perikanan di Muncar menunjukkan beberapa parameter yang melebihi baku mutu kualitas air (Setiyono dan Yudo, 2008; Priambodo, 2011). Hal tersebut menunjukkan bahwa pembuangan limbah kuantitasnya melebihi daya tampung badan air penerima sehingga mengakibatkan penurunan kualitas air dan pencemaran (Setiyono dan Yudo, 2008; Priambodo, 2011). Adapun baku mutu limbah pengalengan dan pengolahan ikan ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah untuk industri pengolahan hasil perikanan

Parameter	Pengalengan Ikan	Lebih Dari Satu Jenis Kegiatan Pengolahan	Industri Perikanan dengan IPAL terpusat
	Kadar Maksimum (mg/l)	Kadar Maksimum (mg/l)	Kadar Maksimum (mg/l)
pH	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
TSS	30	30	30
Sulfida (H ₂ S)	1	1	1
NH ₃ -N (total)	5	5	5
Klor bebas	1	1	1
BOD ₅	75	100	100
COD	150	150	150
Minyak dan Lemak	6,5	15	10
Volume air Limbah (m ³ / ton bahan baku ikan)		5	

(Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013)

Kandungan limbah cair industri pengalengan ikan berupa bahan organik yang tersisa dari proses pengolahan ikan (Sahubawa, 2011). Limbah cair tersebut akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi. Apabila kandungan polutan organik yang cukup tinggi terbuang ke badan air dapat mengakibatkan terganggunya kualitas air dan menurunkan daya dukung lingkungan perairan di sekitar kawasan tersebut. Penurunan daya dukung lingkungan tersebut menyebabkan kematian organisme air, terjadinya blooming *alga* sehingga menghambat pertumbuhan tanaman air lainnya dan menimbulkan bau (Odum, 1998).

Bertambahnya kandungan bahan-bahan organik pada badan perairan menyebabkan proses eutrofikasi. Bahan-bahan organik tersebut sebenarnya dapat mengalami degradasi secara alami, namun banyaknya jumlah limbah cair tersebut tidak sebanding dengan kemampuan badan air untuk menerima dan mendegradasi limbah cair tersebut, sehingga timbul pencemaran. Dengan adanya kadar bahan pencemar organik yang terlalu tinggi di badan sungai, oksigen terlarut yang terkandung dalam air sungai akan dihabiskan untuk proses penguraian kandungan bahan organik yang terkandung dalam limbah tersebut. Jika penguraian limbah secara

aerobik tidak mencukupi, maka dilanjutkan dengan penguraian secara anaerob. Hasil dari penguraian anaerobik tersebut menimbulkan ammonia yang menghasilkan bau. Selain berpengaruh terhadap kadar oksigen terlarut, tingginya kadar pencemar dari limbah cair tersebut juga berpengaruh terhadap pH, salinitas, cahaya, kandungan padatan terlarut dan tersuspensi, serta berbagai parameter fisiko-kimia perairan lainnya (Odum, 1998; Michael, 1995).

2.1.2 Pengaruh Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan Terhadap Mortalitas Ikan

Berikut ini akan dijelaskan masing-masing efek dari kandungan limbah cair industri pengalengan ikan.

a. *Total Suspended Solid (TSS)*

Mortalitas dapat terjadi dengan cepat ketika konsentrasi padatan tersuspensi (*Suspended Solid/ SS*) sangat tinggi (Bash, dkk., 2001). Mortalitas dapat terjadi setelah periode waktu ketika efek subletal dari SS telah mengambil peranan dalam sistem kekebalan tubuh ikan (Rich, 2010). Dalam lingkungan akuatik normal, kandungan SS dan kekeruhan yang tinggi tidak bersifat letal secara langsung terhadap ikan (Wallen, 1951; Swenson and Matson, 1976; Auld and Schubel, 1978 dalam Rich, 2010). Mortalitas disebabkan karena kombinasi dari faktor fisik dan fisiologi yang tergantung pada ketersediaan oksigen terlarut (Bash, dkk., 2001). Partikel-partikel tersuspensi dapat menutupi permukaan insang dan menghalangi kontak insang dengan air sehingga menghalangi pertukaran gas. Partikel yang lebih besar dari SS dapat menyumbat lamella insang sehingga menghalangi sirkulasi air pada insang dan menghalangi pertukaran gas di insang (Rich, 2010).

Secara umum, toleransi ikan terhadap SS bermacam-macam, tergantung pada spesies ikan, variasi tipe dan ukuran partikel, serta kualitas parameter air (termasuk temperatur) (Kerr, 2000). Sebagai contoh, partikel besar dengan banyak sudut lebih letal daripada partikel kecil dan lebih halus (Appleby and Scarratt 1989; Newcombe 1994 dalam Kerr, 2000). Partikel yang lebih kecil kurang dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan insang, namun dapat menyebabkan produksi mukosa pada

epitelium insang (Newcombe dalam Kerr, 2000). Partikel-partikel tajam dalam air dapat terdistribusi dan mengerosi jaringan pada ikan (Ferguson 1994; Kerr, 2000). Berikut ini disebutkan beberapa efek subletal dari SS terhadap ikan (Robertson, dkk., 2006).

- 1) Pengurangan resistensi penyakit (270 mg/l)
- 2) Peningkatan gula darah, glukosa ada plasma, dan kortisol pada plasma (>500 mg/l)
- 3) Kerusakan insang (3000 mg/l)
- 4) Peningkatan kardiak output (3300 mg/l)
- 5) Peningkatan ventilasi (>6000 mg/l)

b. Berkurangnya Kadar Oksigen Terlarut

Menurut Val (2006), pertahanan utama pada ikan dalam menghadapi hipoksia (rendahnya kadar oksigen terlarut dalam air) adalah adaptasi tingkah laku. Setidaknya ada dua macam perubahan tingkah laku yang telah diamati pada ikan-ikan di Amazon, yaitu perubahan posisi dalam kolom air dan migrasi secara lateral. Ketika terekspos oleh hipoksia, banyak spesies ikan bergerak ke bagian yang lebih atas dari kolom air, di mana lebih banyak kadar oksigen terlarut yang secara alami tersedia. Sementara beberapa spesies ikan yang lain mengembangkan bibir bawah mereka untuk memfasilitasi pengambilan oksigen (Gradwell dalam Val, dkk., 2006). Jika akses menuju bagian atas dari kolom air terhalangi, terdapat penurunan yang signifikan dari oksigenasi darah seperti yang telah diteliti pada *Pterygoplichthys multiradiatus* (Val, dkk., 2006).

Adapun ikan yang mengambil nafas di udara berarti tidak terpengaruh oleh fluktuasi kadar oksigen terlarut. Ada beberapa kelompok ikan yang mengambil nafas di udara secara fakultatif. Ikan yang mengambil nafas di udara secara fakultatif menggunakan banyak struktur untuk mengambil oksigen dari udara secara langsung dan mampu “menyetel” perubahan dari *Water-breating* ke *air-breathing* tergantung pada ketersediaan oksigen terlarut (Val, dkk. 2006).

Jika hipoksia tidak bisa dihindari, ikan membuat penyesuaian secara langsung dengan meningkatkan transfer oksigen ke jaringan atau mengurangi konsumsi oksigen dengan mengurangi metabolisme (Val, dkk., 2006). Penyesuaian karakteristik darah sangat umum dilakukan ketika ikan mengalami stress yang termasuk memediasi pembengkakan sel darah merah dan penghasilan sel darah merah dari spleen. Secara umum hipoksia menyebabkan reduksi dari aktivitas spontan dan konsumsi metabolik dari oksigen, meningkatkan ventilasi insang, dan bradycardia (Val, dkk., 2006). Sebagai tambahan dari penyesuaian dalam tingkah laku dan morfologi, ikan mampu meningkatkan afinitas antara darah dan oksigen dengan menyesuaikan tingkat dari fosfat organik (ATP dan GTP) dalam eritrosit (Val, dkk., 2006).

c. Klorin (Cl_2)

Toksisitas klorin terhadap kehidupan biota air tawar tergantung pada bermacam-macam faktor (EPA, 1985). Pada studi tunggal hubungan alkalinitas terhadap klorin tidak mempengaruhi toksisitas klorin (Tarson, dkk. dalam EPA, 1985), tetapi hampir semua faktor lain yang telah dipelajari mempengaruhi toksisitas dari klorin (Fandrel dan Collin dalam EPA, 1985). Bentuk dari klorin (baik tunggal maupun berikatan) mempengaruhi toksisitas pada pemaparan pendek antara beberapa menit hingga empat jam (EPA, 1984). Merken (1954, dalam EPA 1985), menemukan bahwa bentuk dari klorin tunggal lebih toksik daripada klorin yang berikatan.

Reaksi kimia di mana klorin dapat mengganggu kehidupan akuatik belum diketahui sepenuhnya. Seperti yang dicatat oleh beberapa peneliti melaporkan bahwa enzim ekstra seluler yang mengandung ikatan sulfhidril (-SH), yang penting bagi metabolisme seluler segera teroksidasi oleh pemaparan klorin, baik pada tumbuhan maupun hewan. Ikatan enzimatik secara ireversibel dihancurkan karena kuatnya ikatan kovalen yang terbentuk (Singleton, 1989).

Insang merupakan organ yang pertama disarankan sebagai tempat utama untuk menguji toksisitas klorin terhadap ikan berdasarkan pada kerusakan yang diamati

pada insang sesuai lamanya pemaparan (Singleton, 1989). Chairns, (dalam Singleton, 1989) menyimpulkan bahwa *mode of toxic action* primer dari klorin residu terhadap ikan adalah kerusakan akut pada jaringan insang disertai dengan akumulasi mukus yang dapat menghambat pengambilan oksigen, menyebabkan kematian karena terjadinya asfiksi.

Konsentrasi akut dari klorin residu telah ditunjukkan untuk mengubah komponen kimia dalam darah ikan (Singleton, 1989). Zetlhoun (dalam Singleton, 1989), mengukur peningkatan pospat, magnesium, besi, tembaga dan potasium, serta penurunan sodium pada plasma darah *Onchorynchus mykiss* yang berusia tiga tahun. Mereka menyimpulkan bahwa toksisitas dari klorin dapat mengganggu homeostasis mineral dalam darah.

Pada review yang luas tentang toksisitas klorin terhadap kehidupan akuatik, Brungs, (dalam singleton 1989) menyimpulkan bahwa nilai LC_{50-96} dari klorin terhadap beberapa ikan air tawar paling sensitif (trout, salmon, dan ikan-ikan kecil) berada di antara nilai 40 dan 80 $\mu\text{g/l}$. Sementara itu Chairs dan Conn (dalam Singleton 1989) menyatakan bahwa nilai minimum dan rata-rata dari LC_{50-96} dari klorin terhadap *Onchorynchus mykiss* adalah 10 dan 40 $\mu\text{g/l}$.

d. Hidrogen Sulfida (H_2S)

Hidrogen sulfida dapat menghambat kerja beberapa enzim, termasuk yang berperan dalam fosforilasi oksidatif sehingga menyebabkan ketidaksesuaian metabolisme dan penghasilan oksigen radikal. Ikan-ikan yang terekspos oleh HS tidak bisa mempertahankan aktivitas biologi secara normal. Sebagaimana peningkatan hidrogen sulfida berjalan bersama pengurangan oksigen, banyak kelompok ikan memperbaiki dengan keadaan dengan meningkatkan transfer oksigen ke jaringan, menyebabkan semakin banyak transfer hidrogen sulfida ke jaringan. Untuk menghindari kondisi asam dan masuknya HS ke jaringan, ikan juga beralih ke *air-breather* (Val, dkk., 2006).

e. Ammonia (NH₃-N) dan Nitrat (HNO₃-N)

Akibat lain dari eutrofikasi selain penurunan kadar oksigen terlarut adalah adanya akumulasi yang signifikan dari ammonia, fosfat anorganik, nitrat, dan nitrit (Wu dan Gonzales, dkk. dalam Val, dkk., 2006). Nitrit bersama dengan campuran nitrogen lain dapat berdifusi melalui insang dan masuk ke eritrosit untuk mengubah hemoglobin menjadi metemoglobin. Metemoglobin ini tidak bisa berikatan dengan oksigen secara reversibel (Val, dkk., 2006).

Russo (2006), menyebutkan bahwa nitrit mempunyai efek subletal dan letal terhadap ikan. Efek subletal nitrit terhadap ikan antara lain: renang yang tidak teratur, peningkatan frekuensi gerakan operkulum, beristirahat di dekat permukaan atau di dasar air dengan gerakan operkulum yang tidak biasa, kehilangan keseimbangan, dan rubuh ke arah samping. Selain itu, juga terjadi pengurangan konsumsi makan dan pengurangan pertumbuhan (Kuta dan Gaikwad dalam Russo, 2006). Sedangkan efek letal dari nitrit pada ikan tergantung dari banyaknya kadar nitrat dalam air dan ketahanan ikan tersebut terhadap nitrit. Untuk ikan nila dan golongan Cichlidydae, nitrit dapat bersifat letal pada konsentrasi 8 dan 17,43 ml/L (Russo, 2006).

2.2 Mortalitas

Menurut Odum (1998), yang dimaksud dengan mortalitas adalah kematian individu-individu dalam populasi. Mortalitas dapat dinyatakan sebagai individu yang mati dalam kurun waktu tertentu (kematian per waktu) (Odum, 1998). Colinvaux (1993) menyebutkan berbagai kemungkinan bentuk kematian sebagai berikut: 1) kelaparan (kekurangan energi langsung: kalori makanan atau cahaya); 2) malnutrisi (kekurangan nutrisi, air, atau senyawa penting); 3) predasi; 4) penyakit parasitik; 5) kecelakaan (mungkin yang disebabkan oleh cuaca); 6) Kegagalan untuk dilahirkan; dan 7) kegagalan untuk menemukan pasangan.

Adapun menurut Jennings, dkk (2001), secara umum angka kematian ikan sangat tinggi selama tahap larva dan menurun seiring dengan pertambahan usia ikan mendekati angka yang stabil. Angka ini kemudian meningkat secara eksponensial

ketika ikan mendekati usia maksimal (Jennings, dkk., 2001). Dalam Sriegfried dan Sanso (2007), disebutkan persamaan untuk menghitung angka mortalitas alami pada ikan adalah sebagai berikut.

$$Y(a.t.F.M) = (1 - e^{-F-M})N(a.t)W(a) \frac{F}{F + M}$$

Dimana, M = mortalitas

a = usia

t = waktu

F = kematian akibat penangkapan

$N(a.t)$ = jumlah individu usia a pada waktu t

$W(a)$ = berat pada usia a

Kematian alami dapat terjadi melalui predasi dan non-predasi, seperti penuaan dan penyakit. Mortalitas alami pada ikan juga dapat bervariasi menurut ukuran, jenis kelamin, beban parasit, kepadatan populasi, ketersediaan pangan, dan predator (Sriegfried dan Sanso, 2007).

2.3 Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Toksisitas

Toksisitas merupakan sifat relatif toksikan berkaitan dengan potensinya mengakibatkan efek negatif bagi makhluk hidup. Toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi paparan, sifat lingkungan, dan spesies biota penerima. 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. Efek tersebut dapat bersifat reversibel sehingga dapat pulih kembali dan dapat pula bersifat irreversibel yang tidak mungkin untuk pulih kembali (michael, 1995).

Menurut Mangkoediharjo dan Samudro (2009), limbah atau toksikan di alam ada yang bersifat tunggal dan campuran. Keberadaannya di lingkungan (terutama perairan) akan berinteraksi dengan komponen atau faktor lain. Tingkat toksisitas dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut.

- a. Berkaitan dengan toksikan itu sendiri. Toksisitas toksikan dapat dipengaruhi oleh komposisi toksikan. Ada kemungkinan komponen toksikan mempunyai perbedaan toksisitas. Faktor lain adalah sifat-sifat fisik kimia toksikan.
- b. Berkaitan dengan pemaparan toksikan. Toksikan akan menghasilkan efek negatif jika kontak dan bereaksi dengan target biota pada konsentrasi tertentu dan waktu tertentu. Faktor-faktor yang berkaitan dalam pemaparan toksikan adalah:
 - 1) Jenis toksikan
Toksikan hidrofilik (suka air) akan terlarut dalam air dan lebih cepat mengadakan kontak reaksi dibanding toksikan hidrofobik bagi biota pelagik.
 - 2) Durasi pemaparan
Pemaparan jangka pendek (skala waktu jam dan hari) secara umum sangat pendek dibandingkan umur reproduksi biota dari toksikan (misalnya hidrofilik) dapat memberikan efek akut. Pemaparan jangka panjang (skala waktu hari, minggu, bulan dan tahun) secara umum meliputi umur generasi biota mungkin diperlukan bagi toksikan (misalnya hidrofobik) agar memberi kesempatan toksikan mengadakan kontak reaksi dan memberikan efek kronis.
- c. Frekuensi pemaparan
Frekuensi pemaparan bisa sekali, berulang atau kontinu.
- d. Konsentrasi toksikan
Pada umumnya berkaitan dengan frekuensi pemaparan. Pemaparan sekali terjadi pada konsentrasi tinggi dan menurun untuk pemaparan berulang hingga kontinu.
- e. Berkaitan dengan lingkungan Sifat-sifat lingkungan yang mempengaruhi toksikan di atas juga mempengaruhi toksisitas toksikan.
- f. Berkaitan dengan biota Toksisitas toksikan berbeda untuk berbagai spesies biota, karena adanya perbedaan ketahanan dan kemudahan spesies biota menerima

toksikan. Perbedaan diantara spesies biota tersebut berkaitan dengan faktor-faktor genetik, umur dan status kesehatan.

2.4 Parameter Kualitas Air Bagi Kehidupan Ikan

a. Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian, dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi dalam air (Effendi, 2003).

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya O₂, CO₂, N₂, CH₄, dan sebagainya (Haslam dalam Effendi, 2003). Selain itu, peningkatan suhu juga mengakibatkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu perairan sebesar 10° C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2 - 3 kali lipat (Effendi, 2003). Dari aspek lain, suhu berpengaruh terhadap kadar oksigen terlarut di dalam air. Semakin tinggi suhu suatu perairan, semakin sedikit oksigen terlarut di dalamnya (Susanto, 2007).

Pertumbuhan dan kehidupan biota air sangat dipengaruhi suhu air. Kisaran suhu optimal bagi kehidupan ikan di perairan tropis adalah antara 28-32 °C. pada kisaran tersebut konsumsi oksigen mencapai 2,2 mg/g berat tubuh-jam. Di bawah suhu 25 °C, konsumsi oksigen mencapai 1,2 mg/g berat tubuh-jam. Pada suhu 18-25 °C, ikan masih bertahan hidup namun nafsu makannya menurun. Suhu air 12-18 °C mulai berbahaya bagi ikan, sedangkan di bawah suhu 12 °C ikan tropis mati kedinginan. Suhu air yang optimal bagi pertumbuhan ikan mas adalah 20-25 °C, sedangkan suhu air yang optimal bagi pertumbuhan ikan nila adalah 25-33 °C (Kordi dan Tancung, 2007).

b. Kecerahan dan Kekeruhan

Kecerahan air tergantung pada warna dan kekeruhan. Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang ditentukan secara visual dengan menggunakan *secchi disk*, sedangkan kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan pancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air (Effendi, 2003). Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (APHA, 1976).

Kecerahan yang baik bagi budidaya ikan dan udang berkisar 30-40 cm yang diukur menggunakan *secchi disk*. Bila kecerahan sudah mencapai kedalaman kurang dari 25 cm, pergantian air sebaiknya segera dilakukan sebelum fitoplankton mati berurutan yang diikuti penurunan oksigen terlarut secara drastis (Kordi dan Tancung, 2007).

Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya pernapasan dan penglihatan organisme akuatik, serta dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air (Effendi, 2003). Kekeruhan yang baik adalah kekeruhan yang disebabkan oleh jasad-jasad renik atau plankton sampai batas tertentu. Kekeruhan karena suspensi koloid tanah/ lumpur lebih-lebih hidroksida besi sangat berbahaya bagi biota budidaya (Kordi dan Tancung, 2007).

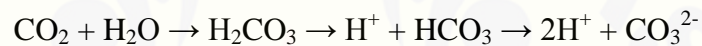
c. TSS (*Total Suspended Solid*) dan TDS (*Total Dissolved Solid*)

Padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $< 10^{-6}$ μm) yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori 0,45 μm . TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter $< 10^{-6}$ mm) dan koloid (diameter 10^{-6} mm – 10^{-3} mm) yang berupa senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 μm (Rao dalam Kordi, 2007). TDS biasanya disebabkan oleh bahan

anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan. Bahan-bahan tersuspensi dan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi bila berlebihan, terutama TSS, dapat meningkatkan nilai kekeruhan; yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air an akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Effendi, 2003).

d. pH dan Asiditas

Tinggi rendahnya pH satu perairan ditentukan oleh kadar CO₂ yang terlarut dalam perairan tersebut (Asmawi, 1986). Perairan umum dengan segala aktivitas fotosintesis dan respirasi organisme yang hidup di dalamnya membentuk reaksi berantai karbonat-karbonat sebagai berikut :



Semakin banyak CO₂ yang dihasilkan dari respirasi, reaksi bergerak ke kanan dan secara bertahap melepaskan ion H⁺ yang menyebabkan pH air turun. Reaksi sebaliknya berbeda dengan aktivitas fotosintesis yang membutuhkan banyak ion CO₂, menyebabkan pH air naik (Kordi dan Tancung, 2007).

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7-8,5 (Effendi, 2003). Menurut Pescod dalam Effendi (2003), pada umumnya, batas toleransi ikan adalah pada pH 4,0 (*acid death point*) sampai pH 11,0 (*basic death point*).

pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Perairan asam akan kurang produktif, malah dapat membunuh hewan budidaya. Pada pH rendah (keasaman yang tinggi) kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan naik, dan selera makan akan berkurang. Kondisi pH yang optimal bagi pertumbuhan ikan mas adalah 7-8, sedangkan pH optimal bagi pertumbuhan ikan nila adalah 7-9 (Kordi dan Tancung, 2007).

e. Oksigen Terlarut

Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (*altitude*) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*), pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air (Effendi, 2003).

Peningkatan suhu sebesar 1 °C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Brown, 1987). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Semakin besar suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang. Kelarutan oksigen dan gas-gas lain juga berkurang dengan meningkatnya salinitas (Effendi, 2003). Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/liter pada suhu 0° C dan 7 mg/liter pada suhu 25° C (McNeely dalam Effendi, 2003). Menurut Kordi dan Tancung (2007), kondisi perairan yang optimal bagi pertumbuhan ikan mas dan ikan nila adalah perairan dengan kadar oksigen terlarut sebesar 5-6 ppm.

2.5 Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

2.5.1 Morfologi dan Klasifikasi Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Ikan mas memiliki bentuk tubuh yang agak memanjang dan sedikit memipih ke samping (*compressed*). Sebagian besar tubuh ikan mas ditutupi oleh sisik. Moncongnya terletak di ujung tengah (terminal) dan dapat disembulkan (protaktil). Pada bibirnya yang lunak terdapat dua pasang sungut (berbel) dan tidak bergerigi. Pada bagian dalam mulut terdapat gigi kerongkongan (*pharyngeal teeth*) sebanyak tiga baris berbentuk geraham. Sirip punggung ikan mas memanjang dan bagian permukaannya terletak berseberangan dengan permukaan sirip perut (ventral). Sirip punggungnya (dorsal) berjari-jari keras, sedangkan di bagian akhir bergerigi. Seperti halnya sirip punggung, bagian belakang sirip dubur (anal) ikan mas ini pun berjari-jari keras dan bergerigi pada ujungnya. Sirip ekornya menyerupai cagak

memanjang simetris hingga ke belakang tutup insang, sisik ikan mas relatif besar dengan tipe sisik lingkaran (*cycloid*) yang terletak beraturan. Garis rusuk atau gurat sisi (*linea lateralis*) yang lengkap terletak di tengah tubuh dengan posisi melintang dari tutup insang sampai ke ujung belakang pangkal ekor (Bachtiar 2002).



Gambar 2.1 Morfologi Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)
(Sumber: *Aquatic Invasive Species*, 2007)

Ikan Mas atau biasa dikenal dengan sebutan ikan Karper mempunyai bentuk tubuh agak memanjang dan memipih tegak. Mulut terletak di ujung tengah dan dapat disembulkan. Bagian anterior mulut terdapat dua pasang sungut berukuran pendek. Secara umum, hampir seluruh tubuh ikan karper ditutupi sisik dan hanya sebagian kecil saja yang tubuhnya tidak ditutupi sisik. Sisik ikan karper berukuran relatif besar dan digolongkan dalam tipe sisik sikloid berwarna hijau, biru, merah, kuning keemasan atau kombinasi dari warna-warna tersebut sesuai dengan rasnya (Napitupulu, 2011).

Adapun klasifikasi ikan Mas menurut ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*) adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Animalia
Subkingdom	: Bilateria
Infrakingdom	: Deuterostoma
Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Infraclass	: Gnathostomata

Superkelas	: Osteichthyes
Kelas	: Actinopterygii
Subkelas	: Neopterygii
Infrakelas	: Teleostei
Super Order	: Ostariophysi
Ordo	: Cypriniforme
Super Famili	: Cyprynoidae
Famili	: Cyprinidae
Genus	: Cyprinus
Spesies	: <i>Cyprinus carpio</i> , L. (http://www.itis.gov).

Saat ini ikan mas mempunyai banyak ras atau strain. Perbedaan sifat dan ciri dari ras disebabkan oleh adanya interaksi antara genotipe dan lingkungan kolam, musim dan cara pemeliharaan yang terlihat dari penampilan bentuk fisik, bentuk tubuh dan warnanya (Napitupulu, 2011). Menurut Suseno (2000), jika diamati lebih lanjut, ada perbedaan dari segi sisik, bentuk badan, sirip mata dan perbedaan ini menunjukkan adanya perbedaan ras pada jenis ikan air tawar. Adapun ciri-ciri dari beberapa strain ikan mas adalah sebagai berikut (Napitupulu, 2011).

- 1) Ikan mas punten: sisik berwarna hijau gelap, potongan badan paling pendek, bagian punggung tinggi melebar, mata agak menonjol, gerakannya gesit, perbandingan antara panjang badan dan tinggi badan antara 2,3:1.
- 2) Ikan mas majalaya: sisik berwarna hijau keabu-abuan dengan tepi sisik lebih gelap, punggung tinggi, badannya relatif pendek, gerakannya lamban, bila diberi makanan suka berenang di permukaan air, perbandingan panjang badan dengan tinggi badan antara 3,2:1.
- 3) Ikan mas si nyonya: sisik berwarna kuning muda, badan relatif panjang; mata pada ikan muda tidak menonjol, sedangkan ikan dewasa bermata sipit, gerakannya lamban, lebih suka berada di permukaan air, perbandingan panjang badan dengan tinggi badan antara 3,6:1.

- 4) Ikan mas taiwan: sisik berwarna hijau kekuning-kuningan, badan relatif panjang, penampang punggung membulat, mata agak menonjol, gerakan lebih gesit dan aktif, perbandingan panjang badan dengan tinggi badan antara 3,5:1.
- 5) Ikan mas koi: bentuk badan bulat panjang dan bersisik penuh, warna sisik bermacam-macam seperti putih, kuning, merah menyala, atau kombinasi dari warna-warna tersebut.

2.5.2 Syarat dan Kebiasaan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Ikan Mas menyukai tempat hidup (habitat) di perairan tawar yang airnya tidak terlalu dalam dan alirannya tidak terlalu deras, seperti di pinggiran sungai atau danau. Ikan Mas dapat hidup baik di daerah dengan ketinggian 150–600 meter di atas permukaan air laut (dpl) dan pada suhu 25-30° C. Meskipun tergolong ikan air tawar, ikan Mas terkadang ditemukan di perairan payau atau muara sungai yang bersalinitas (kadar garam) 25-30% (Susanto, 2007). Adapun menurut Suseno (2000), Ikan Mas dapat tumbuh normal, jika lokasi pemeliharaan berada pada ketinggian antara 150-1000 m di atas permukaan laut, dengan suhu 20°C-25°C dan pH air antara 7-8.

Ikan Mas tergolong jenis omnivora, yakni organisme yang dapat memangsa berbagai jenis makanan, baik yang berasal dari tumbuhan maupun binatang renik. Namun, makanan utamanya adalah tumbuhan dan binatang yang terdapat di dasar dan tepi perairan (Susanto, 2007).

Ikan Mas mulai memijah pada bulan Mei hingga Juli pada perairan dangkal. Ikan mas memerlukan substrat berupa tumbuh-tumbuhan air untuk meletakkan telur-telurnya. Induk ikan Mas dapat bertelur sebanyak 100.000 hingga 500.000 telur. Telur-telur tersebut menetas dalam waktu kurang dari satu minggu (*Aquatic Invasive Species*, 2007).

2.6 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*, L.)

2. 6. 1 Morfologi dan Klasifikasi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)



Gambar 2.2 Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)
(Sumber: Dinas Kelautan dan Perikanan Daerah Provinsi Sulawesi tengah)

Ikan nila memiliki ciri morfologis yaitu berjari-jari keras, sirip perut torasik, letak mulut subterminal dan berbentuk meruncing. Selain itu, tanda lainnya yang dapat dilihat dari ikan nila adalah warna tubuhnya hitam dan agak keputihan. Bagian tutup insang berwarna putih. Sisik ikan nila berukuran besar, kasar dan tersusun rapi. Sepertiga sisik belakang menutupi sisi bagian depan. Tubuhnya memiliki garis linea lateralis yang terputus antara bagian atas dan bawahnya. Linea lateralis bagian atas memanjang mulai dari tutup insang hingga belakang sirip punggung sampai pangkal sirip ekor. Ukuran kepala relatif kecil dengan mulut berada di ujung kepala serta mempunyai mata yang besar (Suyanto, 2003).

Perbedaan antara ikan jantan dan betina dapat dilihat pada lubang genitalnya dan juga ciri-ciri kelamin sekundernya. Pada ikan jantan, di samping lubang anus terdapat lubang genital yang berupa tonjolan kecil meruncing sebagai saluran pengeluaran kencing dan sperma. Tubuh ikan jantan juga berwarna lebih gelap, dengan tulang rahang melebar ke belakang yang memberi kesan kokoh. Sedangkan yang betina biasanya pada bagian perutnya besar (Suyanto 2003).

Menurut ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*) klasifikasi ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Subkingdom	: Bilateria
Infrakingdom	: Deuterostoma
Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Infracilum	: Gnathostomata
Superkelas	: Osteichthyes
Kelas	: Actinopterygii
Subkelas	: Neopterygii
Infrakelas	: Teleostei
Superordo	: Acanthopterygii
Ordo	: Perciformes
Subordo	: Labroidei
Famili	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i> L. (http://www.itis.gov).

2.6.2 Syarat dan Kebiasaan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)

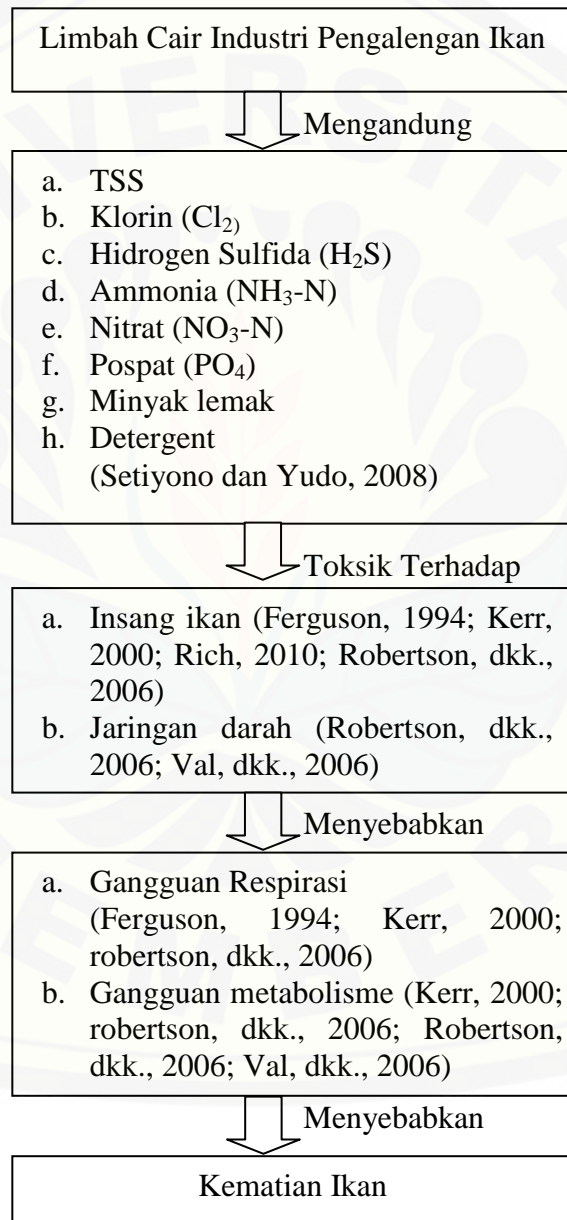
Ikan nila memiliki kemampuan menyesuaikan diri yang baik dengan lingkungan sekitarnya. Ikan ini memiliki toleransi yang tinggi terhadap lingkungan hidupnya, sehingga bisa dipelihara di dataran rendah yang berair payau maupun dataran yang tinggi dengan suhu yang rendah (Trewavas dalam suyanto, 2003). Menurut Suyanto (2003), ikan nila hidup di perairan tawar seperti sungai, danau, waduk dan rawa. Ikan nila dapat hidup di perairan yang dalam dan luas maupun di kolam yang sempit dan dangkal dengan kisaran kadar garam 0-35 permil. Ikan nila mampu hidup pada suhu 14-38° C dengan suhu terbaik adalah 25-30° C dan dengan nilai pH air antara 6-8,5.

Nila merupakan ikan sungai atau danau yang cocok dipelihara di perairan tawar yang tenang, kolam dapat berkembang pesat pada perairan payau misalnya tambak. Kebiasaan makan nila diperairan alami adalah plankton, tumbuhan air yang lunak serta cacing. Benih nila suka mengkonsumsi zooplankton seperti Rotatoria, Copepoda dan Cladocera; sedangkan termasuk alga yang menempal. Pada perairan umum anakan nila sering terlihat mencari makan di bagian dangkal. Sedangkan Nila dewasa di tempat yang lebih dalam. Nila dewasa mampu mengumpulkan makanan berbentuk plankton dengan bantuan lender (mucus) dalam mulut (Dinas Kelautan dan Perikanan Daerah Sulawesi Tengah, 2003).

Nila terlihat memulai memijah sejak umur 4 bulan atau panjang badan berkisar 9.5 cm. pembiakan terjadi setiap tahun tanpa adanya musim tertentu dengan interval waktu kematangan telur sekitar 2 bulan. Induk betina matang kelamin dapat menghasilkan telur antara 250-1.100 butir. Nila tergolong sebagai *Mouth Breeder* atau pengeram dalam mulut. Telur-telur yang telah dibuahi akan menetas dalam jangka 35 hari di dalam mulut induk betina.

2.7 Hipotesis Penelitian

Berikut ini adalah diagram kerangka teoritis yang melandasi perumusan hipotesis dari penelitian ini.



Gambar 2.3 Skema Kerangka Teoritis Penelitian

Berdasarkan alur keterkaitan variabel dalam skema tersebut, maka hipotesis penelitian ini antara lain:

- a. Terdapat pengaruh limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).
- b. Limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar mempunyai nilai LC_{50} tertentu terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.).
- c. Limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar mempunyai nilai LC_{50} tertentu terhadap ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).
- d. Terdapat perbedaan antara mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).
- e. Terdapat hubungan antara faktor fisika kimia perairan dengan mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif karena dari hasil penelitian didapatkan data berupa angka. Berdasarkan ada tidaknya perlakuan, jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Berdasarkan atas tempat atau lokasi, jenis penelitian ini adalah penelitian laboratoris.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *green house* Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember pada bulan April 2014.

3.3 Identifikasi Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas (*Independent variable*)

Variabel bebas adalah kondisi atau karakteristik yang dimanipulasi oleh peneliti untuk mendapatkan jawaban dari fenomena yang diteliti. Variable bebas dalam penelitian ini adalah serial konsentrasi limbah cair industri pengalengan ikan.

3.3.2 Variabel Terikat (*Dependent variable*)

Variabel terikat (*dependent variable*) adalah perubahan kondisi atau karakteristik objek atau fenomena yang diteliti sesuai dengan kondisi variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah jumlah ikan yang mati pada berbagai serial konsentrasi.

3.3.3 Variabel Terkendali

Variabel terkontrol pada penelitian ini antara lain: jenis ikan, umur ikan, panjang tubuh ikan, berat ikan, jenis makanan ikan, dan jumlah makanan ikan.

3.3.4 Variabel Pendukung

Variabel pendukung dalam penelitian ini antara lain: suhu air, pH air, kadar oksigen terlarut, dan jumlah padatan tersuspensi (TSS).

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah dua jerigen besar dengan kapasitas 30 liter untuk mengambil limbah cair industri pengalengan ikan, neraca analitik untuk mengukur berat ikan, penggaris mika untuk mengukur panjang ikan, gelas beaker, gelas ukur dan pipet untuk mengukur konsentrasi pengenceran limbah cair industri pengalengan ikan, DO meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air, pH meter untuk mengukur pH air, empat buah bak besar ukuran 75 liter sebagai tempat suplai ikan, 15 buah aerator dengan perlengkapannya, lima buah kabel rol, 36 bak plastik (timba) dengan kapasitas sepuluh liter sebagai tempat ikan, tali rafia, dan 10 m jaring sebagai penutup bak ikan.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah cair dari industri pengalengan ikan di Muncar, ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.), pakan ikan berupa pelet, balok es untuk menyimpan limbah cair, dan kertas label untuk menandai unit percobaan.

3.5 Definisi Operasional

Peneliti memberikan pengertian untuk operasional variabel penelitian yang ada dalam penelitian ini agar tidak timbul pengertian ganda, yaitu sebagai berikut:

- a. Toksisitas adalah kemampuan racun untuk menghasilkan efek yang merugikan bagi organisme, baik berupa efek letal (kematian) maupun subletal (kerusakan atau gangguan organ).

- b. Kematian ikan ditandai dengan tidak adanya gerakan dari mulut dan insang ikan, ikan tidak memberi respon saat disentuh, warna tubuh berubah ke arah lebih terang, dan beberapa saat kemudian melayang atau mengapung di permukaan air.

3.6 Populasi dan Sampel

3.6.1 Populasi

Populasi penelitian ini adalah ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

3.6.2 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) yang berumur 1,5 bulan dengan panjang $4,5 \pm 0,3$ cm dan berat badan $3,5 \pm 0,5$ gram. Jumlah ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 180 ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan 180 ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) untuk setiap uji pendahuluan dan uji toksisitas akhir.

Disamping kriteria di atas, kriteria ikan yang dapat digunakan dalam penelitian ini menurut EPA (1996) adalah sebagai berikut.

- 1) Ikan harus sehat, tidak cacat, dan tidak menunjukkan stress.
- 2) Kematian ikan tidak lebih dari 10% selama proses aklimatisasi.
- 3) Ikan belum pernah digunakan dalam penelitian, baik sebagai hewan perlakuan maupun kontrol.

3.7 Desain Penelitian

3.7.1 Desain Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan menggunakan lima macam serial konsentrasi limbah cair industri pengalengan ikan, yaitu 0% (kontrol), 1,25%, 2,5%, 5%, 10% dan 20%. Air yang digunakan sebagai kontrol adalah air sumur yang tidak tercemar. Kematian ikan diamati pada 24 dan 48 jam setelah pemaparan limbah cair. Rancangan uji pendahuluan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) ditunjukkan dalam tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Rancangan uji pendahuluan toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)

Perlakuan	Mortalitas Ikan		
	Pengamatan 24 dan 48		
	Ulangan Ke-		
	1	2	3
0 %			
1,25 %			
2,5 %			
5 %			
10 %			
20 %			

3.7.2 Desain Uji Toksisitas Akhir

Uji toksisitas akhir dilakukan untuk mencari nilai LC_{50} dan nilai kadar aman limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Hal-hal yang perlu diamati selama uji akhir antara lain: jumlah mortalitas ikan Mas dan ikan Nila, faktor lingkungan air berupa suhu, pH, dan DO, serta tingkah laku ikan uji. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat macam serial konsentrasi limbah cair industri pengalengan ikan dan satu kontrol memakai air sumur biasa. Macam konsentrasi yang digunakan dalam uji ini antara lain 0%

(kontrol); 1,25%; 2,5%; 5% dan 10%. Uji akhir dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Pengamatan dilakukan pada 24, 48, 72, dan 96 jam setelah pemaparan limbah cair industri pengalengan ikan (EPA, 1996).

Tabel 3.2 Rancangan uji toksisitas akhir limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

Kelompok	Mortalitas Ikan		
	Pengamatan 24, 48, 72, dan 96 Jam		
	Ulangan Ke-		
	1	2	3
K (air sumur)	K.U1	K.U2	K.U3
P1 (1,25%)	P1.U1	P1.U2	P1.U3
P2 (2,5%)	P2.U1	P2.U2	P2.U3
P3 (5%)	P3.U1	P3.U2	P3.U3
P4 (10%)	P4.U1	P4.U2	P4.U3.

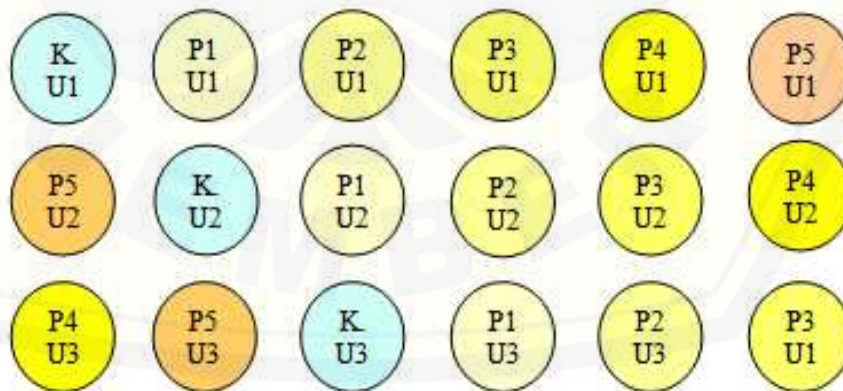
Keterangan :

K : Kontrol

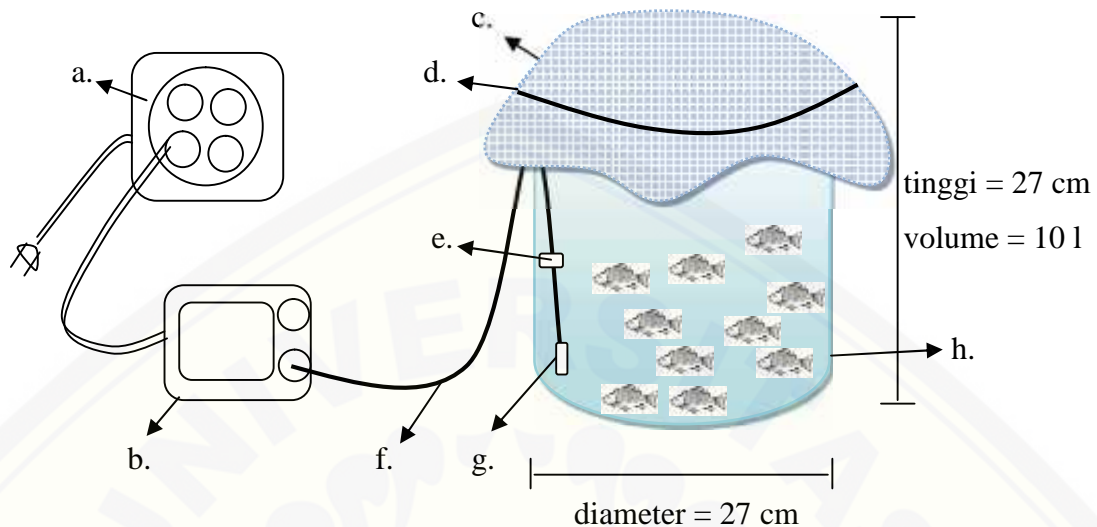
P : Perlakuan

U : Ulangan

Adapun desain tata letak unit percobaan dan desain penyusunan alat percobaan yang digunakan pada uji pendahuluan dan uji toksisitas akhir dalam penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 3.1 dan gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Desain tata letak uji pendahuluan dan uji toksisitas akhir limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Ket.: K = kontrol; P = perlakuan; U = ulangan.



Gambar 3.2 Desain penyusunan alat percobaan uji toksisitas akhir limbah cair industri pengalengan ikan terhadap mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.): a. Kabel roll; b. Aerator; c. Kain kasa Selang; d. Tali Rafia; e. Penjepit selang; f. Selang; g. Batu aerator; h. Timba

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Persiapan Penelitian

a. Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dilakukan sehari sebelum aklimatisasi ikan dilakukan. Hal-hal yang perlu dilakukan antara lain menyiapkan dua bak plastik besar sebagai tempat suplai yang sudah diisi dengan air dan dipasang aerator pada masing-masing bak tersebut. Air dalam bak-bak penampung tersebut kemudian diaerasi selama 24 jam dan selanjutnya langsung digunakan untuk proses aklimatisasi. Sedangkan ikan yang akan digunakan dalam penelitian diukur panjang dan beratnya terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam bak suplai (diaklimatisasi). Pengukuran tersebut bertujuan untuk memperoleh ikan dengan ukuran panjang dan berat yang sama.

Jerigen yang berisi limbah cair industri pengalengan ikan disimpan dalam bak besar yang diisi dengan balok es untuk mencegah/mengurangi perubahan karakteristik kimia sampel limbah cair tersebut. Jerigen tempat menyimpan limbah

diusahakan agar diisi penuh sampai tidak ruang udara di dalamnya. Penyimpanan limbah cair industri pengalengan ikan maksimal 24 jam sejak pengambilan hingga digunakan dalam penelitian. Adapun alat-alat lain yang dibutuhkan selama proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji akhir juga langsung dipersiapkan agar pada saat proses aklimatisasi sampai uji akhir dilaksanakan alat-alat tersebut sudah tersedia sebelumnya.

b. Aklimatisasi ikan

Aklimatisasi ikan dilakukan selama empat belas hari sebelum uji pendahuluan dilakukan (EPA, 1996). Aklimatisasi ini dilakukan agar ikan dapat beradaptasi dari lingkungan alami ke lingkungan labolatoris sehingga resiko kematian ikan selama penelitian yang disebabkan oleh perbedaan kondisi ekologis ikan tersebut bisa dihindari. Syarat ikan tersebut dapat digunakan dalam uji selanjutnya adalah jika jumlah ikan yang mati selama proses aklimatisasi kurang dari 10%. Apabila jumlah ikan yang mati selama proses aklimatisasi lebih dari 10% maka keseluruhan ikan tersebut tidak layak digunakan dalam penelitian selanjutnya dan harus diganti dengan ikan lain dari spesies yang sama (EPA, 1996). Selama proses aklimatisasi ikan diberi makan pelet sejumlah 5% dari total berat tubuh ikan. Pemberian pakan dilakukan sebanyak 2 kali sehari pada pukul 08.00 WIB dan pukul !5.00 WIB. Selama proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji akhir, kondisi suhu air bagi ikan harus berada pada rentangan suhu 25-30 °C.

3.8.2 Uji Pendahuluan

Hal-hal yang dilakukan dalam uji pendahuluan adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkam lima macam serial konsentrasi pengenceran limbah cair industri pengalengan ikan dan satu kontrol berupa air sumur sebagai medium ikan. Volume serial pengenceran tersebut adalah 10 liter dalam setiap unit percobaan. Serial konsentrasi pengenceran limbah industri pengalengan ikan tersebut adalah sebagai berikut.

1) Kontrol = 0% (10.000 ml air sumur)

- 2) Perlakuan 1 = 1,25% (125 ml limbah cair + 9.875 ml air sumur)
 - 3) Perlakuan 2 = 2,5% (250 ml limbah cair + 9.750 ml air sumur)
 - 4) Perlakuan 3 = 5% (500 ml limbah cair + 9.500 ml air sumur)
 - 5) Perlakuan 4 = 10% (1.000 ml limbah cair + 9.000 ml air sumur)
 - 6) Perlakuan 5 = 20% (2.000 ml limbah cair + 8.000 ml air sumur)
- b. Melakukan aerasi terhadap medium ikan selama 60 menit sebelum ikan uji dimasukkan ke dalam medium tersebut.
 - c. Memasukkan hewan uji (ikan) ke dalam medium percobaan, masing-masing 10 ikan dalam setiap bak unit percobaan.
 - d. Melakukan pengamatan terhadap mortalitas ikan setiap 24 jam sekali selama 96 jam.
 - e. Mengangkat ikan yang mati segera setelah ikan yang mati tersebut ditemukan.
 - f. Menentukan macam serial konsentrasi limbah cair industri pengalengan ikan yang akan digunakan dalam uji toksisitas akhir.

3.8.3 Uji Toksisitas akhir

Hal-hal yang dilakukan selama uji toksisitas akhir adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan lima macam serial konsentrasi pengenceran limbah cair industri pengalengan ikan dan satu kontrol berupa air sumur sebagai medium percobaan bagi ikan. Volume serial pengenceran tersebut ditetapkan sebanyak 10 liter dalam setiap unit percobaan.
- b. Melakukan aerasi terhadap medium ikan selama 30 menit sebelum ikan uji dimasukkan ke dalam medium tersebut.
- c. Memasukkan ikan ke dalam medium percobaan, masing-masing 10 ikan dalam setiap bak unit percobaan.
- d. Melakukan pengamatan terhadap mortalitas ikan setiap 24 jam sekali selama 96 jam.
- e. Melakukan pengukuran suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut, dan pengamatan terhadap mortalitas ikan setiap 24 jam sekali.

- f. Melakukan pengamatan dan mencatat perubahan tingkah laku mungkin terjadi pada ikan, antara lain: gerakan renang yang tidak menentu, hilangnya refleks, lesu, dan perubahan dalam penampilan atau fisiologi, seperti: perubahan warna tubuh, produksi mukus yang berlebihan, hiperventilasi, mata buram, melengkungnya tulang belakang, atau perdarahan (EPA, 1996).
- g. Mengangkat ikan yang mati segera setelah ikan yang mati tersebut ditemukan.
- h. Menentukan nilai LC_{50} dan nilai kadar aman limbah cair industri pengalengan ikan terhadap ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.)

3.9 Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter utama dan parameter pendukung.

3.9.1 Parameter Utama

Parameter utama dalam penelitian ini adalah mortalitas ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Pengamatan dilakukan setiap 24 jam sekali selama 96 jam, terhitung dari pemaparan pertama dari limbah cair terhadap ikan. Pengamatan mortalitas ikan ini dilakukan dengan mengamati gerakan mulut dan insang ikan, mengamati respon ikan saat disentuh dengan lidi, dan mengamati posisi ikan di dalam air. Parameter utama dalam penelitian ini dapat dijelaskan menggunakan tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Parameter utama penelitian

Variabel	Parameter	Teknik Pengukuran
Mortalitas ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) dan ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	a. Tidak adanya gerakan mulut dan insang ikan	a. Mengamati gerakan mulut dan insang ikan
	b. Tidak ada respon ikan saat disentuh	b. Menyentuh ikan dengan lidi dan mengamati respon ikan
	c. Posisi ikan miring dan mengapung atau melayang dalam air	c. Mengamati posisi ikan di dalam air

3.9.2 Parameter Pendukung

Parameter pendukung yang diamati dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

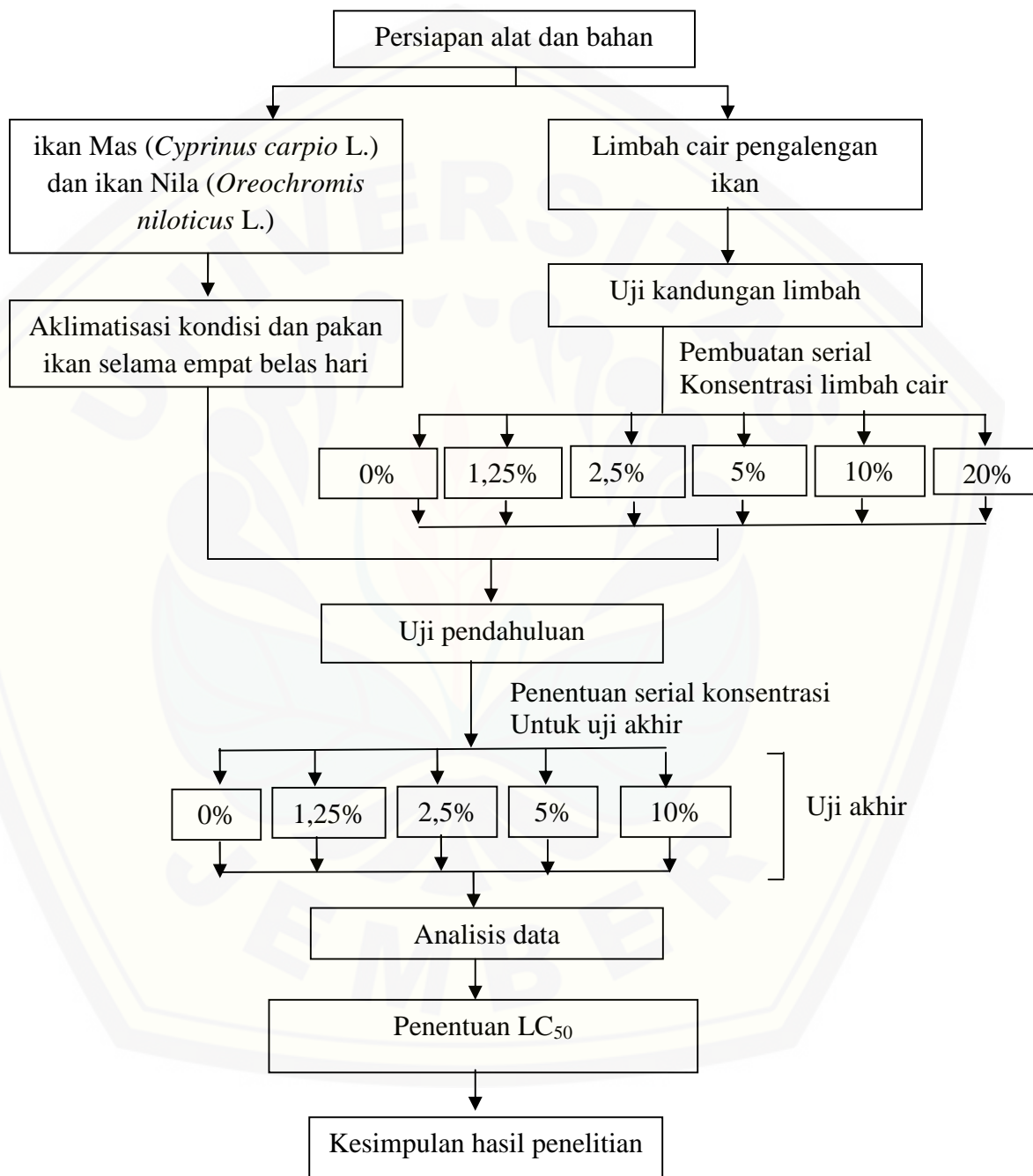
- a. Suhu air medium ikan yang diukur setiap 24 jam sekali.
- b. pH air medium ikan yang diukur setiap 24 jam sekali.
- c. Kadar oksigen terlarut dalam air medium ikan yang diukur setiap 24 jam sekali.

3.10 Analisis Data

Teknik perolehan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teknik pengukuran, dimana dalam penelitian ini data ditunjukkan berdasarkan angka kematian ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.).

- a. Untuk menentukan perbedaan toksisitas pada perlakuan, menggunakan uji Anova dengan tingkat kepercayaan 95% ($p,0,05$). Jika ada perbedaan yang bermakna lalu dilanjutkan dengan uji Duncan. Software yang digunakan adalah SPSS *for Windows* versi 17.
- b. Untuk menentukan nilai LC_{50} dan LC_{90} dapat menggunakan analisis Probit. Software yang digunakan adalah SPSS *for Windows* versi 17.
- c. Untuk menentukan hubungan antara mortalitas ikan Mas dan ikan Nila dengan faktor fisika kimia lingkungan air bagi ikan dapat menggunakan analisis korelasi. Software yang digunakan adalah SPSS *for Windows* versi 17.
- d. Untuk menentukan perbedaan antara toksisitas limbah cair industri pengalengan ikan di Muncar terhadap ikan Mas dengan ikan Nila dapat menggunakan uji T. Software yang digunakan adalah SPSS *for Windows* versi 17.

3.11 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Skema Alur Penelitian