

UJI TOKSISITAS AKUT LIMBAH INDUSTRI PENGOLAHAN IKAN DI MUNCAR KABUPATEN BANYUWANGI TERHADAP MORTALITAS *ARTEMIA SALINA*

Winda Anista¹, Ibrohim², Hadi Suwono³

¹Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang

²Jurusan Biologi, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang

Email koresponden: winda767@gmail.com

Abstrak: Limbah hasil industri perikanan di Muncar Kabupaten Banyuwangi merupakan permasalahan lokal yang hingga saat ini sulit untuk ditangani. Limbah hasil industri perikanan di Muncar Kabupaten Banyuwangi dapat diketahui tingkat pencemarannya dengan cara mengukur parameter fisik, kimia, dan juga biologi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan uji toksisitas akut air sungai yang tercemar limbah hasil industri perikanan di Muncar Kabupaten Banyuwangi terhadap mortalitas *Artemia salina*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan sampel air sungai yang tercemar limbah hasil industri perikanan di Muncar yang terkonsentrasi di Sungai Kalimati. Penelitian ini diawali dengan uji pendahuluan untuk menentukan lima serial konsentrasi yang akan digunakan dalam uji toksisitas akut. Uji toksisitas akut menggunakan lima serial konsentrasi air sungai yang tercemar limbah yang telah ditentukan sebelumnya dan satu kontrol dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Uji toksisitas akut dilakukan selama 24 jam dengan melihat jumlah kematian sebanyak 50% *Artemia salina*. Hasil uji toksisitas akut menunjukkan konsentrasi yang dapat menyebabkan 50% kematian pada *Artemia* berada di kisaran 7,5% - 10%. Selanjutnya data hasil uji toksisitas dianalisis dengan menggunakan analisis probit. Hasil analisis probit menunjukkan LC₅₀-24 jam dari air sungai Kalimati yang tercemar limbah industri pengolahan ikan di Muncar adalah 8,4%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Sungai Kalimati yang tercemar limbah industri bersifat toksik bagi organisme perairan. Aliran sungai Kalimati yang bermuara di pantai Muncar dapat mengalirkan limbah cemaran industri pengolahan ikan ke perairan laut dan akan menyebabkan kerusakan pada ekosistem laut. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menetapkan kriteria kualitas limbah yang dapat dibuang ke badan sungai dan perlunya strategi pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan untuk mengurangi efek toksiknya.

Kata Kunci: uji toksisitas akut, mortalitas, *Artemia salina*, limbah industri pengolahan ikan, konsentrasi letal

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009, pencemaran lingkungan yaitu masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi/atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran lingkungan itu sendiri dibedakan menjadi pencemaran tanah, udara, dan air. Salah satu contoh fenomena pencemaran air adalah pencemaran yang terjadi di daerah pesisir pantai Muncar Kabupaten Banyuwangi.

Daerah Muncar di Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu daerah yang terkenal dengan industri perikanan terbesar di Indonesia (Kadaria

dkk, 2012). Terdapat 72 industri skala besar dan 96 industri skala kecil yang terdapat di Muncar Banyuwangi (Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2009). Industri pengolahan ikan merupakan penyokong ekonomi terbesar di daerah Muncar Banyuwangi dengan penghasilan sebanyak 2,5 milyar per tahun. Disamping berkontribusi pada pemasukan negara, keberadaan industri pengolahan ikan di Muncar Banyuwangi juga dapat menurunkan kualitas perairan di daerah tersebut, khususnya di sungai Kalimati. Hal ini terjadi karena industri pengolahan ikan di Muncar Banyuwangi menghasilkan limbah cair sebanyak 14.300 m³ per harinya (Priambodo dkk, 2011).

Penurunan kualitas air di sungai Kalimati Muncar dapat dilihat dari parameter-parameter fisik

yang lebih tinggi dibandingkan dengan standar baku yang telah ditetapkan (Priambodo dkk, 2011). Limbah yang dihasilkan juga dibuang ke badan sungai yang menghasilkan bau tidak sedap serta meningkatnya jumlah kematian ikan di pesisir Muncar Banyuwangi. Disamping pengukuran dengan menggunakan parameter fisik, penurunan kualitas air di Kalimati Muncar dapat dilakukan dengan cara uji hayati limbah yang mencemari perairan di lingkungan tersebut terhadap suatu organisme. Uji hayati yang dimaksud adalah uji toksisitas yang digunakan untuk memperkirakan efek kimia pada organisme dan membandingkan sensitifitas dari satu atau lebih spesies (Wei dkk, 2006).

Salah satu organisme yang dapat dijadikan organisme uji untuk uji toksisitas air sungai Kalimati Muncar Banyuwangi adalah *Artemia* yang berasal dari golongan udang-udangan. Hal ini dikarenakan kemudahannya dalam mengkultur, memiliki periode generasi yang pendek, distribusinya kosmopolit, dan tersedia secara komersial dalam bentuk telur yang tidak aktif (kista). Kista dijadikan sebagai alternatif persediaan kultur invertebrata karena hewan uji ini dapat menetas secara bersamaan (serentak) (Persoone dkk, 1989). *Artemia* juga merupakan organisme yang biasa digunakan dalam studi ekotoksikologi (Favilla dkk, 2006). Disamping itu *Artemia* merupakan salah satu invertebrata yang hidup di perairan bersalinitas dan ekosistem laut (Parra dkk, 2001), sehingga sesuai dengan lingkungan tempat mengalirnya limbah dari industri pengolahan ikan yaitu daerah pesisir di Muncar Banyuwangi.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai toksisitas (LC_{50-24} jam) dari air sungai Kalimati Muncar terhadap mortalitas *Artemia salina*. Pengukuran dilakukan selama 24 jam dengan melihat jumlah kematian 50% *Artemia*.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan sampel air sungai yang tercemar limbah hasil industri perikanan di Muncar yang terkonsentrasi di Sungai Kalimati. Pengukuran parameter fisik dan kimia dilakukan di Laboratorium BLH (Badan Lingkungan Hidup) Kabupaten Banyuwangi. Sedangkan uji toksisitas dilakukan Laboratorium Biologi Universitas 17 Agustus Banyuwangi.

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel air sungai Kalimati di Muncar. Proses pengambilan sampel dilakukan dua kali, yaitu pada tanggal 17 Maret 2016 dan 28 Maret 2016 dengan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2008). Sampel diambil menggunakan botol plastik dengan volume 1,5 liter. Sampel pertama digunakan dalam pengukuran parameter fisik dan kimia di BLH Banyuwangi. Adapun parameter yang diukur meliputi suhu, pH, COD, BOD, kandungan logam berat (Pb, Cu), total fosfat (P), kadar ammonia (NH_3), dan kadar sulfur (H_2S). Sampel kedua digunakan dalam uji pendahuluan untuk menentukan konsentrasi pada uji toksisitas akut, dan sampel ketiga digunakan dalam uji toksisitas akut.

Sebelum digunakan dalam uji toksisitas, *Artemia* harus melalui proses aklimatisasi di Laboratorium selama 24 jam dengan medium air garam. Air garam dipilih karena sesuai dengan habitat *Artemia salina* yang memiliki ketahanan yang luar biasa untuk hidup di berbagai salinitas air (Banister, 1985). Uji toksisitas akut dilakukan dengan metode *multi concentration effluent toxicity test* untuk menentukan toksisitas effluen yang belum diketahui secara pasti kisarannya. Metode ini dilakukan dengan menggunakan 5 konsentrasi sampel dan 1 konsentrasi kontrol (USEPA, 2002). Metode ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu uji pendahuluan dan uji lanjutan. Lamanya pengujian berlangsung selama 24 jam untuk uji pendahuluan dan uji lanjutan dengan mengamati jumlah kematian 50% *Artemia*.

Pada uji pendahuluan, peneliti menggunakan dua macam serial konsentrasi. Serial konsentrasi pertama menggunakan standar dari USEPA (2002) yang terdiri dari konsentrasi 0,1%; 1%; 10%; 100%; dan kontrol, sedangkan serial konsentrasi kedua menggunakan standar yang dibuat oleh peneliti sendiri yang terdiri dari konsentrasi 5%; 15%; 25%; 35%; 50%; dan kontrol. Pada uji lanjutan dilakukan dengan menggunakan lima konsentrasi baru yang didapatkan dari uji pendahuluan selama 24 jam. Adapun lima konsentrasi yang digunakan pada uji lanjutan adalah 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; dan 17,5% dengan satu konsentrasi sebagai kontrol. Data dari uji lanjutan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis Probit untuk mengetahui konsentrasi yang mematikan bagi 50% *Artemia*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengukuran Parameter Fisik dan Kimia

Air limbah dari proses pengolahan hasil laut dapat mengandung senyawa organik tersuspensi yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan tingginya kadar BOD dan COD. Lemak dan minyak juga hadir dalam jumlah tinggi (Miroslav dkk, 2007; Somsanith dkk, 2007). Limbah juga memiliki kandungan fosfat dan nitrat yang tinggi (Somsanith dkk, 2007). Pernyataan serupa juga dijelaskan oleh Raquel, dkk (2012) yang menyatakan bahwa sebagian besar air yang digunakan di industri pengolahan ikan menghasilkan limbah dengan kandungan padatan tersuspensi dan tingkat COD/BOD yang tinggi.

Hasil pengukuran parameter fisik dan kimia yang terdiri dari suhu, pH, COD, BOD, kandungan logam berat (Pb, Cu), total fosfat (P), kadar ammonia (NH₃), dan kadar sulfur (H₂S) dibandingkan dengan Baku Mutu yang tertulis dalam PP nomor 82 Tahun 2001 untuk Kriteria mutu air kelas III. Adapun hasil pengukuran parameter fisik dan kimia badan air sungai Kalimati dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran parameter fisik dan kimia sungai Kalimati

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Uji	Acuan Metode
Temperatur	°C	-	29,5	SNI06.6989.23-2005
pH	mg/l	6-9	6,99	SNI06.6989.11-2004
COD	mg/l	50	537,55	APHA 5220C, Ed22, 2012
Timbal (Pb)	mg/l	0,03	0,04	SNI 06.6989.8-2009
BOD ₅	mg/l	6	500	Standart Method
Total pospat sebagai P	mg/l	1	9,2	Kolorimetri
Belerang sbg H ₂ S	mg/l	0,002	0,3	Kolorimetri
NH ₃ -N	mg/l	-	52,96	Nessler
Temba	mg/l	0,02	0,003	SNI

ga	06.6989.6-
(Cu)	2004

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisik dan kimia air sungai Kalimati dapat diketahui bahwa kadar COD, timbal (Pb), BOD, total fosfat (P), kadar belerang (H₂S) melebihi Baku Mutu yang ditetapkan dalam PP nomor 82 Tahun 2001 untuk Kriteria mutu air kelas III. Data hasil pengukuran parameter di atas menunjukkan bahwa air sungai Kalimati tercemar limbah dari industri pengolahan ikan di Muncar. Hal ini terjadi karena limbah yang dihasilkan oleh industri pengolahan ikan di Muncar dibuang secara langsung melalui saluran pembuangan yang mengarah pada sungai Kalimati tanpa perlakuan. Limbah hasil industri pengolahan ikan yang dibuang secara langsung berdampak buruk pada organisme akuatik yang mengarah pada penurunan kualitas air sungai Kalimati sehingga tidak dapat difungsikan lagi.

b. Uji Pendahuluan

Pada uji pendahuluan, peneliti menggunakan dua macam serial konsentrasi. Serial konsentrasi pertama menggunakan standar dari USEPA (2002) yang terdiri dari konsentrasi 0,1%; 1%; 10%; 100%; dan kontrol, sedangkan serial konsentrasi kedua menggunakan standar yang dibuat oleh peneliti sendiri yang terdiri dari konsentrasi 5%; 15%; 25%; 35%; 50%; dan kontrol. Penggunaan dua macam serial konsentrasi bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi yang akan digunakan pada uji lanjutan secara valid. Uji pendahuluan pada penelitian ini dilakukan selama 24 jam dengan mengamati jumlah kematian 50% *Artemia*. *Artemia* yang digunakan dalam uji pendahuluan ini sebanyak 10 ekor karena jumlah yang genap memudahkan untuk mengetahui 50% kematian. Hasil uji pendahuluan berdasarkan masing-masing serial konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Hasil Uji Pendahuluan berdasarkan Standar USEPA

Konsentrasi	Ulangan	Jumlah Kematian	Rata-rata Kematian (%)
0,1%	1	0	3,33%
	2	0	
	3	1	
1%	1	0	6,67%
	2	1	

	3	1	
	1	6	
10%	2	7	63,3%
	3	6	
	1	10	
100%	2	10	100%
	3	10	
	1	0	
Kontrol	2	0	0
	3	0	

Hasil uji pendahuluan berdasarkan standar USEPA menunjukkan bahwa pada konsentrasi 10% dapat menyebabkan kematian sebanyak 63,3% pada *Artemia*. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi yang dapat menyebabkan separuh (50%) jumlah kematian *Artemia* berada pada kisaran 1% - 10%.

Tabel 3.3 Hasil Uji Pendahuluan berdasarkan Standar Peneliti

Konsentrasi	Ulangan	Jumlah Kematian	Rata-rata Kematian (%)
5%	1	4	43,3%
	2	4	
	3	5	
15%	1	9	90%
	2	8	
	3	10	
25%	1	10	100%
	2	10	
	3	10	
35%	1	10	100%
	2	10	
	3	10	
50%	1	10	100%
	2	10	
	3	10	
Kontrol	1	0	0
	2	0	
	3	0	

Hasil uji pendahuluan berdasarkan standar yang dibuat oleh peneliti menunjukkan bahwa pada konsentrasi 5% dapat menyebabkan kematian sebanyak 43,3% pada *Artemia*. Sedangkan pada konsentrasi 15% dapat menyebabkan kematian sebanyak 90% pada *Artemia*. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi yang dapat menyebabkan separuh (50%) jumlah

kematian *Artemia* berada pada kisaran di atas 5% namun tidak lebih dari 15%.

Pada uji pendahuluan ini, peneliti membandingkan hasil dari kedua (standar USEPA dan standar peneliti) macam serial konsentrasi untuk menentukan konsentrasi yang akan digunakan pada saat uji lanjutan. Berdasarkan kedua hasil uji pendahuluan di atas maka dapat diketahui bahwa konsentrasi yang dapat menyebabkan separuh (50%) jumlah kematian *Artemia* berada pada kisaran 5% - 10%. Dari rentang konsentrasi tersebut kemudian digunakan untuk membuat serial konsentrasi baru yang rentangnya telah diperkecil untuk menentukan LC₅₀ secara lebih spesifik (Aprillia, 2013).

c. Uji Lanjutan

Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan, maka lima serial konsentrasi yang digunakan dalam uji lanjutan ini terdiri dari 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; 17,5% dan satu konsentrasi kontrol. Uji lanjutan pada penelitian ini dilakukan selama 24 jam dengan mengamati jumlah kematian 50% *Artemia*. *Artemia* yang digunakan dalam uji pendahuluan ini sebanyak 10 ekor karena jumlah yang genap memudahkan untuk mengetahui 50% kematian. Hasil dari uji lanjutan selanjutnya dianalisis menggunakan analisis Probit yang dapat memproyeksikan hubungan antara konsentrasi dan jumlah kematian menjadi nilai LC₅₀. Hasil uji lanjutan berupa uji toksisitas akut air sungai Kalimati yang tercemar limbah industri pengolahan ikan terhadap mortalitas *Artemia* dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Uji Toksisitas Air Sungai Kalimati terhadap Mortalitas *Artemia* (LC₅₀ – 24 jam)

Konsentrasi	Ulangan	Jumlah Kematian	Rata-rata Kematian (%)
7,5%	1	4	46,7%
	2	5	
	3	5	
10%	1	7	66,7%
	2	7	
	3	6	
12,5%	1	8	83,3%
	2	10	
	3	7	
15%	1	10	93,3%
	2	10	

	3	8	
	1	10	
17,5%	2	10	100%
	3	10	
	1	0	
Kontrol	2	0	0
	3	0	

Berdasarkan hasil uji toksisitas air sungai Kalimati terhadap *Artemia*, menunjukkan bahwa konsentrasi yang dapat menyebabkan 50% kematian pada *Artemia* berkisar antara 7,5% - 10%. Selanjutnya data hasil uji toksisitas akut (LC₅₀ – 24 jam) dianalisis menggunakan metode analisis probit dengan bantuan *software SPSS for windows 22*. Hasil analisis probit dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Output Analisis Probit dengan SPSS for windows 22 Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for konsentrasi		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
P ,010	-,626	-5,002	1,890
R ,020	,431	-3,545	2,730
O ,030	1,101	-2,622	3,265
B ,040	1,606	-1,929	3,668
I ,050	2,016	-1,366	3,997
T ,060	2,366	-,888	4,278
,070	2,672	-,469	4,524
,080	2,946	-,094	4,746
,090	3,195	,246	4,948
,100	3,425	,559	5,134
,150	4,376	1,849	5,909
,200	5,131	2,867	6,533
,250	5,779	3,733	7,076
,300	6,361	4,503	7,570
,350	6,900	5,209	8,037
,400	7,412	5,870	8,489
,450	7,907	6,498	8,937
,500	8,395	7,103	9,390
,550	8,882	7,693	9,859
,600	9,377	8,273	10,355
,650	9,889	8,852	10,889
,700	10,428	9,435	11,478
,750	11,010	10,035	12,143

,800	11,658	10,670	12,916
,850	12,414	11,374	13,854
,900	13,364	12,220	15,074
,910	13,594	12,419	15,374
,920	13,843	12,634	15,701
,930	14,117	12,868	16,063
,940	14,424	13,127	16,469
,950	14,773	13,420	16,935
,960	15,183	13,762	17,485
,970	15,688	14,179	18,165
,980	16,358	14,728	19,074
,990	17,415	15,585	20,514

Hasil analisis probit menunjukkan LC₅₀-24 jam dari air sungai Kalimati yang tercemar limbah industri pengolahan ikan di Muncar adalah 8,4%. Adanya pencemaran tersebut disebabkan dari limbah dari berbagai industri pengolahan ikan di kawasan Muncar yang dibuang secara langsung ke badan sungai tanpa melalui perlakuan (*treatment*) terlebih dahulu, sehingga menurunkan kualitas lingkungan perairan dan berdampak toksik pada organisme di perairan tersebut.

4. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Hasil uji parameter fisik dan kimia menunjukkan bahwa kadar COD, timbal (Pb), BOD, total fosfat (P), kadar belerang (H₂S) yang melebihi Baku Mutu yang ditetapkan dalam PP nomor 82 Tahun 2001 untuk Kriteria mutu air kelas III. Hasil uji toksisitas akut sampel air sungai Kalimati terhadap *Artemia* pada level konsentrasi 8,4% dapat menyebabkan separuh (50%) jumlah kematian pada *Artemia* selama 24 jam. Berdasarkan hasil kedua uji tersebut dapat disimpulkan bahwa air sungai Kalimati Muncar Kabupaten Banyuwangi bersifat toksik bagi organisme perairan. Aliran sungai Kalimati yang bermuara di pantai Muncar dapat mengalirkan limbah cemaran industri pengolahan ikan ke perairan laut dan akan menyebabkan kerusakan pada ekosistem laut.

Hasil penelitian ini juga dapat digunakan untuk menentukan kriteria kualitas limbah yang akan dibuang ke badan sungai sehingga mengurangi efek toksik dari limbah hasil industri. Dari hasil penelitian ini, peneliti juga menyarankan setiap industri pengolahan ikan melakukan *treatment* (perlakuan) atau strategi pembuangan limbah yang akan dibuang. Bagi pemerintah Kabupaten

Banyuwangi, peneliti juga menyarankan aturan yang tegas bagi para pemilik industri di kawasan Muncar terhadap pengelolaan limbah buangan hasil industrinya dan memberlakukan hukuman yang tegas bagi para pelanggar.

5. DAFTAR RUJUKAN

- Aprillia, T., Rachmatiah, I, 2013. *Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Pulp & Kertas terhadap Daphnia magna (Studi Kasus: PT ASPEX KUMBONG)*. Program Studi Teknik Lingkungan ITB: Bandung
- Banister, K. 1985. *Encyclopedia of Aquatic Life*. New York: Facts on File, Inc..
- Favilla, M., Macchia, L., Gallo, A., and Altomare, C., 2006. *Toxicity Assessment of Metabolites of Fungal Biocontrol Agents using Two Different (Artemia salina and Daphnia magna) Invertebrate Bioassays*. Food and Chemical Toxicology, 44: 1922–1931.
- Kadaria, U., Damayanti, A., Mangkoedihardjo, S. 2012. *Toxicity of Wastewater from Oil dan Filleting Industries towards Artemia in Muncar of Indonesia*. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences 2(7): 336-341
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2009. *Program Kerja Pengendalian Pencemaran di Wilayah Muncar 2007-2014*. Jakarta
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2009. *Undang-Undang Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009*. Jakarta
- Miroslav Colic., Wade Morse., Jason Hicks., Ariel Lechter., Jan D. Miller. 2007. *Case Study: Fish Processing Plant Wastewater Treatment*. Clean Water Technology, Inc.
- Parra, A.L., Yhebra, R.S., Sardinas, I.G., Buella, L.I., 2001. *Comparative Study of The Assay of Artemia salina L. and The Estimate of The Medium Lethal Dose (LD50 Value) in Mice, to Determine Oral Acute Toxicity of Plant Extracts*. Phytomedicine, 8(5): 395-400
- Persoone, G., Van De Vell, A., Van Steergem, M, and Nayer, B. 1989. *Predictive value for the laboratory test with aquatic invertebrate. Influence of experimental condition*. Aquat. Toxicol. 14, pp 149-166
- Priambodo, G., Mangkoedihardjo, S., Hadi, W., and Soedjono, E.S. 2011. *Wastewater Treatment Strategy for Fish Processing Industry in Kota Pantai Muncar of Indonesia*. International Journal of Academic Research, 3(2): 93-97
- Raquel Cristóvão., Cidália Botelho., Ramiro Martins., Rui Boaventura. 2012. *Pollution Prevention and Wastewater Treatment in Fish Canning Industries of Northern Portugal*. International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE vol.32
- Somsanith Duangpaseuth., Quail Das., Narasak Chotchamlong., Javkhlan Ariunbaatar., Alisa Khunchornyakong., Vijayalayan Prashanthini., Warangkana Jutidamrongphan. 2007. *Industrial Waste Abatement and Management: Seafood Processing*. Asian Institute of Technology
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta Bandung
- USEPA, 2002. *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism, Fifth Edition*. United States Environmental Protection Agency, Washington
- Wei, D., Kisuno, A., Kameya, T., dan Urano, K., 2006. *A New Method for Evaluating Biological Safety of Environmental Water with Algae, Daphnia and Fish Toxicity Ranks*. Science of The Total Environment, 371: 383–390.