



BUMI LESTARI

JURNAL LINGKUNGAN HIDUP
(JOURNAL OF ENVIRONMENT)

Jurnal Terakreditasi Dirjen Dikti Depdiknas
Nomor: 64a/DIKTI/Kep./2010



Diterbitkan oleh :

**PUSAT PENELITIAN LINGKUNGAN HIDUP
LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS UDAYANA**

DENPASAR 2012

BUMI LESTARI
Jurnal Lingkungan Hidup
(Journal of Environment)

ISSN 1411 - 9668

Nomor 2

Volume 12

Agustus 2012

Susunan Organisasi Pengelola

Ketua Penyunting

M.S. Mahendra

Wakil Ketua Penyunting

I Nyoman Wardi

Penyunting Pelaksana

A.A. G. Raka Dalem

I G Alit Gunadi

I Made Sara, W.

I Made Adhika

Cok Putri Kusuma K.

Abd. Rahman As-syakur

Petugas Administrasi

Ni Luh Putu Widryani

Ketut Sriwinartini

Alamat Redaksi

Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana

Jl. P.B. Sudirman, Denpasar

Telp.: (0361) 236221. Fax (0361) 236180

E-mail: pplhunud@yahoo.com dan blje@unud.ac.id

Website : <http://pplh.unud.ac.id>

Gambar Cover : Kemasabari Lulu Luluk & Kita Diribakar (Paling Canggih Muka) / Koko Wani 2012

Bumi Lestari merupakan jurnal lingkungan hidup yang diterbitkan dua kali setahun (Februari dan Agustus) yang memuat informasi tentang berbagai aspek lingkungan dari: (1) hasil penelitian, (2) naskah konseptual/opini, (3) resensi buku, dan info lingkungan aktual lainnya

DAFTAR ISI

iii

Pengantar Redaksi	
Daftar Isi	
Analisis Kebutuhan Lulusan Hutan Kota Berdasarkan Penyerapan CO ₂ , Antropogenik di Kota Kupang <i>Philipi de Rezari dan Suwari</i>	189-200
Analisis Kesesuaian Prasyarat Kampung Sasaran dengan Kampung Terapan Terhadap Program Pola Penanganan Permukiman Kumuh Perkotaan di Indonesia <i>Jamburi Effendi dan Sudirman S</i>	201-210
Lingkungan Kota Layak Anak (<i>Child-Friendly City</i>) Berdasarkan Persepsi Orang tua di Kota Yogyakarta <i>Dodi Widayanto dan R. Rijanto</i>	211-216
Analisis Keberlanjutan Program Daerah Perlindungan Laut dengan Pendekatan <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> di Kabupaten Raja Ampat <i>Hamid</i>	217-225
Penilaian Dampak Biodiversitas Laut (Kasus Gugus Pulau Batudaka Provinsi Sulawesi Tengah) <i>Dwi Sulitriswari, Laly Adrianto, Ismail Muchlis, dan Abdul Mulyahoro</i>	226-234
Landing Characteristics Of Fishing Gears In Small-Scale Tropical Coastal Fisheries Of Pelabuhanrata Bay, West Java and Its Application For Gear Management <i>Eko Sri Wijono</i>	239-250
Pengaruh Karakteristik dan Persepsi Terhadap Tingkat Partisipasi Anggota Dalam Kelompok Masyarakat Pengawas (Pukmarwas) Sumber Daya Kelautan Dan Perikanan <i>Erni Yuliana dan Adi Winata</i>	251-259
Kajian Kesesuaian Lahan Untuk Mendukung Pengembangan Komoditas Pertanian di Wilayah Perbatasan Negara Republik Indonesia (Studi Kasus di Kabupaten Merauke, Provinsi Papua) <i>Moh. Aris Marfat dan Ahmad Cahyadi</i>	260-267
Desain Koridor Vegetasi Untuk Mendukung Nilai Konservasi di Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit <i>Dawag Wahyu Parwono</i>	268-282
Pengelolaan Lahan dengan Sistem Agroforestry oleh Masyarakat Baduy di Banten Selatan <i>Gaungga Senoaji</i>	283-293
Kajian Aspek Lingkungan Dalam Pengembangan Agroekowisata Pada Sistem Subak <i>Samsyati, Lili Satriano, Wayan Windu dan Pute Sudira</i>	294-302
Pelestarian Subak Dalam Upaya Pemberdayaan Kearifan Lokal Menuju Ketahanan Pangan dan Hayati <i>Ni Gut Ag Gale Eko Marningsih</i>	303-312

<hr/>	
Aplikasi <i>Polymerase Chain Reaction-Ribosomal Intergenic Spacer Analysis</i> (Pur-Risa) Untuk Menemukan Keragaman Mikroba Tanah Pada Habitat Tanaman Pisang dengan dan Tanpa Gejala Layu Fusarium <i>I Made Sudarma, Dewa Ngurah Suprayta, I Made Sudana dan I Gede Rai Maya Tomaja</i>	313-320
Toksitas Akut (L.C ₅₀) Serbuk Bor (Cutter) Terhadap <i>Daphnia</i> sp. <i>Hefi Effendi, Aditya Hery Emanan, Yuli Wardiatno, dan Majarjana Krisanti</i>	321-326
Jenis Mineral Liat dan Perubahan Sifat Kimia Tanah Akibat Proses Reduksi dan Oksidasi Pada Lingkungan Tanah Sulfat Masam <i>E. Dewi Juliana</i>	327-337
Influence of Light Wavelengths on Growth of Tomato <i>Hery Suyanto, Ni Nyoman Rapiastik, dan Dewi Handayani</i>	338-344
Identifikasi Cemaran Logam Pb dan Cd Pada Kangkung yang Ditanam di Daerah Kota Denpasar <i>Sri Mulyani, I GA Lani Triani dan Arief Sujana E.N</i>	345-349
Pemanfaatan Nematoda Patogen <i>Steinernema</i> Spp. Isolat Malang Dan Nusa Tenggara Barat Dalam Pengendalian <i>Spodoptera litura</i> L. yang Ramah Lingkungan <i>Heri Prabhono</i>	350-356
Distribusi dan Keanekaragaman Kupu-Kupu (Lepidoptera) di Gunung Menado Tua, Kawasan Taman Nasional Laut Bunaken, Sulawesi Utara <i>Reni Komari dan Saroyo</i>	357-365
Studi Awal Komposisi dan Dinamika Vegetasi Pohon Hutan Gunung Pohon Cagar Alam Batukuba Bali <i>Sutomo, N. K. Erosi Undaharta, T. M. Bangun dan I.N. Lagrasya</i>	366-381
Perombakan Air Limbah Tekstil Menggunakan Jamur Pendegradasi Kayu Jenis <i>Polyporus</i> Sp Terseleksi Pada Serbuk Gergaji Kayu <i>I D.K. Sastrawidana, Siti Maryam, dan I N. Sukarna</i>	382-389
Pemanfaatan Limbah Lumpur Pengolahan Air Sebagai Bahan Pembuatan Batu Bata <i>Andy Mirwar dan Siti Rizki Amalia</i>	390-395
Representasi Gambaran Alam Pada Perwujudan Arsitektur Pabuanana di Bali <i>I Nyoman Widya Paramadhyaksa</i>	396-406
Indeks	407
Ucapan Terima Kasih kepada Mitra Bestari	
Petunjuk Penulisan	
Formulir Langganan	

TOKSISITAS AKUT (LC_{50}) SERBUK BOR (*Cuttings*) TERHADAP *Daphnia* sp.

Helmi Effendi¹, Aditya Herry Emawan², Yuli Wardiatno², Majarjana Khrisat²

¹Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH), IPB

²Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan,

FPK, IPB

Email: helmi_effendi@yahoo.com

Abstract

Research was aimed at determining toxicity of drilling cuttings towards *Daphnia*, revealed in LC_{50} 96 hours, meaning that cuttings concentration cause 50% population of *Daphnia* within the period of 96 hour observation. LC_{50} 96 hour is utilized for preliminary strategy of managing drilling cuttings. Static test was applied at the main bioassay experiment. Mortality was as an indicator of toxicity. Bioassay experiment refers to US-EPA (1991, 1996, 2002); Zohi and Schmitt (2000). Mortality and water quality fluctuation were observed at hours 2, 4, 6, 8, 24, 48, 72, and 96. Determination of LC_{50} 96 hour was carried out by the method of Probit Analysis. Manual count and software EPA Probit Analysis Version 1.5 were applied. LC_{50} 96 hours cuttings towards *Daphnia* is 22.177 - 22.208 ppm. This indicates that cuttings has almost non-toxic characteristic. However, disposal of these cuttings needs oil content measurement. If oil content meets regulation (\leq 10%), cuttings is allowed to be discharged to the surrounding terrestrial environment.

Key words: Toxicity, *Daphnia*, Cuttings, LC_{50} 96 hour

1. Pendahuluan

Manusia sangat tergantung pada minyak dan gas (migas) dalam pemenuhan kebutuhan energi untuk kehidupannya. Sumber energi yang tak terbarukan ini memegang peranan sentral dalam berbagai sektor, diantaranya transportasi dan bahan bakar industri. Oleh karena itu, komoditi ini menjadi primadona perdagangan nasional dan internasional. Eksplorasi dan eksploitasi migas dewasa ini telah banyak dilakukan baik di darat (*onshore*) maupun di laut (*offshore*). Perboran menghasilkan fluida (gas, minyak, dan air), serbuk bor (*cuttings*), mineral, dan lumpur bor bekas (*mud/sud*) (Hossain, 2011).

Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi bisa membawa dampak negatif bagi lingkungan, terutama perairan. Pada kegiatan eksplorasi, volume limbah perboran berupa lumpur bor bekas dan serbuk bor yang dihasilkan tidaklah sedikit yakni sebanyak volume silinder dan kefalaman dari total jumlah sumur perboran. Di wilayah eksplorasi, perusahaan migas memiliki puluhan sumur dengan kedalaman ribuan meter yang telah, sedang, dan akan dibor. Fakta ini menggambarkan relatif besarnya potensi pencemaran perairan akibat kegiatan tersebut, jika

pengelolaan limbah pengeboran tidak mengindahkan peraturan yang berlaku (Addy, 1984; Novotny dan Olen, 1994; Neff, 2008; Samperou, 2003).

Pembuangan lumpur bor bekas (*mud/sud*) dan serbuk bor (*cuttings*) telah memperlihatkan peningkatan perhatian khususnya di negara maju, karena banyaknya pengaruh negatif yang ditimbulkan terhadap kesehatan, safety (keselamatan kerja), dan lingkungan (Moseley, 1983).

Untuk mengetahui efek limbah pengeboran yang masuk ke badan perairan diperlukan suatu uji hayati (*bioassay*) selain uji parameter fisik, kimia, maupun biologi. Data toksisitas dari *bioassay* dijadikan sebagai bahan untuk merepresentasikan pengaruh material tersebut pada makhluk hidup di perairan sekitarnya. Untuk perairan tawar biasanya digunakan *Daphnia* sebagai hewan uji. Untuk perairan laut lazimnya dipergunakan *Brauer Shrimp* (*Artemia*) sebagai hewan uji.

Melalui *bioassay* dengan menggunakan bionta uji *Daphnia* sp. diperoleh nilai LC_{50} 96 jam, LC_{50} adalah konsentrasi yang dapat mematikan 50% jumlah populasi hewan uji dalam waktu tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menestakan nilai

toksisitas catting yang masuk ke dalam perairan tawar. Informasi nilai LC_{50} 96 jam dipakai sebagai data awal untuk menentukan pengelolaan selanjutnya terhadap limbah pemboran ini.

2. Metode Penelitian

Penelitian pendahuluan dan utama, berlokasi di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Biota uji yang digunakan adalah inshk *Daphnia*, diperoleh dari peternak *Daphnia* di daerah

Tabel 1. Persentase biota yang mati pada uji pendahuluan dengan berbagai konsentrasi catting.

Konsentrasi (ppm)	Jumlah biota yang dieksp	Persentase biota yang mati (%)
Pertama	40.000	100
	20.000	60
	10.000	-
	5.000	-
	2.500	-
	Kedua	30.000
15.000	-	
7.500	-	
3.750	-	
1.875	-	

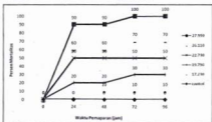
Cibalugung, Bogor Barat. Media uji berupa supernatan dari catting pemboran minyak bumi yang diperoleh dari Babelan, Bekasi. Catting berupa serbuk bor yang dipisahkan dari lumpur bor (Wili, 2000).

Sebelum uji pendahuluan, kultur dilakukan untuk memperoleh inshk pertama *Daphnia* berumur d' 24 jam (neonat) sebagai biota uji. Uji pendahuluan (sebanyak 2 kali) dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi ambang bawah dan ambang atas yang digunakan untuk menentukan selang konsentrasi media uji pada uji toksisitas akut (uji utama).

Uji utama menggunakan tipe *static test* dengan lama paparan 96 jam, dan mortalitas sebagai tolak ukur (Eaton *et al.* 1995). Bioassay mengacu pada US-EPA (1991, 1996, 2002); Ziehl dan Schmitt (2000). Pengamatan terhadap mortalitas dan perubahan kualitas air dilakukan pada jam ke 2, 4, 6, 8, 24, 48, 72, dan 96. Penentuan nilai LC_{50} dilakukan dengan analisis probit, yaitu perhitungan secara manual dan menggunakan *software* EPA Probit Analysis Version 1.5

3. Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi ambang atas merupakan konsentrasi terendah, yang menyebabkan seluruh biota uji mati dalam 24 jam adalah 30.000 ppm. Sementara itu, konsentrasi ambang bawah, merupakan konsentrasi tertinggi, yang membuat seluruh biota uji hidup selama 24 jam adalah 15.000 ppm (Tabel 1).



Gambar 1. Mortalitas kumulatif *Daphnia* selama 96 jam paparan.

Tabel 2. Perbandingan Nilai LC_{50} (ppm) secara manual dan menggunakan software.

Jam Ke-	Manual		EPA Probit Analysis software	
	Selang kepercayaan 95%	Estimasi LC_{50}	Selang kepercayaan 95%	Estimasi LC_{50}
24	21.862-25.160	23.460	21.729-25.530	23.502
48	21.272-25.124	23.118	21.087-25.592	23.148
72	20.619-23.916	22.208	20.273-24.064	22.177
96	20.619-23.916	22.208	20.273-24.064	22.177

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, didapatkan lima konsentrasi media untuk uji utama yakni: 17.230 ppm, 19.790 ppm, 22.730 ppm, 26.110 ppm, dan 27.990 ppm serta kontrol.

Mortalitas *Daphnia* pada masing-masing konsentrasi media uji bervariasi sejak jam ke-24 sampai jam ke-96 (Gambar 1). Nemon yang paling tinggi dan cepat pengaruhnya ialah media uji dengan konsentrasi paling tinggi, yaitu 27.990 ppm. Pada 24 jam pertama, media uji ini telah menyebabkan 90% *Daphnia* mati. Media uji dengan konsentrasi 19.790 ppm, 22.730 ppm, dan 26.110 ppm masing-masing telah mematikan *Daphnia* berturut-turut sebesar 20%, 50%, dan 60%. Cepatnya media uji (casting) memberikan respon mortalitas bagi *Daphnia* pada awal pemaparan menandakan relatif tingginya sifat toksik casting tersebut.

Mortalitas mengalami peningkatan yang signifikan pada jam ke-72. Pada konsentrasi 27.990 ppm mortalitas meningkat menjadi 100%, mortalitas pada konsentrasi 26.110 meningkat menjadi 70% dan mortalitas pada konsentrasi 19.790 ppm meningkat menjadi 30%. Oleh karena itu, pada jam ke-72 ketiga konsentrasi tersebut mengalami peningkatan mortalitas sebesar 10% dari sebelumnya. Hal ini berbeda dengan kondisi pada jam ke-48 yakni hanya konsentrasi 17.230 ppm saja yang mengalami peningkatan mortalitas, dari 0 menjadi 10%. Sedangkan pada jam ke-96 mortalitas pada seluruh konsentrasi tidak mengalami peningkatan sama sekali. Konsentrasi efektif/toksikan yang mampu mematikan 50% biota dalam waktu tertentu (LC_{50}) disajikan pada Tabel 2.

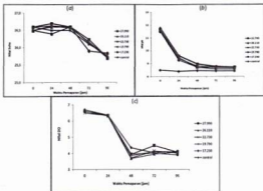
Peraturan Menteri ESDM nomor 43 tahun 2006 menetapkan bahwa untuk pembaran di lepas pantai/laut (*offshore*) hanya kampur bor bekas (*used mud*) dengan LC_{50} -96 jam \leq 30.000 ppm saja yang boleh

dibuang ke laut. Bagi pembaran di darat, serbuk bor (casting) tidak dibararkan dilakukan uji LC_{50} , tetapi harus dilakukan uji kandungan minyak. Jika kandungan minyak \leq 10 ppm, maka serbuk bor diperkenankan dibuang langsung di sekitar pembaran. Bila kandungan minyak melebihi 10 ppm, maka serbuk bor harus dikelola untuk menurunkan kandungan minyaknya hingga memenuhi ketentuan.

Dalam penelitian ini, diketahui bahwa serbuk bor (casting) dengan konsentrasi 22.177 - 22.208 ppm di perairan mampu mematikan 50% (LC_{50} , 96 jam) populasi *Daphnia*. Hal ini berbeda dengan penelitian serupa, menggunakan *Penaeus monodon* (*vanboerger prawn*), menyimpulkan bahwa casting dapat langsung dibuang ke perairan laut karena nilai LC_{50} 96 jam adalah 91.883 ppm (Effendi *et al.*, 2011). Sementara itu, Soegiyanto *et al.* (2008) melaporkan bahwa LC_{50} 96 jam dari *Abuhyud mud* dari pembaran lepas pantai berkisar 30.740 dan 78.271 ppm. Departemen Mineral dan Energi, Australia (1994) mengklasifikasikan toksisitas pembaran berdasarkan nilai LC_{50} seperti Tabel 3 (Swan *et al.*, 1994).

Tabel 3. Toksisitas limbah pembaran berdasarkan nilai LC_{50} .

Sifat Toksik	Nilai LC_{50}
Non Toksik (Non toxic)	> 100.000 mg/l
Hampir tidak toksik (Almost non toxic)	10.000 - 100.000 mg/l
Toksisitas rendah (Slightly toxic)	1000 - 10.000 mg/l
Toksisitas sedang (Moderately toxic)	100 - 1000 mg/l
Toksik (Toxic)	1 - 100 mg/l
Sangat toksik (Very toxic)	< 1 mg/l



Gambar 2. Karakteristik kualitas air: (a) Suhu (°C), (b) pH, (c) DO (mg/l) selama 96 jam.

Jika nilai LC_{50} penelitian ini (22.177 – 22.208 ppm) dibandingkan dengan kriteria pada Tabel 1, maka toksisitas *cutting* termasuk dalam kategori hampir tidak toksik. Namun demikian untuk pembuangan *cutting* ini pada ekosistem terestrial di sekitar lokasi pemboran perlu pertimbangan lain, yakni dengan melakukan uji kandungan minyak terlebih dahulu. Jika memenuhi regulasi, barulah diperkenankan dibuang ke lingkungan sekitar.

Temperatur media uji berada dalam kisaran normal yang dapat ditoleransi oleh *Daphnia*. Penurunan temperatur terlihat pada jam ke-72 dan 96. Hal ini karena pemaparan pada jam tersebut dilakukan pada waktu yang lebih sore dengan cuaca pada hari itu berawan. Hal ini berbeda kondisi dengan pemaparan pada jam ke-0, 24 dan 48, yang saat itu cuaca panas terik (Gambar 2a).

Nilai pH media berkisar 8-12 bersifat alkalin (Gambar 2b). Pada pemaparan jam ke-0 atau saat

awal toksikan dilarutkan, pH media sangat tinggi jauh melampaui pH kontrol. Dari peristiwa ini muncul dugaan bahwa masuknya *cutting* ke dalam perairan dapat menurunkan pH secara signifikan. pH antara 6,5 sampai 9,5 masih bisa diterima *Daphnia*, dengan kondisi optimum antara 7,2 sampai 8,5 (Clare, 2002). Data mortalitas yang tinggi pada 24 jam pertama, selain karena sifat toksik dari *cutting*, juga diduga berkaitan fluktuasi pH yang tidak dapat ditolerir *Daphnia*. Namun seiring dengan bertambahnya waktu pemaparan, pH pada masing-masing media menurun.

Kadar *dissolved oxygen* (DO) semakin menurun dengan bertambahnya waktu (Gambar 2c). *Daphnia* pada umumnya toleran terhadap oksigen terlarut yang bervariasi dari nol hingga super saturasi. Seperti halnya *brise shrimp*, kemampuan mereka untuk bertahan pada lingkungan yang miskin oksigen dikaitkan dengan kemampuannya mensintesis

hemoglobin (Clare, 2002). Penurunan kadar DO pada media terkait dengan aktivitas respirasi *Daphnia*. Tipe *static test* juga memberi andil dalam penurunan kadar DO karena pada uji toksisitas tipe ini, media tidak diberi aerasi, dan tidak ada pergantian media (Effendi, 2003).

Jika ingin dimanfaatkan, *cuttings* harus melalui proses *dewatering* terlebih dahulu, yaitu pemisahan minyak dari padatan. Selain itu harus dapat dipastikan bahwa kandungan hidrokarbon, *moisture content*, salinitas, dan kandungan lumpur sesuai dengan rencana pemanfaatan yang sudah ditetapkan (DWMIS, 2007).

Daftar Pustaka

- Addy, J.M., J.P. Hartley, and P.J.C. Tibbets. 1984. Ecological effects of low toxicity oil-based mud drilling in The Beatrice oilfield. *Marine Pollution Bulletin*, 15 (12): 429-436
- Clare, J. 2002. *Daphnia: An Aquarist's Guide*. <http://www.candata.com> [26 Maret 2008]
- [DESDM]. Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral. 2006. *Peraturan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 043 TAHUN 2006 Tentang Pengelolaan Lumpur Bor, Limbah Lumpur dan Serbuk Bor Pada Kegiatan Pengolahan Minyak Dan Gas Bumi*. Jakarta: Departemen ESDM.
- [DWMIS]. Drilling Waste Management Information System. 2007. *Fact Sheet - Beneficial Reuse of Drilling Wastes*. <http://web.ead.anl.gov/dwm/techdesc/reuse/index.cfm> [1 Agustus 2007]
- Effendi, H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan*. Kanisius. Jogjakarta. 258 hal.
- Eaton, A. D., L. S. Clesceri, and A. E. Greenberg. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 19th Edition. Washington DC.
- Hossain, M.E. 2011. Development of a Sustainable Diagnostic Test for Drilling Fluid. Paper in *International Symposium on Sustainable Systems and the Environment (ISSE) 2011*. American University of Sharjah, Sharjah, UAE, March 23-24, 2011
- Moseley, H.R. 1983. Summary of API onshore drilling and produced water environmental studies. SPE.11398 presented at *IADC/SPE drilling conference*. New Orleans.
- Neff, J.M. 2008. Estimation of Bioavailability of Metals from Drilling Mud Barite. *Integrated Environmental Assessment and Management* 4(2): 184-193
- Nevotny, V. and H. Olem. 1994. *Water quality "prevention, identification and management of diffuse pollution"*. Van Nostrand Reinhold. New York. United States. 817-828 p.
- Petroleum Information Series. 1994. *Guidelines Sheet 3 and 4*. Western Australia Department of Minerals and Energy.
- Samperera, D. 2003. *Dari Mana Datangnya Minyak Bumi*. <http://www.migas-indonesia.com/index.php?module=pembaruan&produk1.htm>. [September, 2007]
- Sogizato, A., B. Irawan and M. Affandi. 2008. Toxicity of Drilling Waste and Its Impact on Gill Structure of Fish Larvae of Tiger Prawn (*Penaeus monodon*). *Global Journal of Environmental Research* 2(1): 36-41.

- Swan, J. M., J.M. Neff, and P.C. Young. (eds.) 1994. *Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia - the findings of an independent scientific review*, Australian Petroleum Exploration Association. Sydney. 157p.
- Effendi, H., B.A. Utomo, and Y. Wardiatno, 2011. Toksisitas limbah pengeboran minyak terhadap benur udang windu (*Penaeus monodon*). *Lingkungan Proptis* 4(2): 93 - 103.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 1991. *Methods for measuring the acute toxicity of effluent and receiving waters to freshwater and marine organisms* (fourth edition). U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C. United States. 247 p.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 1996. *Ecological effects test guidelines: Pesticid acute toxicity test*. U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C. United States. 6 p.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 2002. *Methods for measuring the acute toxicity of effluent and receiving waters to freshwater and marine organisms* (fifth edition). U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C. United States. 266 p.
- Ziehl, T.A. and A. Schmitt. 2000. Sediment quality assessment of flowing waters in south-west Germany using acute and chronic bioassays. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 3(20):347-357.