

**ANALISIS TOKSISITAS LIMBAH CAIR BATIK TULIS
DAN BIOCONCENTRATION FACTOR IKAN SEPAT
(*TRICHOGASTER TRICOPTERUS*)**

Naniek Ratni Juliardi AR¹, Nur Andini², dan Yuliatin AS³

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
E-mail: naniktlupn@yahoo.com

ABSTRAK

Logam kromium merupakan logam berat yang berasal dari proses pewarnaan batik yang bersifat toksik dan dapat mencemari lingkungan apabila melebihi ambang batas yang ditentukan. Penelitian ini menggunakan metode uji toksisitas akut dengan mengamati jumlah kematian biota uji selama 96 jam (4 hari) dan dicari nilai LC₅₀. Biota uji yang digunakan adalah ikan sepat (*Trichogaster tricopterus*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat responsif ikan sepat terhadap limbah cair batik tulis dan kadar zat toksik kromium (Cr) yang terkandung dalam biota uji. Pengujian pada penelitian ini menggunakan variasi toksikan pada uji toksisitas akut dengan kadar 0%, 0,6%, 0,12%, 0,18%, 0,24%, 0,3%. Parameter yang dianalisa adalah suhu, pH, DO dan kromium (Cr). Hasil dari penelitian didapatkan nilai LC₅₀ ikan sepat untuk limbah cair batik tulis adalah 0,186%. Pada kadar ikan sepat 0,6% nilai BCF adalah 0,002 mg/l dan pada kadar 3,0% adalah 0,028. Terlihat sisik ikan yang terkelupas dan insang mengalami iritasi kemudian mengeluarkan lendir akibat kandungan logam berat.

Kata kunci: limbah cair batik tulis, uji toksisitas akut (LC₅₀), ikan sepat

ABSTRACT

*Chromium was poisonous and contaminating the environment if more than to a prescribed limit. This study used acute toxicity check to observed the number of biota mortality for 96 hours (four days) and determined LC₅₀. This study used batik's liquid waste from several industries and gourami (*Trichogaster tricopterus*) This study was aimed to found out the responsive level of *Trichogaster tricopterus* for liquid waste and to determined the effect of chromium level inside of sample. This study used variety of toxic substances level, such as, 0%; 0,6%; 0,12%; 0,18%; 0,24%; 0,3%. Temperature, acidity, dissolve oxygen, and chromium level were analyzed for this study. The results showed that LC₅₀ value for *Trichogaster tricopterus* against batik liquid waste was 0,186%. Bioconcentration factor for toxic substances level 0,6% was 0,002 mg/l and for 3,0% was 0,028 mg/l. The scale were peel off and the gills were irritation, it produced mucus as the effect of chromium.*

Keywords: acute toxicity test (LC₅₀), homemade batik's liquid waste, *Trichogaster tricopterus*

PENDAHULUAN

Industri di Indonesia berkembang pesat baik itu industri modern maupun industri konvensional. Industri banyak menghasilkan limbah yang dapat menyebabkan pencemaran. Salah satu industri konvensional yang sedang berkembang yaitu industri batik. Data tahun 2012 menyebutkan jumlah industri batik 48.300 unit usaha skala kecil, menengah dan skala besar. Sebanyak 17 unit usaha dengan penyerapan tenaga kerja sebanyak 797.351 orang (Kementerian Perindustrian, 2015).

Batik Tulis merupakan salah satu kerajinan batik yang masih bertahan sejak muncul untuk pertama kali pada abad ke - 17. Kerajinan batik ini semakin menggeliat seiring dengan semakin banyaknya permintaan terhadap batik. Salah satu provinsi yang memiliki sentra industri batik yang tinggi yaitu Jawa Timur. Daerah yang menjadi sentra industri batik di Provinsi Jawa Timur salah satunya berada di Kabupaten Bangkalan tepatnya di Kecamatan Tanjung Bumi, yang menjadi ciri khas dari daerah tersebut adalah batik tulis yang banyak digemari oleh masyarakat.

Berdasarkan data hasil observasi terdapat 27 industri batik tulis rumahan dan belum ada industri batik tulis yang mengelola dan mengolah limbahnya. Limbah cair batik tulis langsung dibuang ke saluran drainase yang bermuara pada sungai sekitar. Industri batik tulis tersebut menghasilkan limbah cair yang dihasilkan paling banyak dari proses pewarnaan dan pelorodan batik. Zat-zat yang terdapat pada limbah cair batik tulis dapat berupa padatan tersuspensi, bahan kimia maupun zat organik dan mengandung logam berat kromium (Cr) (Ayu, 2014). Logam kromium merupakan logam berat yang berasal dari proses pewarnaan batik yang bersifat toksik dan dapat mencemari lingkungan apabila melebihi ambang batas yang ditentukan.

Limbah cair yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi standar baku mutu limbah cair agar tidak menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian terhadap limbah cair yang dihasilkan oleh industri rumahan batik tulis yang dapat dilakukan pada organisme perairan yang hidup di aliran sungai sekitar. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, perlu dilakukan uji toksisitas akut untuk mengetahui nilai LC_{50-96} jam terhadap ikan air tawar. LC_{50-96} jam merupakan singkatan dari Lethal Concentration 50%, untuk mengetahui konsentrasi toksikan yang menyebabkan terjadinya kematian (lethal) pada 50% hewan uji dalam suatu waktu tertentu (Idris, 2013). Hasil penelitian Adam (2016), terdapat kadar krom (Cr) yang melampaui ambang batas pada limbah cair batik tulis Njetis Sidoarjo yaitu 1,48 mg/l, nilai tersebut melampaui baku mutu limbah cair industri tekstil yaitu 1 mg/l sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. Serta diperoleh hasil LC_{50} ikan mujair terhadap limbah cair batik tulis sebesar 0,43 (toksisitas sedang).

Ikan sepat (*Trichogaster trichopterus*), merupakan ikan yang hidup di aliran sungai sekitar pembuangan limbah cair batik tulis dan dikonsumsi oleh masyarakat. Ikan sepat (*Trichogaster trichopterus*) termasuk kedalam ikan pemakan zooplankton. Penggunaan ikan sepat sebagai indikator dikarenakan memenuhi syarat dari sifat dasar spesies monitor berdasarkan Rand and Petrocelli (1995) diantaranya tersedia mudah dan dalam jumlah yang banyak, representatif bagi ekosistem yang akan terkena efek zat, mudah dipelihara dan dikultur dalam laboratorium.

Toksisitas pada ikan merupakan serangkaian sistem yang melibatkan proses fisika, kimia, biologis. Proses toksik akan menghasilkan racun yang dapat diserap oleh ikan (di Giulio and Hinton, 2008), sehingga uji toksisitas

digunakan untuk menentukan status limbah cair batik tulis apakah toksik terhadap ikan sepat yang merupakan jenis ikan yang hidup di sungai yang merupakan salah satu saluran buangan limbah cair batik tulis. Pengaruh zat kimia pada limbah cair batik tulis pada ikan dapat di lihat dari kelangsungan hidup, struktur histologis bagian tubuh yang peka terhadap zat kimia tersebut serta keberadaan lingkungan krom (Cr) dalam daging ikan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keadaan lingkungan air industri batik tulis dengan menggunakan biota uji sebagai parameter yang mewakili lingkungan air disekitar industri batik tulis. Dengan adanya uji toksisitas limbah cair batik tulis, diharapkan dapat memperoleh gambaran umum tentang tingkat bahaya limbah cair industri batik tulis terhadap badan air penerima terutama terhadap biota-biota akuatik yang hidup didalamnya.

METODE PENELITIAN

Limbah Cair Batik Tulis

Toksikan yang digunakan dalam uji toksisitas akut adalah limbah cair batik tulis yang berasal dari industri-industri batik tulis rumahan di Kecamatan Tanjung Bumi Bangkalan.

Biota Uji

Biota uji yang di gunakan dalam penelitian ini adalah ikan sepat. Pemilihan biota uji berdasarkan kriteria biota uji yang harus di penuhi. Berdasarkan OECD dan USEPA, biota uji yang di gunakan dapat mewakili lingkungan dari perairan tersebut, agar dapat memperkirakan jumlah polutan yang masuk ke dalam lingkungan tersebut (APHA,2005). Berdasarkan standart USEPA hewan uji yang di gunakan adalah ikan dengan berat 1 gram yang dimana berukuran 5-7cm.

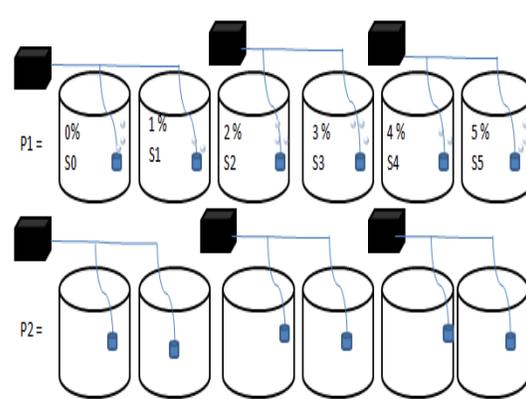
Aklimatisasi

Waktu aklimatisasi dilakukan selama 3 hari menggunakan air pengencer yaitu air sambungan PDAM di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa

Timur agar pengencer yang digunakan bebas dari pencemar. Pada waktu aklimatisasi digunakan wadah dengan diameter 11,5 cm dan tinggi 10,5 cm. Dalam reaktor ini dimasukan biota uji berjumlah 400 ekor dan dibagi kedalam 3 reaktor. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam selama 3 hari dengan mengukur dan mencatat nilai suhu, pH, DO dan kematian ikan pada masing-masing reaktor.

Range finding test

Range finding test merupakan tahapan yang bertujuan untuk mencari prakiraan konsentrasi terkecil toksikan air limbah yang dapat menyebabkan kematian 100% biota uji mati dalam pemaparan 96 jam. Parameter yang diamati adalah suhu, pH, DO, krom (Cr) dan dilakukan pengamatan atas kematian biota ujinya setiap hari. Pengamatan parameter krom (Cr) dilakukan diakhir penelitian. Pada tiap bak uji dimasukan 10 ekor biota uji untuk masing-masing kadar toksikan. Dibutuhkan volume total air untuk setiap bak uji sebanyak 10 liter dengan perbandingan 1 gram ikan per 1 liter air. Bak uji yang digunakan berdiameter 11,5 cm dan



tinggi 10,5 cm.

Bar- 1: Desain bak uji waktu *range finding*

Uji toksisitas akut

Tujuan pada tahapan tes ini adalah untuk menentukan kadar toksikan yang dimana dapat memberikan kematian 50% terhadap

biota uji dalam waktu yang relatif singkat. Dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada tahapan ini masing-masing variasi toksikan. Kadar toksikan didapat dari data *range finding test*.

Perhitungan LC₅₀

Nilai LC₅₀ merupakan nilai dimana pada kadar toksikan tersebut terdapat 50% biota uji dalam penelitian mengalami kematian. Nilai LC₅₀ ini diperlakukan dalam menganalisa dan pembahasan dari penelitian ini. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai LC₅₀ ini menggunakan metode *Lithfield-Wilcoxon*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aklimatisasi

Tabel- 1: Waktu aklimatisasi

Jenis Biota Uji	Parameter	Satuan	Reaktor 1			Reaktor 2			Reaktor 3		
			Hari			Hari			Hari		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ikan Sepat	Suhu	°C	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	Ph	-	8,9	8,7	8,8	8,6	8,5	8,6	8,6	8,5	8,6
	Dissolved Oksigen	mg/L	7,7	7,1	6,9	7,6	6,9	6,6	7,2	6,8	6,6
	Kumulatif Kematian	Ekor	0	3	2	0	2	3	0	2	2

Dari data diatas selama adaptasi berlangsung untuk suhu masih dalam kondisi normal pada ketiga reaktor. Untuk pH meski mengalami kenaikan dan penurunan dapat dianggap baik dikarenakan pH yang ada pada akuarium memenuhi untuk kelangsungan hidup ikan yaitu dalam kisaran 6-9 Ghufuran dan Kordi, 2004). Menurut Samsundari (2013) ,nilai pH pada akuarium yang tinggi dikarenakan air mudah tercampur dengan mineral dan kotoran yang berada di dalamnya. Untuk kadar oksigen terlarut pada reaktor tiap harinya mengalami kenaikan dan penurunan sesuai keadaan suhu dan beban organik pada air. Biota uji ikan sepat dapat bertahan hidup dengan nilai DO 5 - 6 mg/l dan suhu berkisar 23°-30°C.

Kematian biota uji pada tahap aklimatisasi dikarenakan biota uji stress tidak bisa menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang baru, kondisi ini terjadi kurang dari 10% dari jumlah populasi biota uji untuk tahap aklimatisasi. Berdasar OECD (2004), biota uji tersebut dan air pengencer dapat digunakan pada uji toksisitas.

Range Finding Test

Range finding test adalah tahapan yang bertujuan untuk mencari prakiraan konsentrasi terkecil toksikan air limbah yang dapat menyebabkan kematian 100% terhadap biota uji dari jumlah populasi biota uji. Pada tahap *range finding test* ini biota uji dipaparkan dengan limbah industri batik. tahap awal yang dilakukan pada percobaan range finding test ini adalah menyiapkan larutan limbah dengan variasi konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%. Kadar variasi tersebut akan diencerkan dengan air pengencer yaitu air PDAM di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur. Tiap reaktor variasi konsentrasi di isi biota uji sebanyak masing-masing 10 biota uji. Biota uji dipaparkan dengan toksikan selama 4 hari, amati dan catat kematian ikan sepat setiap 24 jam. Parameter yang dianalisa adalah suhu, pH, DO dan kandungan krom (Cr) pada masing-masing reaktor dan di cek setiap 24 jam. Setelah itu menentukan konsentrasi terkecil yang menyebabkan kematian ikan sepat 100% dan hasil range tersebut yang digunakan dalam uji toksisitas akut.

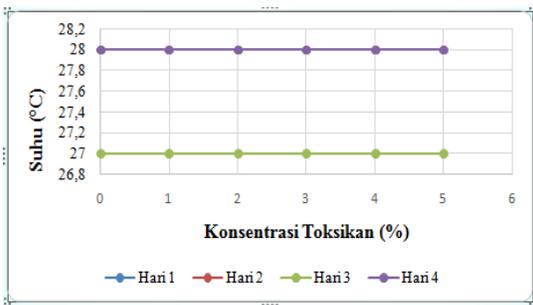
Uji Toksisitas Akut

Karakteristik limbah cair batik tulis diperiksa untuk mengidentifikasi parameter zat pencemar yang terkandung dalam limbah cair batik tulis. Limbah cair batik tulis yang dianalisa adalah air murni tanpa pengencer. Hasil dari uji laboratorium terhadap karakteristik limbah cair batik tulis dapat dilihat pada tabel 2.

Parameter	Hasil Analisa	Baku Mutu
Suhu	27	40
Krom (Cr)	1,6	1,0
pH	10,1	6,0 - 9,0

Tabel-2: Karakteristik limbah cair batik tulis

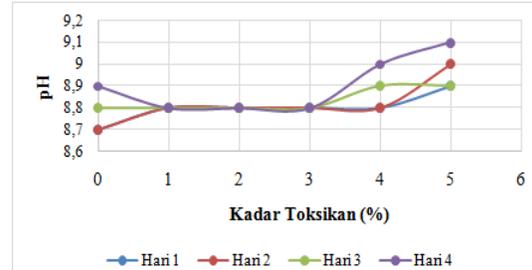
Kadar toksikan yang dipakai adalah 0,6%, 0,12%, 0,18%, 0,24%, 3%. limbah cair batik tulis yang telah diencerkan terlihat lebih bening dibanding saat range finding test yang berwarna merang kecoklatan dan lengket. Reaksi ikan saat dimasukkan ke bak uji yang diberi kadar toksikan terlihat berenang dengan tenang, tidak ada tanda-tanda stress.



Gambar-2: Hubungan kadar toksikan (%) dengan waktu *Acute toxicity test* (hari) terhadap suhu (°C).

Dari grafik diatas bisa kita ketahui bahwa suhu pada air mengalami perubahan baik penurunan maupun kenaikan namun tidak terlalu signifikan. Perubahan ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu : waktu dalam suatu hari, aliran air dan kedalaman air serta bisa juga karena penurunan kelarutan gas dalam air. Nybakken (1988) menjelaskan bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme. Hujan yang terjadi pada malam hari ketiga diperkirakan mempengaruhi penurunan suhu pada pagi hari ketiga. Pada kadar kematian ikan sepat tersebut tidak di pengaruhi oleh suhu dikarenakan suhu pada reaktor tidak begitu fluktuatif atau dalam kisaran yang sama. Kaidah umum menyebutkan bahwa reaksi

kimia dan biologi air (proses fisiologis) akan meningkat 2 kali lipat pada kenaikan suhu 100°C, selain itu suhu juga berpengaruh terhadap penyebaran dan komposisi organisme.

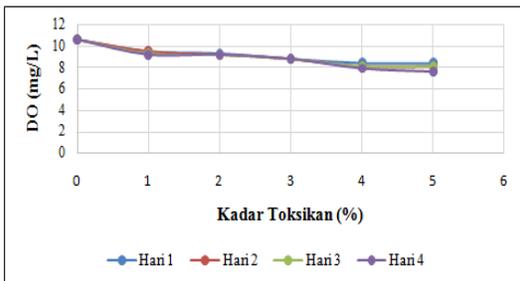


Gambar- 3: Hubungan kadar toksikan (%) dengan waktu *Acute toxicity test* (hari) terhadap pH

pH mengalami peningkatan pada kadar 0%, dan 2,4% dan. Untuk pH yang mengalami penurunan hal ini bisa terjadi akibat reaktor yang berisikan ikan mengeluarkan lendir yang bersifat asam sebagai bentuk adaptasi mereka sedangkan pH yang naik bisa terjadi karena memang limbah cair batik tulis yang bersifat basa dan bahan organik yang tinggi. Ikan sepat memproduksi asam dari hasil metabolisme menyebabkan penurunan pH, karena peningkatan produksi asam oleh ikan sepat akan terakumulasi terus menerus di dalam reaktor dapat menyebabkan daya racun dari amoniak dan nitrit. Hasil penelitian pH yang telah diamati masih memenuhi syarat sebagai kelangsungan hidup biota uji ikan sepat yaitu 6-9 mg/l. Tinggi maupun rendahnya nilai pH di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu : proses dekomposisi pada bahan organik yang ada pada air, kadar gas-gas yang ada pada air, suhu air, dan juga sinar matahari. Dampak yang ditimbulkan apabila terjadi perubahan pH air yaitu: ikan mudah terserang penyakit, metabolisme ikan terganggu, pertumbuhan ikan tidak berkembang dengan baik. pH air yang baik untuk kehidupan ikan yaitu diantara 6-9 apabila melebihi angka 9 maka air tersebut tidak layak dan tidak sesuai untuk

lingkungan hidup ikan. Hasil pengukuran DO dapat dilihat pada gambar 4.

Berdasarkan grafik 4 setiap hari kandungan DO mengalami kenaikan dan penurunan, DO mengalami penurunan dikarenakan kandungan organik dalam air selain itu juga disebabkan aktifitas ikan yang mengurangi oksigen dalam air, namun masih omemenuhi kadar DO optimum dalam air yaitu 5-6 mg/l.



Gambar- 4: Hubungan kadar toksikan (%) dengan waktu *acute toxicity test* (hari) terhadap DO (mg/L)

Perhitungan LC₅₀

Perhitungan nilai LC₅₀ dilakukan dengan metode *lithfield wilcoxon*. Berdasarkan perhitungan LC₅₀-96 jam didapatkan 1,86%

Penyerapan Timbal dalam biota uji

Pada akhir penelitian dilakukan analisa kandungan logam timbal dalam biota ikan sepat. Metode pengukuran menggunakan metode AAS. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel -3: Akumulasi Logam Berat timbal

Biota Uji	Kadar limbah (%)	Kromium (Cr) di Air (mg/l)	Kromium (Cr) dalam Biota Uji (mg/l)	Bioconcentration factor (BCF) (mg/l)
Ikan Sepat	0,6%	0,047	0,002	0,043
	1,2%	0,077	0,005	0,065
	1,8%	0,125	0,012	0,096
	2,4%	0,174	0,016	0,092
	3,0%	0,219	0,028	0,128

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa biota uji dalam penelitian mengandung logam berat timbal. Meskipun timbal yang terserap dalam tubuh biota uji relatif kecil, namun sejumlah timbal yang kecil tersebut semakin lama dapat merusak jaringan tubuh biota uji. Semakin besar nilai BCF yang didapatkan

menandakan bahwa semakin besar zat toksik yang terakumulasi dalam biota uji tersebut. Semakin besar zat toksik yang terakumulasi didalam biota uji menandakan bahwa toksikan tersebut semakin toksik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai LC₅₀ limbah cair batik tulis terhadap ikan sepat didapat nilai 1,86% dan termasuk dalam kategori sangat toksik.
2. Pada kadar konsentrasi limbah cair batik tulis 0,6% didapatkan nilai krom (Cr) pada ikan sepat sebesar 0,002 mg/l , sedangkan pada kadar konsentrasi limbah cair batik tulis 3% didapatkan nilai krom (Cr) pada ikan sepat sebesar 0,028 mg/l.
3. *Bioconcentration Factor* (BCF) adalah perbandingan konsentrasi zat toksik yang terkandung dalam tubuh biota uji terhadap konsentrasi zat toksik yang terkandung dalam media uji. Pada kadar konsentrasi 0,6% nilai BCF ikan sepat adalah 0,043 mg/l dan pada kadar konsentrasi 3% nilai BCF ikan sepat adalah 0,128 mg/l.
4. Semakin tinggi konsentrasi limbah cair batik tulis yang dimasukkan makan nilai BCF nya akan semakin tinggi.
5. Setelah terpapar toksikan ikan sepat berenang keatas permukaan dan tidak beraturan , memiliki warna sisik agak memudar, sirip ikan sepat banyak yang sobek, warna mata menjadi keputih-putihan, dan warna kulit perutnya berubah menjadi putih kemerah-merahan.

DAFTAR PUSTAKA

Afrianto, E. dan E. Liviawaty. 2005, *Pakan Ikan*, Kanisius, Yogyakarta.

- Anonim, Batik, <http://id.wikipedia.org/wiki/Batik>, diakses pada 27 September 2017, 10:39.
- Anonim, Ikan Sepat, http://id.wikipedia.org/wiki/Ikan_sepat, diakses pada 27 September 2017, 15:11.
- Anonim, Uji Toksisitas Lingkungan, http://id.wikipedia.org/wiki/Ikan_sepat, diakses pada 30 September 2017, 06:21.
- APHA, AWWA, WPCF. 2005, *Toxicity Test Method for Aquatic Organism Standard Method for the Examination of Water and Waste Water*, Wasington DC sixteen edition, American public health association, pp : 689-729.
- Ariens, J. E. dkk. 1986, Pengantar Toksikologi Umum, Gajah Mada University, Press, Yogyakarta.
- Ayu Meiga Sari. 2014, Pengaruh Cekaman Kromium Pada Limbah Cair Batik Terhadap Pertumbuhan *Eichornia crassipes* dan *Salvinia molesta*, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya. Lentera Bio Vol. 3 No. 1, Oktober 2017.
- Boyd, C.E., 1991, Water Quality and Aeration in Shrimp Farming, Auburn University, Alabama, Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama
- Dheorono, A. 2016, Uji Toksisitas Akut Pada Air Limbah Industri Batik Menggunakan Bioindikator *Oreochromis mossambicus* dan *Oreochromis niloticus*, Surabaya.
- Di Giulio RT, Hinton DE. 2008, The Toxicology of Fishes, Taylor & Francis Group: 1101.
- Diniyati, W. 2012, Karakteristik Air Sumur di Sekitar Aliran Limbah Cair Industri Kerajinan Batik di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Cetakan Kelima, Yogyakarta: Kanisius.
- Harmita. 2006, Buku Ajar Analisis Hayati, 42, Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Husni, Hayatul dan Esmiralda. 2012, Uji Toksisitas Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Studi Kasus Limbah Industri Tahu “Super” Padang, Jurnal Universitas Andalas, hal 1-13.
- Idris, M. 2013, Bahan Ajar Ekotoksikologi Perairan, Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Haluoleo, Kendari.
- Idris, M., Emiyarti., Sabilu, K. 2013, Penuntun Praktikum Ekotoksikologi Perairan, Tim Pengajar Ekotoksikologi Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Haluoleo, Kendari.
- Kasam, A. Yulianto dan Rahmayanti, A.E, 2009, Penurunan COD dan Warna Pada Limbah Cair Industri Batik dengan Menggunakan Aerobic Roughing Filter Aliran Horizontal, Logika, 6 (1): 27-31.
- Kendran A.A.S. 2013, Toksisitas Ekstrak Daun Sirih Merah pada Tikus Putih Penderita Diabetes Melitus, *Jurnal Veteriner*, Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana.
- Keputusan Gubernur Jawa timur no. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.
- Loomis, T. A. 1978, Toksikologi dasar, Terjemahan oleh Dunatus, 1A Edisi ketiga, Yogyakarta, IKIP Semarang Press.
- Mangkoediharjo, S. 1999, Ekotoksikologi Keteknikan, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- M. Ghufuran, H Kordi K. 2007, Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan, Jakarta.

- Mustofa, N.P. 2010, Kerusakan jaringan insang ikan nila akibat deterjen, Jurusan Perikanan Fakultas perikanan dan kelautan Universitas Diponegoro.
- Nybakken, J. W. 1988, Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: Gramedia.
- OECD. 2014, *Detailed Review Paper on Fish Screening Assays for the Detetion of Endocriner Active Substances*, No.47. ENV/JM/MONO. 2004, pp : 18-170.
- Ortanez, A. K .2008, *Trichogaster sp*, <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php> (diakses tanggal 12 April 2018)
- Pratiwi Eira Hartini. 2014, Pengaruh Toksisitas Akut Air lindi Terhadap Ikan Mas (*Cyptinous Carpio*), Fakultas Perikanan Dan kelautan, Univeristas Airlangga.
- Rand GM, PetrocelliSR. 1985, *Fundamentals of Aquatic Toxicology Methods and Application*, Washington DC(US), Hemisphere Publishing Cooperation.
- Saedah, Ueis. 2015, *Gema Industri Kecil*, Jakarta, Direktorat Jendral Industri Kecil Menengah.
- Samsundari, S dan Adhy W, 2013 , Analisis Penerapan Biofilter Dalam Sistem Resirkulasi Terhadap Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Sidat (*Anguililla Bicolor*). UniversitasMuhammadiyah Malang.
- Samudro, G., dan Sarwoko, M. 2009, *Ekotoksikologi Teknosfer*, Guna Widya.
- Sudiarta, I.W. dan D.A. Yulihastuti. 2010, Biosorpsi Kromium pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*), *Jurnal Kimia*, 4 (2): 158-266.
- Suhendra. 2009, *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik*.
- Tahir, I. 2012, *Prinsip Umum Toksikologi Perairan*, Universitas Brawijaya. Malang.
- USEPA. 2012, *Methods for meansuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism*,.5th Edition, October 2002, EPA- 821-R-02-12-U.S, Enviromental Protection Agency,Washington, D.C, Surabaya.
- Zennoveld, N. Huisman, E.A. 1991, *Budidaya Ikan*, Gramedia, Jakarta