



TOKSISITAS LETAL AKUT LIMBAH CAIR TENUN TROSO TERHADAP IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.)

Agus Ulin Nuha[✉], F. Putut Martin H.B¹, & Ibnul Mubarak¹

¹Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Gedung D6 Lt.1 Jl. Raya Sekaran Gunungpati, Semarang, Indonesia 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Januari 2016
Disetujui Maret 2016
Dipublikasikan April 2016

Keywords:
degree of toxicity LC₅₀₋₉₆ hour; tenun Troso waste water; carp (Cyprinus carpio L.)

Abstrak

Tenun Troso merupakan salah satu industri tekstil di Jepara yang cukup dikenal dan produktif. Selama ini banyak di antara *home industry* yang tidak mengolah limbah dan langsung membuang limbah yang dihasilkan ke parit-parit dan sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai derajat toksisitas LC₅₀₋₉₆ jam limbah cair tenun Troso terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, sampel limbah cair tenun Troso diuji toksisitas LC₅₀₋₉₆ jam pada ikan mas. Data toksisitas LC₅₀₋₉₆ jam diambil dengan menghitung mortalitas ikan mas pada setiap konsentrasinya, kemudian dianalisis dengan analisis Probit. Berdasarkan hasil penelitian, nilai LC₅₀₋₉₆ jam limbah cair tenun Troso terhadap ikan mas sebesar 2,3%. Besarnya konsentrasi limbah cair mempengaruhi jumlah mortalitas ikan mas. Kematian ikan ditandai dengan adanya perubahan perilaku seperti perubahan aktivitas gerak, keseimbangan tubuh, *ram jet ventilation*, produksi mukus, perubahan warna morfologi.

Abstract

Troso woven is one of the textile industry at Jepara which well-known and productive. During this time many of the home industry did not treat waste and dispose of the waste directly into ditches and rivers. This study aims to determine the degree toxicity (LC₅₀₋₉₆ hours) of tenun Troso waste water against carp (*Cyprinus carpio* L.). This study was an experimental study, samples of tenun Troso waste water tested the toxicity LC₅₀₋₉₆ hours on carp. The data of LC₅₀₋₉₆ toxicity taken with counting carp mortality at each concentration, and then analyzed with probit analysis. Based on the results, the value LC₅₀₋₉₆ hours tenun Troso waste water against carp is 2.3%. The concentration of waste water affects the amount of mortality of carp. The death of fish can be marked by behavioral changes such as changes in motor activity, balance, ram jet ventilation, mucus production, morphologic changes color.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lt.1, Jl. Raya Sekaran,
Gunungpati, Semarang, Indonesia 50229
E-mail: agusulinuha29@gmail.com

PENDAHULUAN

Environmental Management Development Industry (EMDI, 1994) mengelompokkan industri di Indonesia menjadi beberapa kelompok prioritas industri berdasarkan standar *effluent* (air buangan). Kelompok prioritas tersebut antara lain prioritas 1, prioritas 2, prioritas 2A, dan prioritas 3. Dari kelompok-kelompok prioritas di atas, kelompok industri prioritas 1 merupakan kelompok yang harus lebih diperhatikan oleh pemerintah dan masyarakat terkait dengan air buangan. Salah satu kelompok industri prioritas 1 adalah industri tekstil. Industri rumahan tenun Troso merupakan salah satu industri tekstil di Jepara yang cukup dikenal dan produktif.

Observasi awal dilakukan untuk melihat pengolahan limbah yang dihasilkan oleh industri rumahan tenun Troso menunjukkan banyak di antara industri rumahan yang tidak mengolah limbah dan langsung membuang limbah yang dihasilkan ke parit-parit dan sungai. Berdasarkan uji karakteristik limbah cair tenun Troso diperoleh hasil kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 520 mg/l, kromium total 0,003 mg/l, *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 1935 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 5593 mg/l, fenol sebesar 2,348 mg/l dan pH sebesar 8. Sesuai dengan Perda Provinsi Jateng No. 5 Th 2012 maka parameter TSS, BOD, COD, dan fenol telah melampaui ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan, sehingga pencemaran sebagai akibat dari adanya limbah cair tersebut potensial untuk terjadi.

Wasiyanto (2004) menyampaikan, pencemaran lingkungan oleh limbah cair tenun Troso dapat dilihat dari berubahnya warna air sungai sesuai dengan warna limbah cair yang dibuang khususnya pada daerah pertemuan antara saluran pembuangan dengan aliran sungai. Zat-zat yang terkandung dalam limbah tekstil yang dibuang langsung ke perairan akan bersifat toksik maupun akumulatif terhadap tubuh biota air melalui proses biologis (Varadarajan *et al.*, 2014; Moraes *et al.*, 2015)

Toksisitas suatu zat dapat diuji melalui uji toksisitas, yang digunakan untuk mendeteksi efek toksikan terhadap hewan uji. Ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) merupakan salah satu ikan yang sering digunakan dalam penelitian toksisitas karena

bernilai ekonomis, berperan penting dalam rantai makanan, dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air serta peka terhadap berbagai jenis agen pencemar di perairan air tawar (Ratningsih, 2008).

Lethal Concentration 50-96 jam (LC50-96 jam) adalah kadar zat uji yang diperlukan untuk membunuh 50% hewan uji apabila pemajanannya berlangsung selama 96 jam (Loomis, 1978). Metode uji toksisitas LC50-96 jam merupakan hal penting untuk mengetahui pengaruh karakteristik dari suatu bahan kimia terhadap hewan uji, sehingga deteksi dini tingkat bahaya bahan tersebut terhadap manusia juga akan diketahui (Achmad, 2004). Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai deteksi awal mengenai gambaran toksisitas limbah cair tenun Troso, sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi peringatan dini dalam upaya penanggulangan pencemaran akibat limbah cair tenun Troso tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang pada bulan Oktober-November 2015. Limbah cair tenun Troso diuji karakteristiknya di Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. Ikan mas diperoleh dari kolam ikan Muncul di Kabupaten Semarang. Ikan mas dipelihara selama 7 hari di kolam terpal, kemudian ikan mas diaklimasi selama 3 hari di akuarium. Setelah itu dilakukan uji pendahuluan untuk menentukan kisaran konsentrasi untuk uji sesungguhnya. Uji pendahuluan pada penelitian ini berlangsung dua tahap yaitu uji pendahuluan I dengan konsentrasi limbah cair 0%; 0,5%; 1,5%; 3%; 6%; 12,5%; 25%; 50%; 100% dan uji pendahuluan II dengan konsentrasi limbah cair 0%; 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5%.

Berdasarkan uji pendahuluan tersebut diperoleh konsentrasi uji sesungguhnya yaitu pada rentang 0%-3%. Ikan mas pada uji sesungguhnya didedahkan pada medium air yang berisi limbah cair dengan konsentrasi limbah 0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% selama 96 jam dengan 3 kali pengulangan. Nilai LC50-96 jam

diperoleh dengan menganalisis mortalitas ikan mas selama uji sesungguhnya menggunakan analisis probit. Sedangkan hasil karakteristik limbah cair tenun Troso, pengaruh parameter lingkungan, pengaruh patofisiologis limbah cair tenun Troso, dan pengaruh efek zat toksik limbah cair tenun Troso dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji pendahuluan I dan uji pendahuluan II, konsentrasi limbah yang digunakan dalam uji sesungguhnya adalah konsentrasi 0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%. Data hasil uji sesungguhnya disajikan pada Tabel 1.

jam. Perhitungan analisis Probit dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *software* IBM SPSS 20. LC₅₀-96 jam merupakan indikasi toksisitas suatu senyawa, nilai LC₅₀-96 jam mencerminkan seberapa besar tingkat toksisitas senyawa tersebut.

Pada penelitian toksisitas ini nilai LC₅₀-96 jam sebesar 2,35% \approx 2,3%. Hasil tersebut sesuai dengan dugaan di atas, dimana nilai LC₅₀-96 jam terdapat pada rentang konsentrasi limbah antara 2%-2,5%. Nilai LC₅₀-96 jam tersebut jauh lebih kecil dari penelitian yang dilakukan oleh Roopadevi dan Somashekar (2012), tentang toksisitas limbah industri tekstil terhadap ikan mas. Pada penelitian tersebut, nilai LC₅₀-96 jam limbah industri tekstil sebesar 11,11% dan

Tabel 1. Mortalitas (%) ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) selama 96 jam dalam uji sesungguhnya yang terpapar limbah cair tenun Troso

Konsentrasi limbah (%)	r	N	Mortalitas ikan pada jam ke-				Jumlah mortalitas	Rata-rata mortalitas
			24	48	72	96		
3	1	10	1	3	2	2	8	63,33%
	2	10	0	2	2	1	5	
	3	10	0	2	1	3	6	
2,5	1	10	2	1	3	1	7	53,33%
	2	10	0	1	2	1	4	
	3	10	0	1	2	2	5	
2	1	10	2	0	2	1	5	43,33%
	2	10	1	2	0	2	5	
	3	10	0	1	1	1	3	
1,5	1	10	0	1	0	1	2	30%
	2	10	0	1	0	3	4	
	3	10	0	1	1	1	3	
1	1	10	2	1	1	0	4	23,33%
	2	10	0	1	2	0	3	
	3	10	0	0	0	0	0	
0	1	10	0	0	0	0	0	0%
	2	10	0	0	0	0	0	
	3	10	0	0	0	0	0	

Keterangan: r = replikasi atau ulangan
N= jumlah ikan mas pada setiap perlakuan

Berdasarkan hasil penelitian, mortalitas ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi limbah cair tenun Troso. Hasil rata-rata mortalitas tersebut menunjukkan bahwa 50% mortalitas ikan mas dalam waktu 96 jam terdapat pada rentang konsentrasi limbah antara 2%-2,5%. Analisis Probit digunakan untuk mengetahui nilai LC₅₀-96

36,04% pada *influent* dan *effluent*. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa derajat toksisitas limbah cair tenun Troso lebih toksik jika dibandingkan dengan derajat toksisitas pada *influent* dan *effluent* limbah industri tekstil dalam kondisi hewan uji yang sama yaitu ikan mas (*Cyprinus carpio* L.).

Pengukuran karakteristik limbah cair tenun Troso digunakan sebagai data acuan tentang besarnya kandungan masing-masing parameter kunci. Parameter kunci yang dianalisis meliputi zat padat tersuspensi (TSS), kromium total (Cr total), BOD, COD, fenol, dan pH.

bahan organik menjadi karbon dioksida dan air (Effendi, 2003). Berdasarkan sampel limbah yang dianalisis menunjukkan kandungan BOD limbah cair sebesar 1935 mg/l. Kandungan BOD tersebut jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 60 mg/l. Kanji

Tabel 2. Hasil karakteristik parameter limbah cair tenun Troso

Parameter	Hasil	Baku mutu	Keterangan
Zat padat tersuspensi (TSS)	520 mg/l	50 mg/l	Tidak sesuai baku mutu
Kromium total (Cr total)	≤ 0,003 mg/l	1 mg/l	Sesuai baku mutu
BOD	1935 mg/l	60 mg/l	Tidak sesuai baku mutu
COD	5593 mg/l	150 mg/l	Tidak sesuai baku mutu
Fenol	2,348 mg/l	0,5 mg/l	Tidak sesuai baku mutu
pH	8	6-9	Sesuai baku mutu

Sumber: Perda Provinsi Jateng No. 5 Thn. 2012

Berdasarkan hasil karakteristik limbah cair tenun Troso pada Tabel 2 di atas, beberapa parameter nilainya melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Parameter tersebut antara lain zat padat tersuspensi (TSS), BOD, COD, dan fenol, sedangkan untuk parameter kromium total (Cr total) dan pH masih dalam ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa sampel limbah cair yang dianalisis berpotensi mencemari dan berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan.

Zat padat tersuspensi (TSS) merupakan bahan-bahan tersuspensi dengan diameter > 1 µm yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori 0,45 µm. Zat TSS terdiri atas lumpur, pasir halus, serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah (Effendi, 2003). Hasil analisis yang diperoleh, kandungan TSS sampel limbah cair sebesar 520 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan TSS sampel limbah cair jauh melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 50 mg/l. Kandungan TSS yang tinggi disebabkan adanya kikisan material tanah yang berasal dari tempat pengambilan sampel, yaitu parit warga yang digunakan untuk menampung limbah cair. Lumpur yang terdapat pada limbah tersebut apabila bersentuhan dengan tubuh ikan mas akan menyebabkan ikan mas mengeluarkan mukus (Irianto, 2005).

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme aerob untuk mengoksidasi

merupakan salah satu bahan organik yang digunakan dalam proses sebelum penenunan, hal ini yang menjadi salah satu yang penyebab tingginya kadar BOD dalam limbah.

Chemical Oxygen Demand (COD) menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi CO₂ dan H₂O (Effendi, 2003). Berdasarkan sampel limbah yang dianalisis menunjukkan kandungan COD limbah cair sebesar 5593 mg/l. Kandungan COD tersebut jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 150 mg/l. Salah satu penyebab tingginya COD pada limbah tekstil disebabkan oleh bahan-bahan yang digunakan pada saat pewarnaan antara lain fenol dan logam (kromium), serta bahan untuk penghilang kanji yang umumnya zat asam (EMDI, 1994).

Tingginya kadar BOD dan COD dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut pada badan air (Aryani *et al.*, 2004). Pada penelitian ini gejala kurangnya oksigen terlarut pada media air tidak menjadi penyebab kematian ikan mas. Hal ini dapat diamati melalui kadar oksigen terlarut pada media air yang masih dalam kisaran yang sesuai untuk kehidupan ikan mas. Tingginya kadar bahan organik yang ditunjukkan melalui hasil analisis kadar BOD dan COD juga berpengaruh terhadap tingginya kadar TSS (Tabel 2). Karena adanya bahan organik dapat

mempengaruhi sifat fisik air, dalam hal ini sifat fisik yang terpengaruh yaitu TSS.

Derajat keasaman atau pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan (Sutrisno, 2006). Pada hasil pengukuran limbah tekstil yang digunakan sebagai sampel, nilai pH limbah yaitu 8 atau bersifat basa. Hal ini tidak terlepas dari penggunaan bahan kimiawi seperti NaOH pada saat proses merserisasi dan penggunaan detergen dan sabun pada proses *scouring* (EMDI, 1994). Gejala pengaruh toksisitas yang disebabkan oleh pH tidak terjadi pada ikan mas pada saat perlakuan, karena pH limbah cair masih dalam kisaran yang layak untuk ikan mas.

Kombinasi toksikan dalam hal ini bahan kimia yang terkandung dalam limbah dapat menimbulkan interaksi bahan kimia. Berdasarkan pengamatan gejala patofisiologis yang ditimbulkan bahan toksik fenol dan kromium dalam limbah cair memberikan pengaruh terhadap perilaku ikan mas. Gejala tersebut antara lain adanya sekresi mukus yang terdapat pada bagian operkulum serta pada bagian permukaan kulit ikan mas. Fenol dan kromium merupakan bahan kimia yang menyusun zat warna yang terdapat pada limbah tekstil (Pratiwi, 2010). Berdasarkan beberapa gejala tersebut dapat diduga bahwa efek interaksi yang ditimbulkan oleh fenol dan kromium merupakan efek *sinergik* (Achmad, 2004).

Menurut Varadarajan *et al.* (2014), paparan fenol mampu menyebabkan kerusakan mikroskopis pada jaringan insang. Kerusakan yang terjadi antara lain nekrosis, deskuamasi lapisan epitel, dan hiperplasia. Sedangkan paparan krom dapat menyebabkan penebalan dinding epitel insang (Pramudita & Voijant, 2014). Dengan demikian keduanya merupakan senyawa branchiotoksik dan pengaruhnya dapat diamati melalui sekresi mukus yang terdapat pada insang.

Pengaruh parameter lingkungan selama penelitian digunakan untuk mengetahui bahwa kematian ikan memang disebabkan oleh toksisitas limbah cair tenun Troso dan bukan disebabkan oleh parameter lingkungan. Hasil

pengukuran parameter lingkungan selama penelitian tersaji pada Tabel 3.

Secara umum masing-masing parameter kadarnya masih layak untuk kehidupan ikan sesuai acuan menurut Narantaka (2012), Husni (2012), dan Rudiyan (2009). Berdasarkan hasil tersebut, kualitas air uji secara umum tidak mempengaruhi toksisitas, karena masing-masing parameter kadarnya masih dalam kisaran layak untuk kehidupan ikan uji.

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter lingkungan media air uji selama penelitian

Parameter	Hasil pengukuran
Suhu (°C)	27 - 28,5
pH	7
DO (mg/l)	5,9 – 8

Pengaruh patofisiologis limbah cair tenun Troso terhadap ikan dapat ditandai melalui perubahan tingkah laku ikan. Perubahan tingkah laku ikan secara fisiologi merupakan efek dari paparan fenol, krom, dan TSS yang terdapat dalam limbah cair.

Berdasarkan pengamatan tingkah laku ikan mas selama penelitian, ikan pada perlakuan yang diberi limbah cair tenun Troso menunjukkan perbedaan perilaku apabila dibandingkan dengan ikan kontrol. Perubahan tingkah laku dapat dilihat mulai awal pendedahan. Ketika media air mulai diberi limbah cair, ikan-ikan bergerak menghindari limbah cair. Gejala seperti ini menurut Dewi (2004) merupakan reaksi menghindar ikan terhadap kualitas air yang memburuk akibat terdapat limbah cair tenun Troso.



Gambar 1. Ikan mas yang terpapar limbah cair tenun Troso



Gambar 2. Ikan mas kontrol

Kematian ikan pada selang waktu 24 jam rata-rata terjadi secara mendadak kemudian ikan tergeletak di dasar akuarium. Hal ini merupakan akibat ketidak mampuan ikan mentoleransi perubahan kualitas air secara mendadak. Adanya perubahan kondisi fisik air akibat pendedahan bahan toksik dapat mengganggu respon fisiologis yang kemudian mengganggu sistem keseimbangan tubuh (White *et al.*, 2007). Gerakan yang tidak teratur juga menunjukkan bahwa pusat kontrol keseimbangan mulai terganggu, sehingga pada selang waktu 48 jam–76 jam kematian ikan rata-rata ditandai dengan perubahan keseimbangan tubuh. Perubahan yang teramati sebelum ikan mati yaitu ikan bergerak tidak teratur dengan posisi tubuh yang tidak seimbang, perubahan kecepatan berenang ikan secara mendadak, dan akhirnya ikan mengalami kematian.

merupakan efek paparan dari fenol yang terdapat pada limbah limbah cair (Moraes *et al.*, 2015). Adanya mukus yang dikeluarkan oleh ikan membuat respirasi ikan menjadi terganggu (Saha *et al.*, 1999). Hal tersebut membuat ikan pada konsentrasi 1%, 1,5%, 2%, 2,5 %, dan 3% cenderung berenang mendekat aerator dan sesekali bergerak ke atas permukaan air untuk memudahkan dalam proses respirasi. Terganggunya respirasi ikan memaksa ikan melakukan adaptasi fungsional dengan cara memasukkan air sebanyak-banyaknya kedalam tubuh. Adaptasi seperti ini dilakukan dengan cara membuka mulut lebar-lebar dan operkulum terbentang, sehingga dapat memperlancar proses pemasukan oksigen dari dalam air. Gejala akan terjadinya kematian juga ditandai dengan terbukanya mulut dan operkulum ikan yang disebut *ram jet ventilation* (Dewi, 2004). Gejala ini terlihat pada beberapa ikan konsentrasi 3% yang mati, ikan yang mati sering ditandai dengan mulut ikan yang terbuka.

Pengamatan warna morfologis ikan mas dalam penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan antara ikan yang terdapat pada media air kontrol dengan ikan yang terdapat pada media air dengan konsentrasi limbah cair (Gambar 1 dan 2). Perubahan warna morfologis pada ikan

Tabel 4. Gejala perubahan perilaku ikan mas pada setiap konsentrasi limbah cair tenun Troso

Konsentrasi limbah cair	Gejala perubahan perilaku			
	Aktivitas gerak	<i>ram jet ventilation</i>	produksi mukus	warna morfologik
0%,	Teratur/ normal	Tidak terjadi	Tidak muncul mukus	Cerah
1%	Cenderung ke atas/ mendekat aerator	Tidak terjadi	Muncul mukus	Pucat
1,5%	Cenderung ke atas/ mendekat aerator	Tidak terjadi	Muncul mukus	Pucat
2%	Cenderung ke atas/ mendekat aerator	Tidak terjadi	Muncul mukus	Pucat
2,5%	Cenderung ke atas/ mendekat aerator	Tidak terjadi	Muncul mukus	Pucat dan gelap
3%	Cenderung ke atas/ mendekat aerator	Terjadi	Muncul mukus	Pucat dan gelap

Pada ikan yang mati, ikan mengeluarkan mukus pada bagian branchia serta pada permukaan tubuh ikan. Sekresi mukus ini

diduga disebabkan adanya zat warna limbah yang bersentuhan dengan tubuh ikan. Sel-sel pigmen (khromatofora) pada dermis memiliki

kemampuan berubah untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan. Kemampuan ini diinduksi oleh modulasi yang terkontrol melalui kemampuan absorptif dan reflektif dari khromatofora. Khromatofora yang digunakan oleh ikan mas pada kondisi terpapar limbah cair tekstil adalah melanofora yang berwarna gelap. Melanofora merupakan sel-sel yang berbentuk asteroid dan memiliki sejumlah besar granula-granula padat dengan pigmen melanin dan dapat bergerak di dalam sitoplasma (Irianto, 2005). Zat warna yang terdapat dalam limbah cair tekstil merupakan gabungan dari senyawa organik tidak jenuh, kromofor dan auksokrom, sebagai pengaktif kerja kromofor dan pengikat antara warna dan serat (Pratiwi, 2010). Penyerapan zat warna oleh melanofora merupakan penyebab ikan mas yang terpapar limbah cair berwarna gelap (hitam).

SIMPULAN

Derajat toksisitas (LC₅₀-96 jam) limbah cair tenun Troso terhadap ikan mas sebesar 2,3%. Besarnya konsentrasi limbah cair tenun Troso berpengaruh terhadap mortalitas ikan mas, semakin tinggi konsentrasi limbah cair maka mortalitas ikan mas semakin tinggi pula. Kematian ikan ditandai dengan adanya perubahan perilaku seperti perubahan aktivitas gerak, keseimbangan tubuh, ram jet ventilation, produksi mukus, perubahan warna morfologik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Aryani, Y., Sunarto., & Widiani, T. (2004). Toksisitas akut limbah cair pabrik batik CV. Giyanti Santoso Surakarta dan efek sublethalnya terhadap struktur mikroanatomi branchia dan hepar ikan nila (*Oreochromis niloticus* T.). *Jurnal Bio Smart* 6(2): 147-153.
- Dewi, N.K. (2004). Penurunan Derajat Toksisitas Kadmium terhadap Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Mart.) dan Fenomena Transpornya. *Tesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Effendi. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- EMDI (Environmental management Development in Indonesia). (1994). *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia. Sumber Pengendalian dan Baku Mutu*. Jakarta: EMDI-BAPEDAL.
- Husni, H. (2012). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Lin). *Skripsi*. Padang: Universitas Andalas.
- Imam, F. (2013). Tingkat Toksisitas Limbah Cair Industri Gula Tebu tanpa Melalui Proses IPAL terhadap *Daphnia magna*. *Skripsi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Irianto, A. (2005). *Patologi Ikan Teleostei*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Loomis, T.A. (1978). *Toksikologi Dasar*. Edisi III. Diterjemahkan oleh Argo, I.D Semarang: IKIP Semarang Press.
- Moraes, G., Moraes, F.D., Figueredo, J.S.L., Rossi, P.A., & Venturini, F.P. (2015). Acute toxicity and sublethal effects of phenol on hematological parameters of channel catfish *Ictalurus punctatus* and pacu *Piaractus mesopotamicus*. *J. Ecotoxicol. Environ. Contam.* 10(1): 31-36.
- Narantaka, A.M.M. (2012). *Pembenihan Ikan Mas*. Yogyakarta: Javalitera.
- Pramudita, B., B. V. Tangahu. (2014). Uji toksisitas akut air limbah industri batik terhadap biota uji ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana XIV-ITS. ISBN 978-602-96565-7-2.
- Pratiwi, Y. (2010). Penentuan tingkat pencemaran limbah industri tekstil berdasarkan *nutrition value coefficient bioindicator*. *J. Teknologi* 3: 129-137.
- Ratningsih, N. (2008). Uji toksisitas molase pada respirasi ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). *J. Biotika* 6(1): 22-33.
- Roopadevi, H., & Somashekar, R. K. (2012). Assessment of the toxicity of waste water from a textile industry to *Cyprinus carpio*. *J. Environ. Biol.* 33: 167-171.
- Rudiyanti, S. (2009). Pertumbuhan dan *survival rate* ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada berbagai konsentrasi pestisida Regent 0,3G. *J. Saintek Perikanan*. 5(1): 49-54.
- Saha, N. C., Bhunia, F., & Kaviraj, A. (1999). Toxicity of phenol to fish and aquatic ecosystems. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63:195-202.
- Sutrisno, T. (2006). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Varadarajan, R., Sankar, H., Jose, J., & Philip, B. (2014). Sublethal effects of phenolic compounds on biochemical, histological and ionoregulatory parameters in a tropical teleost fish *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Int. J. Sci. Res. Publications* 4(3): 1-12.
- Wasiyanto. (2004). Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup pada Industri Tenun Ikat di Desa Troso Kecamatan Pecangaan Kabupaten Jepara. *Tesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.

White, L. D., Cory, D. A., & Gilbert, M. E. (2007). New and evolving concepts in the neurotoxicology of lead. *J. Toxicol. Appl. Pharmacol*, 225 (1): 1–27.