

Toksisitas Detergen Terhadap Lintah (*Hirudo medicinalis*)

Detergent Toxicity to Leeches (*Hirudo medicinalis*)

^{1*}I K. Putra Juliantara, ²I Gusti Putu Agus Ferry Sutrisna Putra,
³A. A Sagung Ranya Sita Damara Utami

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Laboratorium Medik Institut Ilmu Kesehatan Medika Persada Bali
*Email: ikpj_biology@yahoo.com

ABSTRAK

Lintah (*Hirudo medicinalis*) merupakan salah satu makroinvertebrata atau makrozoobentos yang dapat digunakan sebagai bioindikator perairan tawar. Namun sampai saat ini, penelitian yang dilakukan dengan memanfaatkan lintah sebagai bioindikator terhadap pencemaran di perairan tawar yang disebabkan oleh polutan dari detergen belum pernah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui toksisitas detergen terhadap lintah (*Hirudo medicinalis*). Penelitian ini menggunakan model rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 kali ulangan. Perlakuan yang diberikan terdiri atas 7 konsentrasi detergen yang berbeda yaitu 0 ppm, 100 ppm, 110 ppm, 120 ppm, 130 ppm, 140 ppm, dan 150 ppm. Masing-masing unit penelitian terdapat 12 subunit penelitian sehingga terdapat 420 subunit penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi detergen berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian lintah ($P < 0,05$). Oleh karena itu, detergen bersifat toksik terhadap lintah (*Hirudo medicinalis*) sehingga kelimpahan lintah di lingkungan perairan tawar dapat digunakan sebagai bioindikator adanya pencemaran air, khususnya oleh polutan detergen.

Kata kunci: lintah, bioindikator, detergen, toksisitas

ABSTRACT

Leech (Hirudo medicinalis) is one of the macroinvertebrates/ macrozoobentos that can be used as a bio-indicator of fresh water. However, the research conducted by utilizing leeches as bio-indicators of pollution in freshwater are caused by pollutants from detergents have not been done. The purpose of this research is to know the detergent toxicity to the leech (Hirudo medicinalis). This study used a complete randomized design model (RAL) with 5 replications. The treatments consisted of 7 different detergent concentrations of 0 ppm, 100 ppm, 110 ppm, 120 ppm, 130 ppm, 140 ppm, and 150 ppm. Each research unit has 12 research subunits so that there are 420 research subunits. The results showed that variation of detergent concentration had significant effect to the leech mortality ($P < 0,05$). Therefore, detergent is toxic to leech (Hirudo medicinalis). It means the abundances of leeches in freshwater can be used as bioindicators of water pollution, especially by detergent pollutants.

Keywords: Leech, detergent, bioindicator, toxicity

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk buangan yang biasanya ditemukan pada lingkungan perairan khususnya perairan tawar adalah detergen. Detergen merupakan suatu bahan pembersih yang mengandung senyawa petrokimia atau surfaktan sintetik lainnya yang dapat menurunkan tegangan permukaan air dan mengemulsikan lemak yang ada (Fardiaz, 1992; Zahri, 2005; Showell, 2006; Susana dan Suyarso, 2008; Pandey and Gopal, 2010).

Pemanfaatan detergen sebagai sabun pencuci oleh ibu rumah tangga semakin meningkat tiap tahunnya seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di dunia. Pemakaian bahan bersufaktan pada rumah tangga sebagai pembersih, semakin meningkat dari tahun ke tahun. Senyawa LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) sebagai senyawa kimia di dalam detergen dapat dikatakan belum ramah lingkungan. Setiap kepadatan detergen 0,2- 0,32 g/L di negara berkembang

(termasuk Indonesia) terkandung sekitar 16-20% senyawa LAS (Tai, 2000; Sopiah dan Chaerunisah, 2006). *Linier Alkylbenzene Sulfonate* bersifat toksik terhadap organisme akuatik dan mampu didegradasi dalam kondisi aerobik, tetapi sangat sedikit yang mampu didegradasi dalam kondisi anaerobik (Budiawan *et al.*, 2009). Senyawa ABS lebih sulit terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga ABS dikategorikan sebagai *non-biodegradable* (Tai, 2000; Sopiah dan Chaerunisah, 2006). Oleh sebab itu, dapat dikatakan detergen merupakan salah satu produk yang berkontribusi terhadap pencemaran di lingkungan perairan tawar.

Biota akuatik dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator kualitas air untuk mengatasi ketidakpraktisan pengukuran kualitas air secara kimia dan fisika (Wardhana, 1999; Gullan and Cranston, 2005). Kelompok hewan invertebrata yang berukuran makroskopis (makro-invertebrata) memiliki beberapa kelebihan jika dimanfaatkan sebagai bioindikator pencemaran organik, seperti diantaranya dapat memberikan tanggapan terhadap perubahan kualitas air, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai petunjuk terjadinya suatu pencemaran (Wardhana, 1999).

Sampai saat ini, penelitian tentang pemanfaatan lintah sebagai bioindikator terhadap pencemaran di perairan tawar yang disebabkan oleh polutan dari detergen belum maksimal dilakukan. Kriteria organisme sebagai bioindikator uji hayati tergantung dari beberapa faktor yaitu: sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan, distribusi geografis luas, kemelimpahan di alam tinggi, memiliki relevansi dengan tujuan penelitian, bebas dari parasit dan penyakit, serta mudah dipelihara di laboratorium (American Public Health Association, 1999). Oleh karena itu, pemanfaatan lintah (makro-invertebrata) sebagai bioindikator diharapkan dapat memberikan manfaat kepada masyarakat sebagai gejala awal (*early warning*) terhadap perubahan lingkungan akibat berbagai aktivitas manusia, seperti: industri tekstil, pertanian, perumahan, dan pariwisata (Tjokrokusumo, 2006).

Untuk mengetahui daya racun (toksisitas) detergen terhadap lintah (*Hirudo medicinalis*) sebagai salah satu bioindikator

pencemaran di badan air tawar, penulis meneliti "Toksisitas Detergen Terhadap Lintah (*Hirudo medicinalis*)".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 kali ulangan. Perlakuan yang diberikan terdiri atas 7 konsentrasi detergen yang berbeda yaitu 0 ppm, 100 ppm, 110 ppm, 120 ppm, 130 ppm, 140 ppm, dan 150 ppm. Masing-masing unit penelitian terdapat 12 subunit penelitian sehingga terdapat 420 subunit penelitian.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik (Ohaus PA224), gelas ukur (Pyrex), kamera/*handycam*, lembar observasi, lup/kaca pembesar, *stop watch*, termometer air (Sellery 56-224), bejana plastik, karet, kain kasa, pipet tetes, serta lux meter (Victor 1010A). Bahan-bahan dalam penelitian ini antara lain: detergen (bubuk), lintah, aquades, air keran, kertas label, serta indikator universal

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data kuantitatif berupa jumlah kematian lintah dalam 1 jam. Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan One-Way ANOVA.

Prosedur penelitian terdiri atas dua tahapan yaitu:

1. Ditimbang 1000 mg detergen dengan neraca analitik. Kemudian detergen dilarutkan pada 1 liter aquades sehingga terbentuk larutan stok 1000 ppm detergen. Setelah itu, dilakukan pemberian label pada bejana plastik seperti kode X_1Y_1 (perlakuan detergen 0 ppm dengan ulangan pertama), X_1Y_2 dan seterusnya. Seluruh sampel dijadikan materi perlakuan diacak secara sederhana. Setelah itu, lintah diaklimasi pada bejana plastik tersebut selama beberapa hari.
2. Setelah diaklimasi, lintah diberi perlakuan dengan meneteskan detergen sesuai dengan dosis perlakuan. Faktor lingkungan seperti intensitas cahaya diukur dengan lux meter, pH dengan indikator universal, serta suhu air dengan termometer air. Observasi dilakukan sehingga data yang diperoleh adalah jumlah kematian lintah dalam 1 jam. Lintah yang sudah mati dan yang masih

hidup diamati di bawah mikroskop stereo untuk memperoleh data penunjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji ANOVA dapat dicermati pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji Anova

Source	DF	SS	MS	F	P
Detergen	6	261.086	43.514	105.034	0.000
Error	28	11.600	0.414		
Total	34	272.686			

Keseimbangan air antara sel dan lingkungannya sangat terkait dengan osmoregulasi dari makhluk hidup tersebut. Semakin tinggi konsentrasi detergen yang larut di dalam air, maka berpengaruh terhadap daya osmoregulasi lintah. Selain itu, pergerakan air melintasi membran sel dan keseimbangan air antara sel dan lingkungannya sangat penting bagi organisme (Campbell *et al.*, 2002).

Osmoregulasi adalah pengaturan tekanan osmosa sel tubuh sesuai dengan tekanan osmosa lingkungan (Yatim, 2007). Selain itu, Swasta *et al.* (2002) menyatakan bahwa osmoregulasi merupakan mekanisme keseluruhan yang digunakan untuk mengendalikan air dan zat terlarut yang terdapat di dalam tubuh; alat-alat tubuh yang digunakan untuk ekskresi, yang dalam banyak hal lebih penting sebagai pengaturan bagi air dan zat terlarut; serta kegiatan sel yang merupakan dasar bagi sistem pengendalian.

Osmosis merupakan transport air melalui membran selektif permeabel dari daerah yang potensial kimia airnya lebih tinggi (hipotonik) ke daerah yang potensial kimia airnya lebih rendah (hipertonik) (Cath *et al.*, 2006). Pada penelitian ini, konsentrasi detergen yang digunakan berkisar antara 100 ppm sampai 150 ppm. Oleh sebab itu, cairan intraseluler pada lintah bersifat lebih hipotonis terhadap larutan detergen (lingkungannya). Hal ini menyebabkan lintah harus melakukan osmoregulasi dengan mengeluarkan lendir. Osmoregulasi dan ekskresi memungkinkan lintah untuk mampu mempertahankan kekonstanan lingkungan dalam (cairan tubuh)

meskipun lingkungan luarnya mengalami perubahan.

Pada kondisi lingkungan tertentu, kemampuan osmoregulasi memang bermanfaat untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan yang semakin hipertonis. Tetapi jika kondisi lingkungan yang hipertonis melebihi daya toleransi lintah, maka menyebabkan kematian pada lintah tersebut. Hal ini sesuai dengan hukum toleransi dari Shelford. Hukum toleransi menyatakan bahwa untuk setiap faktor lingkungan suatu jenis organisme mempunyai suatu kondisi minimum dan maksimum yang dapat dipikulnya, diantara kedua harga ekstrim ini merupakan kisaran toleransi dan termasuk suatu kondisi optimum (Arnyana *et al.*, 1998).

Detergen mengandung surfaktan, builder, filler, dan aditif. Detergen memiliki kemampuan untuk merusak membran sel dengan cara melepaskan protein, lemak dan molekul lainnya dari membran sel (Abdulgani, 2002). Builder mengalami reaksi hidrolisis dengan air sehingga mengakibatkan air menjadi bersifat alkali. Hal ini dapat dilihat pada kelompok D₁-D₆ memiliki pH 8 sedangkan kelompok K memiliki pH 7. Tidak adanya perbedaan pH antara kelompok D₁-D₆ menunjukkan bahwa pH bukan merupakan faktor yang berkontribusi besar terhadap kematian lintah

Aditif pada detergen dapat berupa boraks dan sodium klorida. Aditif merupakan bahan tambahan pada detergen sehingga konsentrasinya lebih sedikit dibandingkan bahan lainnya. Boraks sering digunakan sebagai antiseptik dan insektisida. Menurut Greenfacts Scientific Board (2011) menyatakan bahwa invertebrata seperti cacing dan remis kurang sensitif terhadap boraks daripada bakteri dan protozoa. Berdasarkan hal tersebut, kandungan aditif (boraks) pada detergen tidak berkontribusi besar terhadap kematian lintah. Sodium klorida menyebabkan salinitas air menjadi lebih meningkat sehingga menyebabkan kondisi larutan menjadi lebih pekat (hipertonis). Hal ini tentu terkait dengan daya osmoregulasi lintah.

Keberadaan busa-busa detergen di permukaan air, menyebabkan kontak udara dan air terbatas sehingga menurunkan oksigen terlarut (DO). Walaupun demikian, lintah merupakan organisme yang memiliki toleransi

yang cukup tinggi terhadap oksigen terlarut (DO) yang rendah (Sekiranda *et al.*, 2004). Pada saat eksperimen, 12 lintah dimasukkan ke dalam 500 ml air selama 1 jam sehingga konsentrasi oksigen terlarut (DO) di dalam air tidak begitu rendah. Jadi DO bukan merupakan faktor yang berkontribusi besar terhadap kematian lintah pada penelitian ini.

Detergen memiliki efek beracun di dalam air. Detergen dapat menghancurkan lapisan eksternal lendir yang melindungi ikan dari bakteri dan parasit serta detergen dapat menyebabkan kerusakan pada insang ikan

(Fauzi,2011). Selain itu, Yudhistira *et al.* (2007) juga menyatakan bahwa surfaktan (LAS) menyebabkan kerusakan pada epithelium insang ikan. Pada penelitian ini dapat diasumsikan bahwa LAS mampu merusak tubuh lintah karena strukturnya yang lunak sama seperti struktur insang pada ikan. Selain itu, sebagaimana yang telah dipaparkan di depan, LAS juga dapat merusak membran sel lintah. Oleh sebab itu, variasi konsentrasi detergen berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian lintah ($P<0,05$) yang terlihat pada tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) (Lintah (*Hirudo medicinalis*) yang masih hidup) dan (b) (Lintah (*Hirudo medicinalis*) yang sudah mati)

Pada Gambar 1 dapat dilihat perbedaan antara lintah yang masih hidup dengan lintah yang sudah mati. Berdasarkan hasil pengamatan, ciri-ciri lintah (*Hirudo medicinalis*) yang keracunan akibat detergen adalah sebagai berikut.

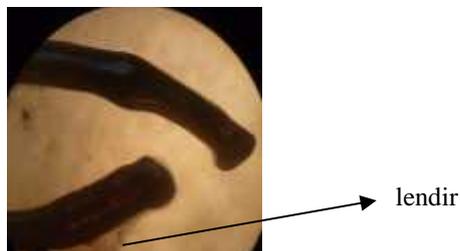
1. Tidak bergerak
Salah satu ciri makhluk hidup adalah bergerak. Salah satu faktor yang menyebabkan makhluk hidup tidak mampu bergerak lagi adalah kematian.
2. Berlendir
Setelah diamati dalam situasi lingkungan yang tidak menguntungkan, lintah mengeluarkan lendir (Gambar 2) . Hal ini terkait dengan mekanisme adaptasi fisiologis lintah dalam menanggapi

perubahan lingkungan. Clauss (2001) menyatakan bahwa pada sistem integumen annelida dilapisi oleh lendir yang berfungsi dalam hal ekskresi dan osmoregulasi.

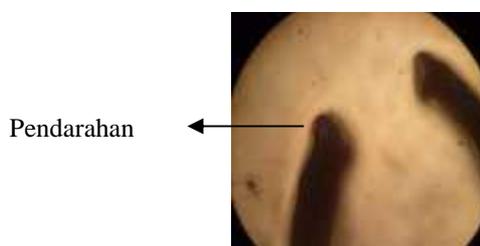
3. Mengalami Pendarahan (hemorrhagi)
Setelah diamati dengan menggunakan mikroskop stereo, lintah yang sudah mati mengalami pendarahan (hemorrhagi) (Gambar 3). Kulit Lintah banyak mengandung kapiler-kapiler darah (Kastawi *et al.*, 2003). Pendarahan (hemorrhagi) pada bagian eksternal (epidermis) kulit lintah yang mengalami hyperplasia (pembengkakan) berat terjadi karena proses krenasi dan rusaknya membran sel-sel darah merah. Krenasi

terjadi karena lintah dimasukkan ke dalam lingkungan yang hipertonis sehingga cairan intraseluler pada sel darah merah lintah keluar dan menjadi berkerut.

Sedangkan rusaknya membran sel-sel darah merah disebabkan oleh Surfaktan (LAS).



Gambar 2. Lendir pada lintah (*Hirudo medicinalis*) yang sudah mati



Gambar 3. Pendarahan (hemorrhagi) pada lintah (*Hirudo medicinalis*)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi detergen berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian lintah ($P < 0,05$). Oleh karena itu, detergen bersifat toksik terhadap lintah (*Hirudo medicinalis*) sehingga kelimpahan lintah di lingkungan perairan tawar dapat digunakan sebagai bioindikator adanya pencemaran air, khususnya oleh polutan detergen.

TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LP2M Institut Ilmu Kesehatan Medika Persada Bali.

REFERENSI

- Abdulgani, N. (2002). Pengaruh Detergen Linear Alkylbenzene Sulfonate terhadap Perkembangan Embrio Katak Sawah (*Fejervarya cancrivora*). *Jurnal KAPPA*. 3 (1): 20-27.
- American Public Health Association. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. America: Joint Editorial Board.
- Arnyana, I.B.P., N. Wijana, dan I. G. N. Rai. (1998). *Buku Ajar Ekologi Tumbuhan*. Singaraja: Program Studi Pendidikan Biologi.
- Arisandi, P. (2001). *Biomonitoring Partisipatif Alternatif Pemantauan Kualitas Air Kali Surabaya*. (serial online), [cited 2017 Nopember 25]. Available from: <http://www.terranet.or.id/tulisandetil.php?id=1289>
- Bellinger, E.G., and D.C. Sige. (2010). *Fresh Water Algae: Identification and Use as Bioindicators*. UK: John Willey & Sons, Ltd.
- Bhairi, S.M., and C. Mohan. (2007). *Detergents: A Guide to The Properties and Uses of Detergents in Biological Systems*. Germany: EMD Biosciences.
- Budiawan, Y. Fatisa., dan N. Khairani. (2009). Optimasi Biodegradabilitas dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzena Sulfonat (LAS) sebagai Bahan Deterjen Pembersih. *Jurnal Makara Sains*, 13(2): 125-133.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, and L. G. Mitchell. (2002). *Biologi Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.

- Cath, T. Y., A. E. Childress, and M. Elimelech. (2006). Forward Osmosis: Principles, Applications, and Recent Developments. *Journal of Membrane Science*. 281: 70–87.
- Clauss, W. G. (2001). Epithelial Transport and Osmoregulation in Annelids. *Can. J. Zool.* 79: 192–203
- Encyclopedia Britanica. (1999). Leeching. (serial online), [cited 2017 Nopember 6]. Available from: <https://www.britannica.com/topic/leeching#ref737136>.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Bogor: Kansius.
- Fauzi, F. (2011). Efek Limbah Detergen bagi Lingkungan. (serial online), [cited 2017 Nopember 25]. Available from: <http://www.faikshare.com/2011/01/efek-limbah-detergen-bagi-lingkungan.html>
- Greenfacts Scientifict Board. (2011). Boron. (serial online), [cited 2017 Nopember 25]. Available from: <http://www.greenfacts.org/en/boron/1-2/boron-5.htm#0>
- Gullan, P.J., and P.S. Cranston. (2005). *The Insect: An Outline of Entomology*. UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Guidechem. (2013). CAS No. 7758-29-4 (Sodium tripolyphosphate). (serial online), [cited 2017 Nopember 22]. Available from: <http://www.guidechem.com/cas-775/7758-29-4.html>.
- Handayani, S. T., B. Suharto., dan Marsoedi. (2001). Penentuan Status Kualitas Perairan Sungai Brantas Hulu dengan Biomonitoring Makrobentos: Tinjauan Pencemaran Bahan Organik. (serial online), [cited 2017 Nopember 5]. Available from: <http://fam.u.org>.
- Hauthal, H.G. (2005). Types and Typical Ingredients of Detergents. In: Zoller, U., Waldhoff, H., Spilker, R., editors. *Handbook of detergents: Part C (Analysis)*. New York: Marcel Dekker.
- Kastawi, Y., S. E. Indriwati, Ibrohim, Masjhudi, dan S. E. Rahayu. (2003). *Zoologi Avertebrata*. Malang: Jurusan Biologi Uनेversitas Negeri Malang.
- Kopciuch, G., B. Berecka, J. Bartoszewicz, and B. Buszewski. (2004). Some Considerations About Bioindicators in Environmental Monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies (PJES)*, 13 (5): 453-462.
- Koperski, Pawel. (2005). Testing The Suitability of Leeches (Hirudinea, Clitellata) for Bilogical Assessment of Lowland Streams. *Polish Journal of Environmental Studies (PJES)*. 53(1): 65-80.
- Macova, S., D. Harustiakova., J. Kolarova., J. Machova., V. Zlabek., B. Vykusova., T. Randak., J. Velisek., G. Poleszczuk., J. Hajslova., J. Pulkrabova., and Z. Svobodova. (2009). Leeches as Sensor-bioindicators of River Contamination by PCBs. (serial online), [cited 2017 Nopember 25]. Available from: www.mdpi.com/1424-8220/9/3/1807/pdf.
- Ministry of Environment Republic of Korea. (2010). Indicator Organisme Tells the Health of Rivers. (serial online), [cited 2017 Nopember 6]. Available from: http://eng.me.go.kr/content.do?method=moveContent&menuCode=res_kid_wat_abo_organisme.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Pandey, P., and B. Gopal. (2010). Effect of Detergents on The Growth of Two Aquatic Plants: *Azolla pinnata* and *Hydrilla verticillata*. *Environ. We Int. J. Sci. Tech*, 5: 107-114.
- Pechenik, Jan A. (2005). *Biology of Invertebrates*. New York: The Mcgraw-Hill Companies, Inc.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416 tahun 1990.
- Samways, M.J., M.A. McGeoch, and T.R. New. (2010). *Insect Conservation; A Handbook of Approaches and Methods*. New York: Oxford University Press Inc.
- Sekiranda, O. Okumu, Bugenyi, Ndawula, and Gandhi. (2004). Variation in Composition of Macro- Benthic Invertebrates as an Indication of Water Quality Status in Three Bays in Lake Victoria. *Uganda Journal of*

- Agricultural Sciences (UJAS). 9: 396-411.
- Showell, M.S. (2006). Introduction to detergents. In: Showel, M.S., editors. Handbook of Detergents: Part D (Formulation). USA: Taylor & Francis Group, LLC.
- Smulders, E. (2002). *Laundry Detergents*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.
- Sopiah, R.N., dan Chaerunisah. (2006). Laju Degradasi Surfaktan Linear Alkil Benzena Sulfonat (LAS) pada Limbah Deterjen secara Anaerob pada Reaktor Lekat Diam Bermedia Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7 (3): 243-250.
- Sudarso, Y. (2009). Potensi Larva Trichoptera sebagai Bioindikator Akuatik. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*, 35 (2) : 201-215.
- Susana, T., dan Suyarso. (2008). Penyebaran Fosfat dan Detergen di Perairan Pesisir dan Laut Sekitar Cirebon, Jawa Barat. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*, 34: 117-131.
- Susana, T., dan R. Rositasari. (2009). Dampak Detergen terhadap Foraminifera di Kepulauan Seribu Bagian Selatan Teluk Jakarta. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*, 35(3): 335-352.
- Swasta, I. B. Jelantik, D. M. Citrawathi, K. Maharta, dan I. M. Sutajaya. (2002). *Buku Ajar Fisiologi Hewan*. Singaraja: Jurdik Biologi Undiksha.
- Tai, L.H.T. (2000). *Formulating Detergents and Personal Care Products: A Guide to Product Development*. France: AOCS Press.
- Tjokrokusumo, S.W. (2006). Bentik Makro-invertebrata sebagai Bioindikator Polusi Lahan Perairan. *Jurnal Hidrosfir* 1(1): 8-20.
- Wardhana, W. (1999). Perubahan Lingkungan Perairan dan Pengaruhnya terhadap Biota Akuatik. Depok: Jurusan Biologi Universitas Indonesia.
- Yatim, W. (2007). *Kamus Biologi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia
- Yudhistira, Angga., Dwi Rian Antono. (2007). Respon Organisme Akuatik terhadap Variabel Lingkungan (pH, Suhu, Kekeruhan dan Detergen). Bogor: IPB.
- Zahri, A. (2005). Pengaruh Alkylbenzena Sulfonate (LAS) terhadap Tingkat Mortalitas dan Kerusakan Struktural Jaringan Insang pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Maluku Tenggara: Program Studi Teknologi Budidaya Perairan.