

TINGKAT TOKSISITAS AIR LIMBAH PROSES PEMUTIHAN PULP KERTAS TERHADAP IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.)

Rina S. Soetopo^{*)}, Sri Purwati; Yusup Setiawan, Krisna Septiningrum

^{*)} Peneliti Balai Besar Pulp dan Kertas

ABSTRACT

*Research on toxicity level of pulp bleaching effluent to carp fish (*Cyprinus carpio* L.) has been conducted using OECD 203-1992 standard methods experiment. The waste water from chlorination and extraction unit in pulp conventional bleaching with AOX content of 33.04 mg/L and 20.06 mg/L was used as testing material. The research was conducted in two steps, i'e.: first acute toxicity (4 days) and chronic toxicity (28 days). Measured parameter are the amount of death test organism, operculum movement frequency (OMF) and the AOX content in animal tissues.*

Result of the experiment showed that the acute toxicity of effluent from chlorination unit is more toxic than from the extraction unit, with LC₅₀-96 hours value are of 87.01 ± 0.06% for bleaching chlorination effluent and above 100% for extraction effluent. Subchronic toxicity for chlorination unit showed the enhancement of 40% OMF for 28 days, while there is no AOX compounds accumulation found in the animal tissue.

*Keywords: bleaching chlorination-extraction effluent, AOX, *Cyprinus carpio* L., LC₅₀, acute and sub-chronic toxicity, operculum movement frequency (OMF)*

INTISARI

*Penelitian tingkat toksisitas air limbah proses pemutihan pulp terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) telah dilakukan. Metoda penelitian mengacu pada standar OECD 203-1992. Air limbah diambil dari proses pemutihan pulp konvensional pada unit tahap klorinasi dan tahap ekstraksi yang masing-masing mengandung AOX 33,04 mg/L dan 20,06 mg/L. Penelitian dilakukan dalam 2 tahap yaitu penelitian toksisitas akut (selama 4 hari) dan toksisitas subkronis (selama 28 hari). Parameter yang diuji adalah jumlah kematian ikan, frekwensi gerakan operkulum dan kandungan AOX dalam jaringan tubuh ikan.*

Hasil percobaan toksisitas akut menunjukkan bahwa air limbah unit klorinasi lebih toksik daripada air limbah unit ekstraksi, dengan nilai LC₅₀-96 jam 87,01 ± 0,06% untuk air limbah unit klorinasi dan LC₅₀-96 jam > 100% untuk air limbah unit ekstraksi. Hasil uji toksisitas subkronis menunjukkan adanya peningkatan Frekwensi Gerakan Operkulum (FGO) ikan yang terdedah air limbah klorinasi 40% selama 28 hari, yang berdampak terhadap penurunan laju pertumbuhan berat ikan, namun demikian pendedahan selama 28 hari tersebut belum sampai terjadi akumulasi AOX dalam jaringan tubuh ikan.

*Kata kunci : Air limbah klorinasi-ekstraksi, AOX, *Cyprinus carpio*, toksisitas akut dan sub kronis, Frekwensi Gerakan perculum (FGO).*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki 81 industri pulp dan kertas yang merupakan salah satu industri andalan sebagai sumber penghasil devisa (APKI,2005). Hal tersebut didukung oleh ketersediaan bahan baku dan kebutuhan kertas yang cenderung meningkat sejalan dengan pertumbuhan pembangunan dan konsumsi masyarakat. Salah satu jenis produk kertas andalan ekspor adalah kertas putih yang berbahan baku pulp putih yang diperoleh melalui proses pemutihan.

Proses pemutihan adalah larutnya lignin dari pulp untuk meningkatkan kecerahan pulp menjadi berwarna putih. Proses pemutihan pulp yang digunakan di Indonesia terdiri dari proses pemutihan konvensional, substitusi klor, dan *elemental chlorine free* (ECF). Reaksi yang terjadi antara lignin dan bahan kimia yang digunakan dalam proses pemutihan pulp menghasilkan senyawa organoklorin. Parameter yang menunjukkan jumlah total senyawa organoklorin ini adalah AOX (*Adsorbable Organic Halides*). AOX

merupakan komponen-komponen organik yang mengandung satu atau lebih atom terhalogenasi (klorin, bromin, iodin dan florine) yang terikat pada atom karbonnya. Sebanyak 75 – 90% dari senyawa organoklorin memiliki berat molekul tinggi (> 1000), sulit diidentifikasi dan memiliki struktur yang sangat bervariasi, sedangkan sisanya 10 – 25% memiliki berat molekul yang rendah, bersifat hidrofil dan lipofil, berpotensi toksik dan bioakumulatif. Beberapa organoklorin yang dapat diidentifikasi adalah chlorophenol (Anonim, 2002).

Senyawa-senyawa organoklorin tersebut akan terbuang ke lingkungan bersama-sama dengan air limbah proses pemutihan pulp. Sebagian besar senyawa organoklorin merupakan pencemar yang dapat memberikan dampak negatif yang serius (Kocurek, 1989). Badan air penerima yang tercemar senyawa organoklorin dapat menyebabkan air tersebut tidak memenuhi syarat jika digunakan untuk air minum dan untuk kelangsungan hidup ikan serta hewan akuatik lainnya (EPA (1993).

Dalam mengantisipasi terjadinya masalah pencemaran lingkungan perairan oleh industri pulp dan kertas, saat ini pemerintah Indonesia tengah menerapkan produk kertas ramah lingkungan dengan memberikan ekolabel pada produk kertas cetak tanpa salut kepada industri yang telah memenuhi syarat. Salah satu persyaratan untuk memperoleh ekolabel untuk kertas cetak tanpa salut tersebut adalah parameter AOX. Namun sampai saat ini Indonesia belum memiliki baku mutu AOX untuk pembuangan air limbah industri pulp dan kertas. Beberapa permasalahan yang dihadapi dalam menentukan nilai nominal baku mutu AOX adalah kurangnya data-data tentang pengaruh senyawa organik terklorinasi dari proses pemutihan pulp terhadap hewan akuatik. Atas dasar hal tersebut, penelitian penentuan toksisitas air limbah proses pemutihan terhadap ikan mas dilakukan.

Tulisan ini melaporkan hasil penelitian tentang pengaruh air limbah proses pemutihan pulp terhadap organisme perairan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) yang dilakukan dengan menggunakan prosedur uji toksisitas akut menurut standar OECD 203-1992.

BAHAN DAN METODA

Air limbah dan Air Pengencer

Air limbah diambil dari unit klorinasi dan unit ekstraksi proses pemutihan pulp metoda konvensional. Terhadap kedua jenis air limbah tersebut dilakukan analisis yang meliputi pH, AOX, COD, TSS. Sebelum digunakan, air limbah dari proses klorinasi dinetralkan terlebih dahulu menggunakan NaOH, sedangkan air limbah dari proses ekstraksi dinetralkan dengan HCl. Air pengencer yang digunakan adalah air tanah yang telah diendapkan selama minimal 24 jam.

Hewan uji

Hewan uji yang digunakan adalah Ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) galur majalaya yang berasal dari induk pemijahan. Untuk penentuan nilai LD50 digunakan ikan mas dengan berat rata-rata $2,09 \pm 0,02$ g, panjang total rata-rata $5,48 \pm 0,04$ cm. Untuk penentuan pengaruh subkronis air limbah proses pemutihan pulp digunakan ikan mas dengan berat rata-rata $3,07 \pm 0,06$ g dan panjang rata-rata $9,68 \pm 0,16$ cm. Sebelum digunakan sebagai hewan uji, ikan diaklimatisasi terlebih dahulu selama 7 hari dalam bak akuarium pada kondisi laboratorium dan diberi pakan pelet komersial secara *et libitum*. Selain itu, metilen biru juga ditambahkan ke dalam air dalam bak akuarium untuk mencegah timbulnya penyakit dan parasit ikan. Ikan mas dipuasakan terlebih dahulu selama satu hari sebelum digunakan untuk percobaan.

Metoda Percobaan

Penentuan tingkat toksisitas akut air limbah proses pemutihan pulp kertas terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dilakukan dengan sistem semi statis menurut standar OECD 203-2002 *Fish, Acute Toxicity Test*. Pada percobaan ini digunakan akuarium kapasitas 20 L. Perlakuan percobaan dilakukan dengan 7 variasi pengenceran air limbah, satu kontrol dengan masing-masing 4 replikasi (Tabel 1). Pada setiap replikasi, diberi 10 ekor hewan uji. Percobaan dilakukan selama 4 hari dengan parameter pengamatan adalah jumlah kematian pada setiap waktu pemaparan 3, 6, 24, 48, 72 dan 96 jam.

Variasi perlakuan pengenceran air limbah pada uji toksisitas subkronis ditentukan dengan berdasarkan nilai LC50-96 jam yang diperoleh dari hasil uji toksisitas akut (Forbes

& Forbes, 1994). Dengan menggunakan faktor 10, diperoleh variasi perlakuan pengenceran air limbah sebagai berikut : 0,4 %, 4 %, 40 % dan kontrol, dengan masing-masing 3 replikasi (OECD, 2002). Percobaan toksisitas akut dilakukan selama 28 hari dengan pergantian air limbah pada masing-masing perlakuan setiap 2 hari sekali. Parameter pengamatan meliputi : pH, oksigen terlarut, DHL, suhu, jumlah kematian, kecepatan respirasi dilakukan setiap 2 hari sekali, penghitungan frekwensi gerakan operkulum (FGO) dan pengukuran berat badan segar dilakukan setiap empat hari, dan analisis kadar AOX dalam daging ikan dilakukan pada akhir percobaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Limbah Proses Pemutihan Pulp

Pada dasarnya air limbah yang dihasilkan dari proses pemutihan konvensional merupakan campuran dari air limbah tahap klorinasi dan ekstraksi alkali. Proses pemutihan tahap klorinasi dilakukan untuk mengoksidasi senyawa lignin dalam pulp menjadi senyawa organoklorin dan asam HCl yang larut sebagai air limbah dengan pH asam. Setelah itu, pulp hasil klorinasi diputihkan lebih lanjut untuk melarutkan senyawa lignin yang tersisa dalam pulp melalui proses ekstraksi alkali (NaOH) sehingga larut sebagai air limbah yang bersifat basa. Karakteristik air limbah yang dihasilkan dari masing-masing tahapan klorinasi dan ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 2.

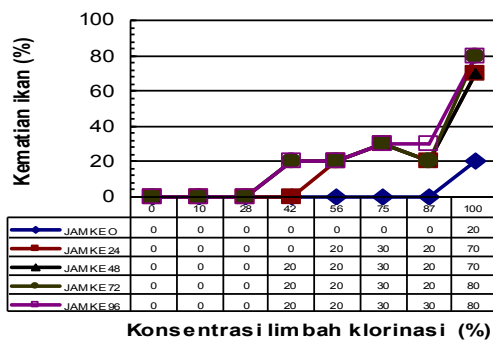
Tabel 1. Variasi perlakuan pada uji toksisitas akut

Air limbah	Variasi perlakuan,%							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Klorinasi	100	87	75	56	42	28	10	0
Air pengencer	0	13	25	44	58	72	90	-

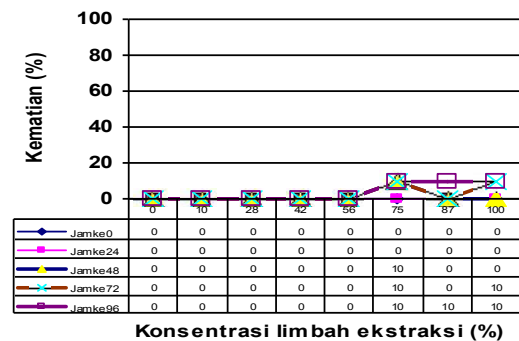
Tabel 2. Karakteristik air limbah proses klorinasi

Parameter	unit	Air Limbah proses Pemutihan		Kep.MenKLH No 51/MLH/10/1995
		Klorinasi	Ekstraksi	
pH	-	3,5	9,3	6-9
AOX,	mg/L	33,04	20,06	-
COD,	mg/L	349,4	610	300
Rasio AOX / COD	%	9,4	3,3	-
TSS,	mg/L	24	52	100

Air Limbah Klorinasi



Air Limbah dari Unit Ekstraksi



Gambar 1. Pengaruh air limbah klorinasi dan ekstraksi terhadap ikan.

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pH dari kedua jenis air limbah proses pemutihan sangat berbeda yaitu air limbah klorinasi bersifat asam dengan pH rata-rata 3,5 dan air limbah ekstraksi bersifat basa dengan pH rata-rata 9,3. Perbedaan sifat pH ini akan memberikan pula perbedaan senyawa organik yang terkandung dalam masing-masing air limbah tersebut.

Ditinjau dari parameter AOX menunjukkan bahwa konsentrasi AOX dalam air limbah klorinasi adalah 33,04 mg/L yang menunjukkan nilai lebih tinggi dari konsentrasi AOX dalam air limbah ekstraksi (20,06 mg/L). Parameter AOX mencerminkan jumlah total dari kandungan senyawa organoklorin teradsorpsi yang terbagi atas fraksi berat molekul tinggi (BM >1000) sebanyak 80% dan fraksi berat molekul rendah (BM <1000) sebanyak 20%. Air limbah dari tahap ekstraksi lebih dominan mengandung komponen senyawa AOX dengan berat molekul tinggi, sebaliknya untuk air limbah klorinasi lebih didominasi dengan komponen senyawa AOX dengan berat molekul rendah (Allan, 1993). Perbedaan karakteristik dua jenis air limbah tersebut, akan memberikan tingkat toksisitas yang berbeda pula, tergantung pada sifat komponen yang terkandung dalam masing-masing air limbah tersebut.

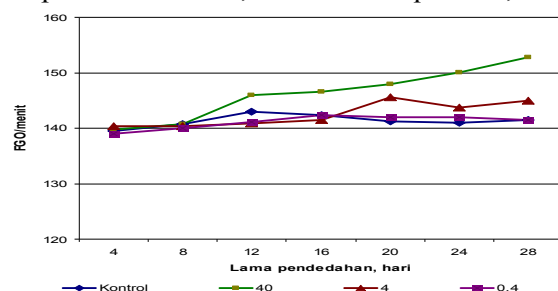
Parameter COD air limbah mencerminkan jumlah total kandungan organik yang terdiri dari organik sederhana dan organik kompleks. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan organik total di dalam air limbah ekstraksi lebih tinggi (610 mg/L) daripada yang terkandung dalam air limbah klorinasi (349,4 mg/L). Berdasarkan perhitungan ratio AOX/COD pada masing-masing air limbah, menunjukkan bahwa nilai rasio AOX/COD air limbah klorinasi lebih besar (9,4%) daripada air limbah ekstraksi (3,3%). Berdasarkan kondisi tersebut, mencerminkan bahwa kandungan senyawa organoklorin dalam air limbah dari tahap klorinasi lebih tinggi daripada tahap ekstraksi. Selain itu, rasio AOX/COD juga menunjukkan tingkat toksisitas, dengan makin tinggi ratio AOX/COD air limbah, makin toksik. (Folke, 1995). Parameter TSS dari kedua air limbah yang digunakan relatif rendah dan sudah memenuhi syarat baku mutu efluen air limbah chloropropanol; chlorovanilin; 2,3,7,8 tetrachlorodibenzodioxin; 2,3,7,8

industri pulp menurut Kep Men LH No 51/1995.

Tingkat Toksisitas Akut Air Limbah Proses Pemutihan Pulp

Percobaan toksisitas akut telah dilakukan terhadap air limbah dari masing-masing tahap proses pemutihan pulp yaitu dari unit klorinasi dan unit ekstraksi. Jumlah kematian hewan uji pada masing-masing air limbah proses pemutihan dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil perhitungan analisis probit menunjukkan bahwa nilai LC50-96 jam air limbah klorinasi adalah $87,01 \pm 0,06\%$, sedangkan air limbah unit ekstraksi tidak menyebabkan kematian akut (LC50-96 jam >100%). Nilai-nilai tersebut mencerminkan tingkat toksisitas, nilai LC50 lebih kecil menunjukkan lebih toksik. Atas dasar hal tersebut, dapat diketahui bahwa sumber toksik air limbah proses pemutihan ada pada air limbah tahap klorinasi. Hal tersebut didukung oleh data AOX dari masing-masing air limbah, yang menunjukkan nilai AOX air limbah tahap klorinasi lebih tinggi daripada air limbah tahap ekstraksi (Tabel 2).

Nilai LC50 air limbah tahap ekstraksi lebih besar dari 100%, hal ini menunjukkan bahwa tidak semua organoklorin yang terdeteksi sebagai AOX merupakan senyawa yang bersifat toksik. Telah dilaporkan bahwa lebih dari 300 komponen organoklorin terdapat dalam air limbah industri, dan hanya 10 – 25% memiliki berat molekul yang rendah, yang sebagian bersifat hidrofil dan sebagian lagi bersifat lipofil dan berpotensi bersifat toksik dan bioakumulatif (Anonim, 2002). Senyawa-senyawa yang bersifat lipofilik ini akan terakumulasi dalam jaringan hidup, sehingga berpotensi sebagai senyawa karsinogenik. Beberapa senyawa-senyawa lipofilik tersebut antara lain Chlorofenol; dichlorofenol; trichlorofenol; tetrachlorofenol; pentachlorofenol; dichloroquaiacol; 2-



tetrachlodibenzo-furan (Commoner, *et al.*, 1996).

Pengaruh Subkronis Air Limbah Klorinasi Terhadap Ikan

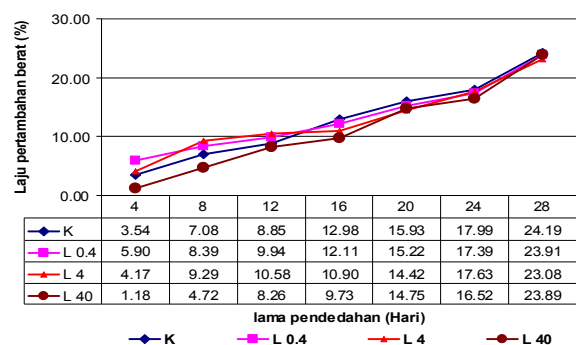
Percobaan penentuan pengaruh subkronis air limbah klorinasi terhadap ikan, dilakukan pada suhu ruang (26-29°C) dengan suhu rata-rata air 24,5°C, kadar oksigen terlarut rata-rata 6,5 – 6,7 dan pH rata-rata 7,8 – 8,0. Kondisi tersebut termasuk dalam kondisi ideal untuk kehidupan ikan mas (Darmadi, 2003).

Data hasil pengamatan frekwensi gerakan operkulum (FGO) ikan pada masing-masing perlakuan konsentrasi air limbah klorinasi dapat dilihat pada Gambar 2. Secara keseluruhan, FGO ikan yang didedahkan dalam air limbah klorinasi selama 28 hari menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan kontrol. Hasil percobaan menunjukkan ikan yang didedahkan pada perlakuan yang mengandung air limbah klorinasi 40% menunjukkan peningkatan FGO yang sangat signifikan terhadap konsentrasi air limbah lainnya. FGO ikan per menit pada perlakuan kontrol adalah 140 – 143, sedangkan pada perlakuan yang mengandung air limbah klorinasi 40%, 4% dan 0,4% berturut-turut adalah 140 – 153, 140 -146; dan 139 – 142 per menit.

Mekanisme meningkatnya FGO ikan yang didedahkan pada perlakuan yang mengandung air limbah klorinasi 40%, diawali dengan terhalangnya proses difusi oksigen ke dalam insang mengakibatkan ikan kekurangan oksigen. Sebagai respon, ikan akan meningkatkan FGO untuk memenuhi kekurangan oksigen tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Aktaviyani (2006) dan Bella (2006) yang mendedahkan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dalam senyawa natrium hipoklorit (NaOCl) dan senyawa monoklorofenol. Peningkatan FGO pada ikan dalam waktu lama dapat menyebabkan kerusakan insang yang berdampak pada kematian (Heath, 1995) dan melemahkan otot yang menggerakkan operkulum (Anonim, 1999).

Senyawa penyebab terjadinya peningkatan FGO ini belum dapat diketahui secara pasti karena komponen air limbah klorinasi yang heterogen. Namun senyawa tersebut diduga berupa senyawa organoklorin

yang bersifat lipofilik dan mudah terserap ke dalam tubuh ikan. Senyawa organoklorin yang bersifat lipofilik tersebut dapat mengganggu proses fosforilasi oksidatif pada respirasi sel yang menyebabkan terhambatnya pembentukan ATP (Ramamoorthy, 1997). Tubuh ikan merespon kekurangan ATP tersebut sebagai kekurangan oksigen sehingga menimbulkan reaksi fisiologis yaitu dengan meningkatkan FGO untuk menambah pasokan oksigen ke dalam tubuh. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Bella (2006) yang mendedahkan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dalam senyawa monoklorofenol. Peningkatan FGO pada ikan dalam waktu lama dapat menyebabkan kerusakan insang dan hipoksia yang berdampak pada kematian (Bailey, 2004) dan melemahkan otot yang menggerakkan operkulum (Anonim, 1999). Hipoksia adalah keadaan kekurangan oksigen yang telah mencapai jaringan tubuh ikan dan seringkali menyebabkan kematian (Bailey, 2004). Satchell (1991), menyatakan ada beberapa respon yang dilakukan ikan terhadap hipoksia yaitu peningkatan ventilasi, peningkatan tekanan darah dan penyesuaian denyut jantung. Selain itu, Egna & Boyd (1997) menyatakan bahwa hipoksia yang berkelanjutan dapat menimbulkan penurunan laju pertumbuhan karena sel-sel tubuh yang kekurangan oksigen tersebut akan rusak sehingga tidak dapat beraktifitas.



Gambar 3. Laju pertambahan berat ikan selama pendedahan 28 hari

Peningkatan FGO pada ikan berdampak terhadap penurunan laju pertambahan berat rata-rata ikan. Hal tersebut

tampak setelah 16 hari didedah air limbah klorinasi, laju pertambahan berat ikan lebih rendah dibanding perlakuan kontrol (Gambar 3), walaupun secara statistik tidak menunjukkan beda nyata. Peningkatan FGO pada ikan, menyebabkan terganggunya proses pembentukan ATP dalam tubuh yang akan berdampak terhadap metabolisme sel, sehingga mempengaruhi laju pertambahan berat tubuh (Campbell, 2000).

Tabel 3. Data analisis kadar AOX pada daging ikan

Konsentrasi air limbah klorinasi (%)	Konsentrasi AOX ($\mu\text{g/g}$)
Kontrol	tt
0,4	tt
4	tt
40	tt

tt : tidak terdeteksi.

Data analisis kadar AOX dalam daging ikan yang telah didedah air limbah klorinasi selama 28 hari tidak menunjukkan adanya adsorpsi senyawa organoklorin masuk dalam jaringan tubuh ikan (Tabel 3). Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa ikan yang didedah air limbah klorinasi 40% selama 28 hari belum menyebabkan terjadinya akumulasi senyawa-senyawa organoklorin dalam jaringan tubuh ikan. Terdapat dua kemungkinan yang menyebabkan hal ini terjadi, pertama senyawa organoklorin yang terkandung dalam air limbah klorinasi tidak termasuk dalam kelompok yang memiliki berat molekul rendah, sehingga tidak bersifat lipofil. Kemungkinan kedua adalah senyawa organoklorin yang terkandung dalam air limbah klorinasi termasuk dalam kelompok yang memiliki berat molekul rendah dan bersifat lipofil, namun pada pendedahan ikan selama 28 hari belum menyebabkan akumulasi sampai kadar yang dapat terdeteksi.

KESIMPULAN

Air limbah unit klorinasi dari proses pemutihan bersifat lebih toksik daripada air limbah dari unit ekstraksi. Air limbah klorinasi 40% yang didedahkan pada ikan selama 28 hari, belum menyebabkan adanya akumulasi AOX dalam jaringan tubuh ikan, tetapi sudah menyebabkan peningkatan frekwensi gerakan

operkulum yang berdampak pada laju pertambahan berat badan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aktaviyani (2006). Pengaruh Natrium hipoklorit (NaOCl) terhadap Perubahan frekwensi Gerakan operkulum dan nilai Hematokrit Ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) setelah 96 jam Pendedahan. SITH-ITB, Bandung
2. Anonim, 1999. *Hazardous Substance Fact Sheet: 4-Chlorophenol*. New Jersey Department of Health and Senior Services, New Jersey, USA
3. Anonim, 2002. treatment of Industrial waste waters containing Chlorinated Organic Compounds, Proceedings Combined regional workshops 2002, ARRPET SIDA, De la Salle university, Manila, Philippines.
4. Bailey, 2004, tropical Fishlopaedia ; a Complete guide to Fish care. Ringpress Books, internet Publishing, Surrey.
5. Bella (2006). Pengaruh 4-Klorofenol terhadap Perubahan Frekwensi Gerakan Operkulum dan laju Pertumbuhan Berat Badan Ikan mas *Cyprinus carpio* L. strain Majalaya. SITH-ITB, Bandung
6. Darmadi, G., 2003, Pengaruh suhu Terhadap Laju Metabolisme, laju Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan mas, *cyprinus carpio*. Departemen Biologi ITB, Bandung
7. Egna, H.S & C. E. Boyd. 1997. *Dynamic of Pond Aquaculture*. CRC Press LLC. Florida.
8. Franson, M A H. 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition. APHA; AWWA; WEF, p8-122, 8-123 & p10-92, 10-93.
9. Forbes, V.E. , Forbes, T.L. 1994. *Ecotoxicology in Theory and Practice*. Chapman and Hall, London.
10. Heath, 1995. *water Pollution and Fish physiology*. CRC Press, Inc. Boca raton. Florida.
11. OECD 203; 1992, Guideline for testing of chemicals; Fish, acute toxicity test, ,
12. Ramamoorthy, 1997. *chlorinated Organic compounds in the environment* CRC Press Inc, Florida.
13. Susanti, H., 1998. Effect of Phipronil against carp fish (*Cyprinus carpio* L.)

14. respiration activities by using of OMF record methods, Graduate Thesis, Dept. of Biology ITB, Bandung,
15. Website <http://elibs.cs.berkeley.edu/kopec/tr9/html/sp-common-carp.html>
16. Website <http://www.caspianenvironment.org/biodb/eng/fishes/Cyprinus%20carpio/main.htm>
17. Website <http://www.floridafisheries.com>