

KERUSAKAN JARINGAN INSANG IKAN NILA (*Oreochromis niloticus* L) AKIBAT DETERJEN

*Detergent to Mortality Level and Structural Damage of Gill Tissues on Nila Fish
(Oreochromis niloticus L.)*

Mustofa Niti Suparjo¹

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan
Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH Semarang

Diserahkan 6 Oktober 2009; Diterima 7 Desember 2009

ABSTRAK

Ikan nila (*O. niloticus*) merupakan salah satu komoditas penting perikanan budidaya air tawar Indonesia. Salah satu upaya untuk memperoleh hasil yang memuaskan dalam kegiatan budidaya perlu ditunjang dengan kondisi perairan yang berkualitas baik pula. Dengan meningkatnya penggunaan deterjen sebagai bahan pembersih dalam masyarakat berpotensi mengakibatkan terjadinya pencemaran dalam lingkungan perairan. Kondisi perairan yang semakin memburuk akan mempengaruhi organisme yang hidup di dalamnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh surfaktan deterjen (LAS) *Linear Alkylbenzena Sulfonat* terhadap tingkat mortalitas dan kerusakan struktural jaringan insang pada ikan nila (*O. niloticus*). Metode yang digunakan adalah metode eksperimental laboratoris dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan satu kontrol dengan tiga kali ulangan untuk setiap perlakuan. Hasil uji pendahuluan adalah nilai ambang atas dari LAS dengan konsentrasi sebesar 100 mg/L, sedangkan ambang bawah konsentrasi deterjen adalah 10 mg/L. Pada uji lanjut, dengan menggunakan analisa probit didapatkan nilai LC_{50-96} jam surfaktan pada ikan nila sebesar 8,716 mg/L. Pada uji utama, dari hasil pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada jaringan insang ikan nila (*O. niloticus*) yaitu hiperplasia, fusi lamela, hemorrhagi, atrofi. Dari hasil penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa deterjen berpengaruh terhadap mortalitas serta kerusakan struktural jaringan insang sebagai organ respirasi yang penting pada ikan nila (*O. niloticus*). Semakin tinggi konsentrasi deterjen maka mortalitas ikan nila semakin tinggi pula.

Kata Kunci : Deterjen; Ikan Nila; Mortalitas; Kerusakan Insang

ABSTRACT

Nila fish (O. niloticus) is one of important commodity of fishery in Indonesian freshwater. One of effort to obtain the satisfying result in this activity was supported with good quality of water condition. The large volumes of detergent used, as cleanser in society, have the potential of happening contamination in aquatic environment. Condition of territorial water which progressively deteriorate will influence the organism which live in it. The aims of this research was to know influence of surfactan detergent (LAS) Linear Alkylbenzena Sulfonat to mortality level and structural damage of gill tissues on Nila fish (O. niloticus). The method which is used is a laboratory experiment using a completely randomised design consisting of 5 treatments and 3 replicates for each treatment. Result of antecedent test is value float for from LAS with the concentration equal to 100 mg/L, while sill of under detergent concentration is 10 mg/L. At continuation research, by using analysis probit indicated that the value of LC_{50-96} hours surfactan on Nila fish equal to 8,716 mg/L. While from perception result microscopically indicate that happened the change at network of gill of Nila fish (O. niloticus) that is hiperplasia, lamellar fusion, hemorrhagi and atrofi. From the research result can be concluded that detergent have an effect into mortality and also structural damage of gill tissues as important organ of respiration at Nila fish (O. niloticus). Excelsior of detergent concentration hence mortality of Nila fish excelsior also.

Key Word : Detergent; Nila Fish; Mortality; Gill Damage.

PENDAHULUAN

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L) merupakan salah satu komoditas penting perikanan budidaya air tawar Indonesia. Ikan ini disukai tidak hanya karena rasa dagingnya enak, tetapi juga karena laju pertumbuhan dan perkembangbiakannya yang cepat serta tahan terhadap serangan penyakit. Salah satu potensi surfaktan yang membahayakan ikan adalah LAS (*Linear Alkylbenzena Sulfonate*). LAS dapat mengurangi suplai oksigen dari udara akibat busanya yang menutupi permukaan perairan (Larson dan Woltering, 1995).

Menurut Larson dan Woltering (1995), selama 25 tahun terakhir LAS telah menjadi surfaktan anionik utama yang digunakan dalam laundry dan produk pembersihan. Penggunaan LAS mendekati 800 juta pon tiap-tiap tahun di USA. Diperkirakan hampir 18 milyar pon LAS telah digunakan di AS sejak pengenalannya pada pertengahan 1960-an. Sekarang ini, LAS meliputi kira-kira 28% dari semua surfaktan yang digunakan seluruh dunia, dengan volume produksi tahunan di USA, Jepang, dan Eropa barat total sekitar 2,8 milyar pon. Produksi deterjen di Indonesia rata-rata per tahun 380.000 ton (Melsa, 2004). Volume penggunaan LAS yang besar di seluruh dunia, berpotensi meningkatkan distribusi LAS dalam lingkungan (Larson dan Woltering, 1995).

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui tingkat mortalitas ikan Nila (*O. niloticus*) akibat pengaruh LAS. Dan Mengetahui perubahan/kerusakan struktural jaringan insang ikan Nila (*O. niloticus*) akibat pengaruh LAS.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan eksperimen laboratoris dengan rancangan penelitian adalah RAL (Rancangan Acak Lengkap). Analisis data terhadap tingkat mortalitas ikan Nila dilakukan dengan analisa probit, uji F dan uji Wilayah Ganda Duncan serta pengamatan kerusakan struktural jaringan insang secara mikroskopis, dilakukan juga pengamatan terhadap beberapa parameter kualitas air yaitu suhu, oksigen terlarut, karbondioksida, pH, dan amoniak.

Materi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari hewan uji dan bahan uji. Sedangkan untuk perlengkapannya dibutuhkan media uji dan wadah pengujian. Untuk membuat larutan stok ditimbang LAS sebanyak 10.000 mg, kemudian

dilartukan ke dalam 1 liter air. Larutan stok dengan konsentrasi 10.000 mg/L ini kemudian diencerkan sesuai dengan konsentrasi perlakuan yang dibutuhkan. Pengenceran dilakukan dengan menggunakan rumus (Tim Ekotoksikologi, 2002):

$$\text{Surakiti } V1 \cdot N1 = V2 \cdot N2$$

Keterangan :

V1 : Volume larutan stok (mL)

N1 : Konsentrasi larutan stok (mg/L)

V2 : Volume larutan uji (mL)

N2 : Konsentrasi perlakuan (mg/L)

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan ini dilakukan dengan menggunakan 5 perlakuan dan satu kontrol masing-masing 3 ulangan. Konsentrasi bahan uji bervariasi sesuai dengan basis angka 10 yaitu 0,01 mg/l; 0,1 mg/l; 1 mg/l; 10 mg/l; 100 mg/l. Pengamatan kematian dilakukan pada menit ke-5, 15', 30' dan jam ke-4, 8, 16, 24, dan 48.

Uji Lanjut (Akut)

Penelitian lanjutan dilakukan bertujuan untuk menentukan konsentrasi dimana ikan uji sebanyak 50% mati selama waktu dedah 96 jam (LC_{50-96} jam). Setelah diketahui nilai ambang atas dan ambang bawah dari penelitian pendahuluan, maka dengan menggunakan formulasi dapat ditentukan nilai konsentrasi yang akan diujikan. Adapun persamaannya adalah:

$$\text{Log } \frac{N}{n} = K \left(\text{Log } \frac{a}{n} \right)$$

$$\frac{a}{n} = \frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} = \frac{e}{d}$$

Keterangan :

N = Konsentrasi ambang atas

n = Konsentrasi ambang bawah

a =Konsentrasi terkecil dalam deret konsentrasi yang ditentukan

k = Jumlah konsentrasi yang diujikan

(Tim Ekotoksikologi, 2002)

Uji Utama

Dari LC_{50-96} jam maka ditentukan kembali konsentrasi yang akan digunakan dalam penelitian utama. Konsentrasi yang digunakan dalam uji subkronik adalah sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dari LC_{50-96} jam. Penelitian utama dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari

surfaktan deterjen LAS terhadap ikan Nila dalam jangka waktu pendedahan 28 hari. Setelah masa pendedahan dilakukan pengamatan insang. Ikan yang disectio sebanyak 12 ekor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian terhadap 5 deret konsentrasi Nila masih hidup seluruhnya selama waktu pendedahan 48 jam (ambang bawah). Mortalitas yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Mortalitas Ikan Nila Selama Uji Pendahuluan

| Perlakuan | Konsentrasi (mg/L) | Jumlah ikan (ekor) | Jumlah mortalitas | Mortalitas (%) |
|-----------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| K | 0 | 45 | 0 | 0 |
| A | 0,01 | 45 | 0 | 0 |
| B | 0,1 | 45 | 0 | 0 |
| C | 1 | 45 | 0 | 0 |
| D | 10 | 45 | 35 | 77,8 |
| E | 100 | 45 | 45 | 100 |

Mortalitas Ikan pada Uji Lanjut

Perhitungan data penelitian lanjutan dengan menggunakan analisa probit menunjukkan bahwa deterjen mempunyai nilai LC₅₀-96 jam pada ikan Nila sebesar 8,523 mg/L. Menurut Koesoemadinata (1983), tingkat daya racun suatu bahan pencemar pada ikan dibedakan menjadi beberapa kriteria sebagai berikut:

Tabel 2. Tingkat Daya Racun Berdasarkan LC₅₀-96 Jam

| Nilai LC ₅₀ -96 jam | Tingkat Daya Racun |
|--------------------------------|--------------------|
| < 1 mg/L | Sangat tinggi |
| 1-10 mg/L | Tinggi |
| 10-100 mg/L | Sedang |
| > 100 mg/L | Ringan |

Berdasarkan kriteria diatas, nilai LC₅₀-96 deterjen terhadap ikan Nila mempunyai tingkat daya racun yang tinggi.

Uji Lanjut

Hasil ini kemudian diolah menggunakan analisa probit untuk menentukan LC₅₀-96 jam,). Hasil pengujian normalitas, additivitas dan

homogenitas menunjukkan data menyebar normal, bersifat additif dan homogen.).

Tabel 3. Data Mortalitas Selama Uji Lanjut 1

| Perlakuan | Konsentrasi (mg/L) | Jumlah ikan(ekor) | Jumlah mortalitas | Mortalitas (%) |
|-----------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| K | 0 | 45 | 0 | 0 |
| A | 1,9 | 45 | 0 | 0 |
| B | 3,7 | 45 | 0 | 0 |
| C | 7,2 | 45 | 0 | 0 |
| D | 13,9 | 45 | 45 | 100 |
| E | 26,8 | 45 | 45 | 100 |
| F | 51,8 | 45 | 45 | 100 |
| G | 100 | 45 | 45 | 100 |

Tabel 4. Data Mortalitas Selama Uji Lanjut 2

| Perlakuan | Konsentrasi (mg/L) | Jumlah ikan (ekor) | Jumlah mortalitas | Mortalitas (%) |
|-----------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| K | 0 | 45 | 0 | 0 |
| A | 7,85 | 45 | 18 | 40 |
| B | 8,56 | 45 | 22 | 48,8 |
| C | 9,33 | 45 | 26 | 57,7 |
| D | 10,17 | 45 | 35 | 77,7 |
| E | 11,09 | 45 | 39 | 86,6 |
| F | 12,09 | 45 | 41 | 91,1 |
| G | 13,18 | 45 | 45 | 100 |

Pada konsentrasi 100 mg/L kondisi air media menjadi keruh dan berbusa, kematian yang terjadi karena konsentrasi deterjen telah melampaui batas normal sehingga ikan uji mengalami gangguan, terutama gangguan dalam menyerap oksigen dalam air. Hal ini dapat diamati dari tingkah laku ikan yang sering berenang ke permukaan. enurut Kurniasih dan Tabbu (1994) menjelaskan bahwa ikan memproduksi mukus (lendir) apabila ada partikel-partikel racun, mukus berfungsi untuk melindungi bagian-bagian yang tereduksi partikel-partikel racun agar tidak mengalami kerusakan. Pemberian deterjen pada media uji mengakibatkan ikan uji mengalami perubahan tingkah laku. Perubahan tingkah laku pada tiap-tiap perlakuan berbeda-beda, hal ini diduga adanya perbedaan konsentrasi antar perlakuan. Pada perlakuan D (10,17 mg/L), E (11,09 mg/L), F (12,09 mg/L), dan G (13,18 mg/L) ikan cenderung lebih aktif bergerak di dasar sampai permukaan dengan gerakan tidak teratur, selain itu ikan uji mengalami kehilangan keseimbangan yang ditandai posisi renang yang tidak menentu, ada yang miring dan bahkan ada yang terbalik, menabrak dinding, melompat ke atas permukaan.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Sheehan *et al* (1984) dalam Rand *et al* (1995) yang menyatakan bahwa perubahan lingkungan dapat mengakibatkan perubahan tingkah laku (renang) ikan. Sedangkan pada perlakuan A (7,85 mg/L), B (8,56 mg/L), dan C (9,33 mg/L) gerakan ikan cenderung lebih lambat (tidak aktif) jika dibandingkan dengan perlakuan D, E, F, dan G. Untuk perlakuan K (0 mg/L) tingkah laku ikan normal. Mason (1979) menyatakan bahwa perubahan tingkah laku ikan uji sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kadar bahan pencemar yang ada di tempat hidupnya. Jaringan insang telah mengalami kerusakan sehingga tidak dapat bekerja dengan baik dalam menyerap oksigen. Metelev *et al* (1971) dalam Sajiah (2003) menyatakan bahwa deterjen di dalam konsentrasi subletal, menyebabkan frekuensi pernafasan ikan dan konsumsi oksigen meningkat 2-3 kali kemudian diikuti dengan penurunan ritme pernafasan, kehilangan keseimbangan dan akhirnya mati, ikan mati dengan mulut dan operculum terbuka lebar yang menandakan terjadi sufokikasi. Penyebab kematian ikan adalah karena kerusakan ephithelium insang oleh deterjen dan akibat penyumbatan saluran-saluran branchiolanya sehingga pertukaran gas terganggu dan ikan mati lemas. Setelah diamati, ternyata pada bagian luar insang dan seluruh permukaan tubuh banyak dilapisi oleh lendir. Lapisan lendir timbul sebagai akibat dari usaha ikan untuk melakukan "self defence" terhadap bahan yang masuk ke dalam tubuh ikan, produksi lendir yang berlebihan ini justru mengakibatkan terhambatnya pertukaran gas melalui insang. Selain berlendir, tubuh ikan juga berwarna pucat, lembar insang saling berlekatan dan mengalami pendarahan.

Toksisitas subletal

Tabel 5. Data Mortalitas Selama Uji Utama

| Perlakuan | Konsentrasi (mg/L) | Jumlah ikan (ekor) | Jumlah mortalitas | Mortalitas (%) |
|-----------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| A | 0 | 45 | 0 | 0 |
| B | 0,87 | 45 | 0 | 0 |
| C | 1,74 | 45 | 0 | 0 |
| D | 2,61 | 45 | 0 | 0 |
| E | 3,49 | 45 | 0 | 0 |
| F | 4,36 | 45 | 0 | 0 |

Hasil pengamatan mikroskopis (perbesaran 100X) diperoleh data mengenai kerusakan insang sebagai berikut:

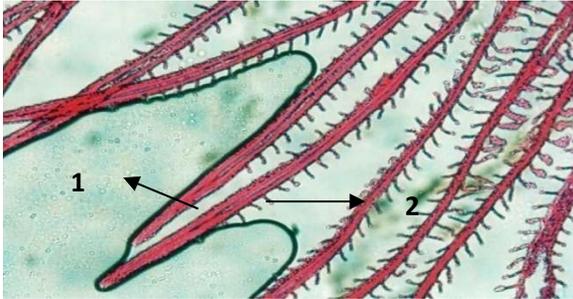
Mortalitas Ikan pada Uji Utama

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat kematian pada ikan Nila selama penelitian utama pada semua konsentrasi perlakuan. Pada kisaran konsentrasi LAS 0–4,36 mg/L ikan Nila mampu beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi akibat adanya LAS yang terlarut dalam air media. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang digunakan dalam penelitian utama termasuk dalam kisaran konsentrasi yang sudah aman. Walaupun tidak menyebabkan kematian pada hewan uji, dari pengamatan selama uji utama memperlihatkan bahwa tingkat konsumsi makanan ikan berkurang. Hal ini dapat dilihat dari sisa makanan yang masih ada pada masing-masing perlakuan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Zavala dan de Aluja (1975) dalam Sajiah (2003) bahwa deterjen pada kadar yang belum mematikan dapat mengganggu organ perasa sehingga ikan terganggu nafsu makannya.

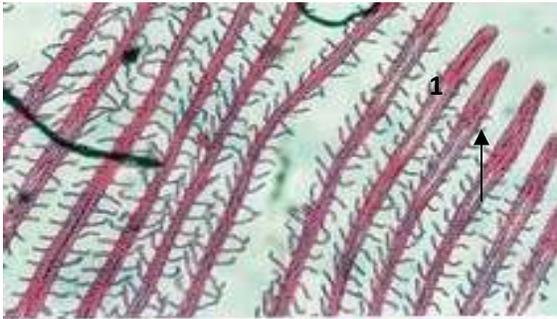
Kerusakan Struktural Jaringan Insang

Hasil dari pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada jaringan insang ikan Nila (*O. niloticus*). Pada semua perlakuan, selain perlakuan A (0 mg/L), mengalami perubahan struktur anatomi insang yaitu hiperplasia, fusi lamela, hemorrhagi, atrofi. menurut Tandjung (1982) dalam Tambatua (1996) kerusakan insang yang disebabkan oleh substansi tercemar dibagi dalam beberapa tingkatan yaitu diawali dengan edema, hiperplasia pada sel-sel basal, fusi lamela, fusi pada seluruh lamela sekunder, dan hilangnya struktur lamela sekunder dan filamentum mereduksi. Iperplasia dapat mengurangi luas permukaan lamela sekunder untuk pertukaran gas yang dilakukan oleh eritrosit (Naparín, 1993). Fusi lamela terjadi oleh adanya hiperplasia yang meluas pada sel-sel basal dan epithelium sehingga lamela sekunder akan menyatu. Peristiwa ini mengakibatkan terhambatnya proses respirasi maupun ekspirasi gas pernapasan yang masuk dan keluar tubuh ikan. Danya hemorrhagi (pendarahan) pada lamela karena terjadinya kontak langsung dengan deterjen pada saat respirasi. Terjadinya iritasi menyebabkan semakin tingginya daya osmotik pembuluh darah sehingga cairan pada kapiler darah keluar dan kemudian masuk jaringan sekitarnya sehingga sel bertambah besar

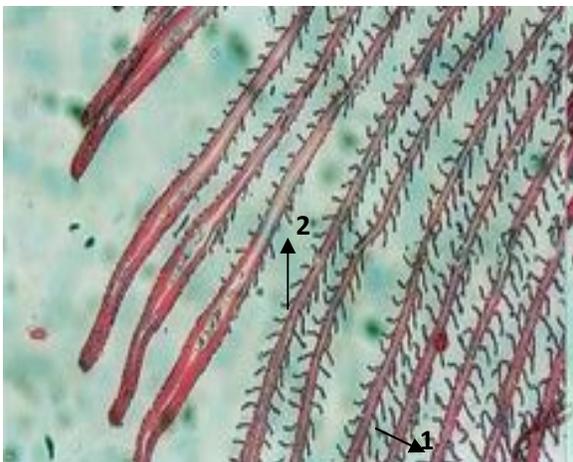
(Kurniasih, 1999). Kerusakan-kerusakan pada lamela ini dapat mengganggu proses pertukaran gas-gas respiratorik sehingga ikan mengalami kesulitan pernapasan. Ketidaknormalan tersebut mungkin dapat menyebabkan kematian ikan Nila secara kronis.



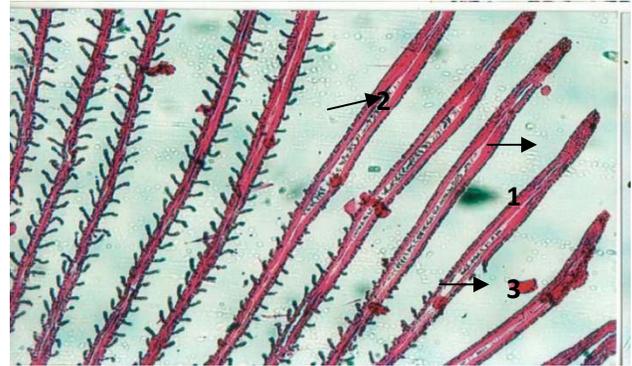
Gambar 1. Insang Perlakuan A (0 mg/L)



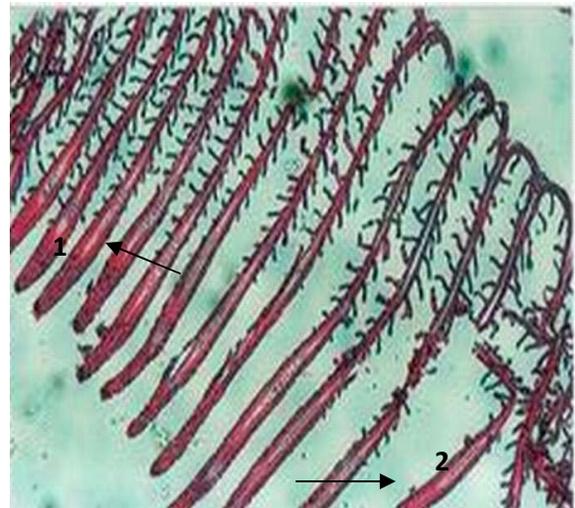
Gambar 2. Insang Perlakuan B (0,87 mg/L)



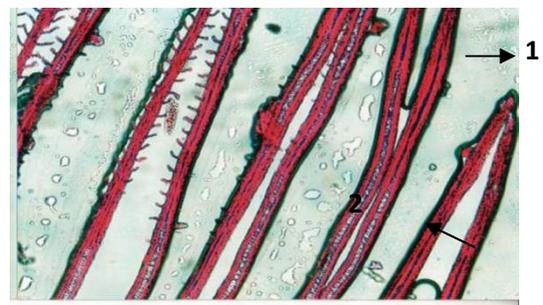
Gambar 3. Insang Perlakuan C (1,74 mg/L)



Gambar 4. Insang Perlakuan D (2,61 mg/L)



Gambar 5. Insang Perlakuan E (3,49 mg/L)



Gambar 6. Insang Perlakuan F (4,36 mg/L)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh deterjen terhadap mortalitas dan kerusakan struktural jaringan insang ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dapat disimpulkan bahwa

Pemberian deterjen dalam konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap mortalitas ikan Nila (*O. niloticus*). Semakin tinggi konsentrasi deterjen maka mortalitas ikan Nila semakin tinggi pula. Dan Pemberian deterjen dalam konsentrasi yang berbeda memberikan tingkat perubahan/kerusakan struktural jaringan insang pada ikan Nila (*O. niloticus*). Pada semua perlakuan, selain perlakuan A (0 mg/L), mengalami perubahan struktur anatomi insang yaitu hiperplasia, fusi lamela, hemorrhagi, atrofi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Wahyu Widiyadi dan Desita Riswanti atas bantuan kerjasamanya selama penelitian ini serta didalam Penulisan .

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K. dan Khairuman. 2003. Budidaya ikan Nila secara Intensif. Agromedia Pustaka. Jakarta. Hlm 32–35.
- Asmawi, S. 1983. Pemeliharaan Ikan dalam Karamba. PT. Gramedia. Jakarta Hlm 35–41.
- Buikema, Jr.,A.L., Niederlehner, B.R., and Cairns, Jr.,J. 1982. Biological Monitoring. Bagian IV - Toxicity testing. Water Res. 16, 239.
- Connel, D.W. dan Miller, G.J. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. (diterjemahkan oleh Yanti Koestoer)
- Dirjen Perikanan. 1991. Petunjuk Teknis Budidaya Ikan Nila. Departemen Pertanian dengan International Development Research Centre. Jakarta. Hlm 1–7.
- Djarajah, A.S. 1995. Nila Merah : Pembelian dan pembesaran Secara Intensif. Kanisius. Yogyakarta
- Dwikarawati, S.S. 1988. Pengaruh Deterjen Sintesis terhadap Gambaran Darah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Trew). Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan. IPB. Bogor. (Karya Ilmiah)
- Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. Bogor
- Goustono. 1989. Pengaruh Deterjen Sintetis Terhadap Plankton di Kolam Budidaya Nila (*Oreochromis niloticus*). IPB. Bogor. (Skripsi).
- Heath, A.G. 2000. Water Pollution and Fish Physiology. Departement of Biology. Virginia Polytecnic Institute and State University. CRC Press, Inc. Florida
- IPCS. 2004. Linear Alkylbenzene Sulfonate and Related Compounds. www.inchem.org.
- Jones, N.R.E. 1964. Fish And River Pollution. Butter Worths. London.
- Koesoemadinata. 1983. Pedoman Umum Pengujian Laboratorium Toksisitas Lethal Pestisida pada Ikan untuk Keperluan Pendaftaran. Komisi pestisida Departemen Pertanian. Jakarta. 24 hlm
- Kurniasih dan Tabbu.C.R. 1994. Patologi Umum Gangguan Pertumbuhan dan Gangguan Metabolisme Sel. Laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan. UGM. Yogyakarta, 51 hlm
- Kurniasih. 1999. Deskripsi Histopatologi dari Beberapa Penyakit Ikan. Laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan. UGM. Yogyakarta.
- Larson, R.J. and Woltering, D.M. 1995. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS). Hemisphere, Wasington, D.C.
- Mason, C.F. 1979. Biology of Fresh Water Pollution. Long Man. London.
- Melsa. 2004. Penggunaan Deterjen Bagi Kesehatan dan Lingkungan. www.buletin.melsa.net.id
- Naparin, A. 1993. Pengaruh Insektisida Fenitrothion terhadap Organ Osmoregulasi dan Pertumbuhan Ikan Tombro. Fakultas Biologi (Pasca Sarjana) UGM. Yogyakarta.

- Riyanto, A. 2002. Pengaruh Penggunaan Insektisida Lebaycid 500 EC terhadap Pertumbuhan, Tingkat Kelangsungan Hidup dan Kerusakan Jaringan Insang Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang. (Skripsi).
- Setiawan, H. 2001. Pengaruh Limbah Industri Tekstil terhadap Tingkat Mortalitas dan Kerusakan Struktural Jaringan Insang pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang. (Skripsi).
- Sitorus, H. 1997. Uji Toksisitas Deterjen Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) Vol. 5 in VISI. Majalah Ilmiah. Universitas HKBP. Nomensen.
- Srigandono, B. 1987. Rancangan Percobaan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sunardi dan Goenarso, D. 1998. Feeding Activity and Growth Efficiency of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) JSPS–DGHE International Symposium.
- Suryanto, A. 2002. Ekotoksikologi Pencemaran (Bahan bacaan mata kuliah Ekotoksikologi). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Takashima, F and Hibiya, T. 1995. An Atlas of Fish Histology Normal and Pathological Feature. Kodansha Ltd. Tokyo.
- Tambatua, Y.H. 1996. Pengaruh Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) terhadap Struktur Insang dan Sisik Ikan Tombro (*Cyprinus carpio* L.) Fakultas Biologi. UGM. Yogyakarta.
- Tim Ekotoksikologi. 2002. Petunjuk Praktikum Ekotoksikologi. Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Walker, C.H, Hopkin, S.P., Sibly, R.M., and Peakall, D.B. 1996. Principles of Ecotoxicology. School of animal and Microbial sciences, University of Reading. United Kingdom
- Wudianto, R. 1997. Petunjuk Penggunaan Pestisida. Penebar Swadaya . Jakarta