

PENGARUH KOMBINASI BIOFILTER *Glacilaria* sp. DAN ZEOLIT TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA MEDIA AIR LAUT

Effect of Combination of *Glacilaria* sp. and Zeolit Against Heavy Metal Concentration Lead (Pb) on Sea Water Media

Akhmad Syafroni Affandi^{1*}, Boedi Setya Rahardja² dan Hari Suprpto².

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

²Departemen Manajemen Kesehatan Ikan dan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

*akhmad-s-a-fpk10.web.unair.ac.id

Abstrak

Logam berat yang terdapat di lingkungan dapat berbahaya bagi makhluk hidup. Logam berat yang sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), khromium (Cr) dan nikel (Ni). Logam berat tersebut di dalam tubuh suatu individu dapat menggumpal dan tetap tinggal dalam tubuh dalam waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi. Dampak akut logam berat timbal atau *plumbism* dengan gejala utama meliputi kram perut, gagal ginjal, kemandulan hingga kerusakan otak permanen. Timbal juga merupakan faktor utama terjadinya gejala hiperaktif, penyimpangan tingkah laku dan kesulitan belajar pada anak – anak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi *Glacilaria* sp. dan zeolit terhadap konsentrasi logam berat timbal (Pb). Parameter utama pada penelitian ini adalah konsentrasi logam berat timbal, dan parameter pendukungnya adalah pH, suhu, dan salinitas. Analisis data menggunakan ANOVA untuk melihat apakah terdapat perbedaan pada tiap perlakuan dan Uji Jarak Berganda Duncan untuk melihat perlakuan terbaik dalam penurunan konsentrasi logam berat timbal Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa kombinasi biofilter *Glacilaria* sp. dan zeolit berpengaruh sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi logam berat timbal ($p < 0,01$). Kombinasi biofilter *Glacilaria* sp. dan zeolit memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi Pb. Penurunan konsentrasi Pb oleh kombinasi biofilter *Glacilaria* sp. dan zeolit ini tercatat memiliki kisaran nilai 0,05 hingga 0,26 ppm. Perlakuan terbaik dalam menurunkan konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada perlakuan P2-B (50 gram *Glacilaria* sp. dan 10 gram zeolit). Perlakuan ini mampu mengeliminasi konsentrasi Pb dalam media air sampai dengan rata-rata 0,86% dalam waktu 28 hari.

Kata kunci: *Glacilaria* sp. dan Logam Berat Timbal

Abstract

Presence of heavy metals in the environment can be harmful to living things. Heavy metals are often pollute the environment mainly is mercury (Hg), lead (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr) and nickel (Ni). The heavy metal can clot in the body of an organism, and remains in the body for a long time as the toxins that have accumulated. Impact of acute lead or other heavy metals *plumbism* with major symptoms include abdominal cramps, kidney failure, sterility until permanent brain damage. Lead is also a major factor in the symptoms of hyperactivity, behavioral aberrations and learning difficulties in children – children. This study aims to determine the effect of the combination of *Glacilaria* sp. and zeolite to the concentration of heavy metals lead (Pb). The main parameters in this study is the concentration of heavy metals lead and supporting parameters are pH, temperature, and salinity. Data analysis using ANOVA to see whether there are differences in each treatment and Duncan's Multiple Range Test to see the best treatment in decreasing the concentration of heavy metals lead. Based on this research, it is known that the combination of biofilter *Glacilaria* sp. and zeolites very significant influence on decreasing the concentration of heavy metals lead ($p < 0.01$). The combination of biofilter *Glacilaria* sp. and zeolites have a significant effect on decreasing the concentration Pb. Reduction of Pb concentration by a combination of biofilter *Glacilaria* sp. and this zeolite has recorded a value range 0.05 to 0.26 ppm. The best treatment in reducing the Pb concentration is highest in treatment P2 - B (50 grams *Glacilaria* sp. And 10 grams of zeolite). This treatment is able to eliminate concentration of Pb in aqueous media up to an average within in 28 days.

Keywords: *Glacilaria* sp. and Heavy Metal

PENDAHULUAN

Keberadaan logam berat di lingkungan dapat berbahaya bagi makhluk hidup. Logam berat yang sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), khromium (Cr) dan nikel (Ni). Logam berat tersebut dapat menggumpal di dalam tubuh suatu organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh dalam waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi (Ghifari, 2011).

Menurut Yulianto dkk., (2006) *Gracilaria* sp. diketahui memiliki kemampuan penyerapan logam berat yang tinggi karena memiliki dinding sel yang mengandung polisakarida. Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian Nasuha dkk., (2014) diketahui bahwa *Gracilaria* sp. Memiliki efektifitas dalam menyerap logam berat timbal (Pb) konsentrasi 0,09 ppm sebesar 0,337 ppm. Saktyo (2013) menyatakan penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai biofilter mampu mengabsorpsi timbal (Pb) konsentrasi 3 ppm sebesar 2,1221 ppm .

Adanya potensi yang dimiliki dari kedua bahan alam tersebut dapat dijadikan sebagai salah alternative dalam mengatasi pencemaran perairan (Pantjara dkk., 2010). Hal ini memungkinkan untuk dapat diaplikasikan pada kegiatan budidaya perairan laut dan payau (Komarawidjaja, 2003). Mengingat sifat logam berat timbal (Pb) yang sangat berbahaya pada keadaan yang berlebihan, maka diperlukan suatu cara untuk mengurangi konsentrasi logam berat tersebut dalam perairan. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai kombinasi *Gracilaria* sp. Dan zeolit sebagai biofilter terhadap konsentrasi logam berat timbal (Pb).

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium basah Pendidikan

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya pada Bulan Agustus – November 2015.

Materi Penelitian

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan antara lain 20 unit akuarium dan masing-masing berukuran 40x20x25 cm³, pH meter, refraktometer, spektrofotometer, termometer, timbangan digital analitik, 1 buah blower, lima meter selang dan 64 buah batu aerasi.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah rumput laut *Gracilaria* sp. sebanyak 1000 gram dan berumur satu setengah bulan yang dibeli dari Petani Tambak Rumput Laut *Gracilaria* sp. di kelurahan Medokan Ayu, Kecamatan Rungkut- Surabaya, 100 liter air laut, zeolit sebanyak 180 gram serta larutan standar logam berat timbal (Pb).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan metode eksperimental yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 ulangan sehingga terdapat 16 unit percobaan.

Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Variabel bebas : kombinasi biofilter *Gracilaria* sp. (50 gram) dan zeolit (5 gram, 10 gram, 15 gram dan 20 gram).

Variabel tergantung : konsentrasi logam berat timbal (Pb) yaitu konsentrasi air laut awal tanpa penambahan Pb (kontrol) dan Pb 1 ppm.

Prosedur Kerja

Mula-mula disiapkan wadah berukuran 10 liter yang sudah bersih dan kering sebanyak 16 unit. Masing-

masing wadah tersebut kemudian diisi dengan air laut sebanyak 5 liter dan di aerasi selama sehari penuh. Pada masing-masing unit percobaan diberikan *Gracilaria* sp. sebanyak 50 gram sedangkan zeolit diberikan sesuai dengan jumlah unit percobaan. Selanjutnya dilakukan aklimatisasi dengan melakukan penanaman selama 7 hari pencahayaan alami dan setiap 2 hari sekali dilakukan pergantian air.

Setelah dilakukan aklimatisasi, masing-masing unit percobaan siap untuk diaplikasikan dalam penelitian. Pada media tanam (air laut) P1, P2, P3 dan P4 unit percobaan diberi perlakuan berupa pemberian timbal (Pb) sebanyak 1 ppm. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap kualitas air dan pengukuran konsentrasi logam berat Pb pada masing-masing unit percobaan.

Pengamatan terhadap kualitas air dilakukan setiap hari pada pagi dan sore sedangkan pengukuran konsentrasi logam berat dilakukan sebelum penelitian (pada saat aklimatisasi), setelah aklimatisasi, minggu pertama dan kedua penelitian. Pengukuran konsentrasi logam berat Pb dilakukan dengan cara mengambil sampel media tanam berupa air laut pada tiap unit percobaan. Sampel yang telah didapat selanjutnya dianalisis kandungan logam timbal (Pb) dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) model AA-64015.

Parameter Pengamatan

Parameter utama yang diamati adalah konsentrasi logam timbal (Pb) yang terdapat pada media tanam (air laut) dengan menggunakan uji *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dan uji laboratorium.

Parameter pendukung penelitian ini adalah data kualitas air dalam akuarium yang meliputi salinitas, suhu dan pH.

Analisa data berupa konsentrasi logam timbal (Pb) dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji lanjut Duncan.

Analisis Data

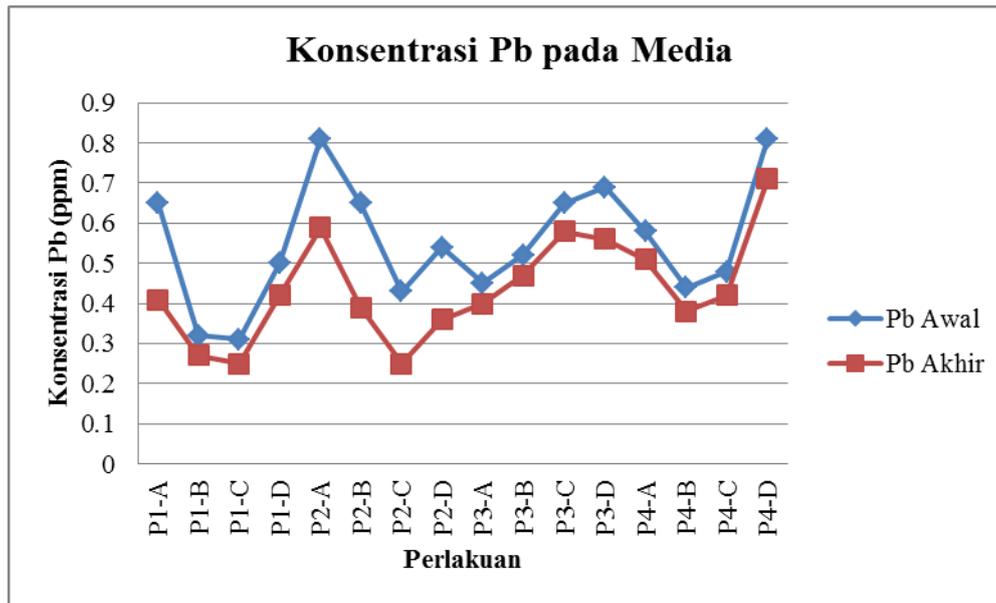
Data yang diperoleh di analisis dengan uji statistik. Uji statistik yang digunakan adalah uji Anava dengan taraf 5%. Uji Anava akan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan untuk mengetahui tingkat perbedaan pada setiap perlakuan (Kusriningrum, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Konsentrasi pada Pb

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi Pb pada media air laut disajikan dalam grafik pada gambar 1. Grafik tersebut menunjukkan pengaruh perlakuan terhadap penurunan konsentrasi Pb pada media selama 4 minggu. Berdasarkan hasil pengujian dari tiap 2 minggu sekali, diketahui bahwa rata-rata penurunan konsentrasi tiap perlakuan memiliki kisaran antara 0,05 – 0,26 ppm. Perlakuan P2-B (kombinasi 50 gram *Glacilaria* sp. dan 10 gram zeolit) menunjukkan nilai penurunan konsentrasi Pb tertinggi. Hasil uji AAS pada pengaruh perlakuan terhadap penurunan konsentrasi Total Pb menunjukkan nilai signifikan yang lebih kecil dari 0,01. Ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara perlakuan P1-A sampai dengan P4-D.



Gambar 1. Grafik Rata-rata Konsentrasi Pb pada air laut

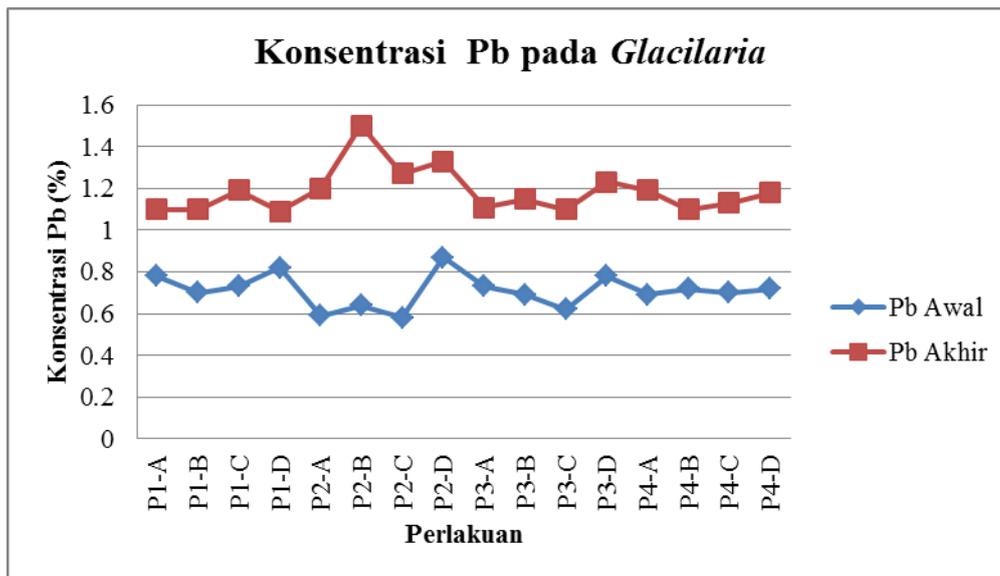
Tabel 1. Konsentrasi logam berat Pb pada media air laut

Perlakuan	Konsentrasi Pb (ppm)			Total Penurunan	Rata – rata
	Po (kontrol)	Pb Awal	Pb Akhir		
P1-A	0,01	0.65	0.41	0,24	0,1075
P1-B	0,01	0.32	0.27	0,05	
P1-C	0,01	0.31	0.25	0,06	
P1-D	0,01	0.50	0.42	0,08	
P2-A	0,01	0.81	0.59	0,22	0,21
P2-B	0,01	0.65	0.39	0,26	
P2-C	0,01	0.43	0.25	0,18	
P2-D	0,01	0.54	0.36	0,18	
P3-A	0,01	0.45	0.40	0,05	0,3
P3-B	0,01	0.52	0.47	0,05	
P3-C	0,01	0.65	0.58	0,07	
P3-D	0,01	0.69	0.56	0,13	
P4-A	0,01	0.58	0.51	0,07	0,0725
P4-B	0,01	0.44	0.38	0,06	
P4-C	0,01	0.48	0.42	0,06	
P4-D	0,01	0.81	0.71	0,10	

Persentase logam berat Pb pada *Glacilaria Sp*

Gambar 2 menunjukkan persentase peningkatan konsentrasi Pb pada *Glacilaria sp.* yang digunakan sebagai biofilter. Berdasarkan hasil pengujian konsentrasi Pb tersebut, diketahui bahwa persentase Pb *Glacilaria sp.*

pada perlakuan P1-A sampai dengan P4-D berkisar antara 0,27 – 0,86 %. Rumput laut *Glacilaria sp.* pada perlakuan P2-B (kombinasi 50 gram dan zeolit 10 gram menunjukkan persentase peningkatan konsentrasi Pb yang tertinggi.



Gambar 2. Grafik Persentase Logam Berat Timbal Pb pada *Glacilaria sp*

Kualitas air

Kondisi kualitas air (pH dan suhu) pada tiap perlakuan selama penelitian berlangsung. Berdasarkan pengukuran selama penelitian berlangsung, kisaran nilai rata-rata pH berada pada rentang 9. Sementara itu kisaran nilai rata – rata suhu air selama penelitian berada pada rentang 25 – 26°C. Selain pH dan suhu, kualitas yang lainnya yang juga di ukur adalah salinitas. Nilai salinitas menunjukkan adanya peningkatan nilai, dari minggu pertama hingga minggu ke empat, yaitu 25 ppt.

Pembahasan

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1., dapat diinterpretasikan bahwa setiap kombinasi perlakuan terdapat perbedaan yang sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi Pb. Gambar 1. menunjukkan grafik penurunan konsentrasi Pb media pada kombinasi perlakuan yang diberikan.

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1., dapat diketahui bahwa penurunan konsentrasi Pb oleh perlakuan secara keseluruhan berkisar antara 0,05 – 0,26 ppm. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan kombinasi biofilter *Gracilaria*

sp. dan zeolit memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi Pb. Hasil uji AAS menunjukkan pengaruh sangat signifikan untuk penurunan konsentrasi Pb pada perlakuan. Demikian halnya dengan taraf perlakuan yang diberikan untuk faktor zeolit terhadap penurunan konsentrasi Pb juga menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan.

Penurunan konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada perlakuan P2-B (50 gram *Glacilaria sp.* dan 10 gram zeolit). Perlakuan ini mampu mengeliminasi konsentrasi Pb dalam media air sampai dengan 0,26 ppm dalam waktu 28 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian Ihsan dkk, (2015) yang menunjukkan bahwa pemberian Pb pada awal penelitian dengan konsentrasi yang berbeda terhadap *Glacilaria sp.* memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penyerapannya.

Berdasarkan grafik interaksi antara faktor biofilter *Gracilaria sp.* dan zeolit dapat dinilai bahwa interaksi antar faktor memiliki interaksi yang positif searah, dalam artian bahwa interaksi antar faktor tersebut saling mendukung satu dengan yang lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan saling menjauhinya garis respon. Hal ini sesuai dengan pendapat Kusringrum

(2010), bahwa interaksi positif searah ini adalah berupa beda besarnya respon yang terjadi apabila garis respon membuka saling menjauhi, atau taraf perlakuan lebih respon dari taraf kontrol.

Perlakuan terbaik dalam penurunan konsentrasi Total Pb berdasarkan uji AAS yang dilakukan pada perlakuan yang merupakan interaksi antar faktor dari perlakuan P1-A sampai dengan P4-D adalah P2-B yang berbeda sangat signifikan dengan perlakuan lain. Hal ini sesuai dengan pendapat Yudha (2009), bahwa semakin meningkat jumlah zeolit yang diberikan, maka semakin memperbesar jumlah pori-pori zeolit untuk menyerap Pb. Demikian halnya dengan biofilter *Gracilaria* sp.

Berdasarkan hasil pengujian konsentrasi Pb, diketahui bahwa persentase peningkatan konsentrasi Pb pada *Gracilaria* sp. Pada Perlakuan P2-B sebesar 0,86% membuktikan bahwa Pb diabsorpsi oleh *Gracilaria* sp. dan sesuai dengan Paulson (2014) yang menyatakan bahwa *Gracilaria* sp. merupakan alga yang paling efektif dalam proses bioremediasi laut karena memiliki kemampuan yang sangat tinggi dalam menyerap nutrisi. Menurut Pantjara dkk., (2010) rumput laut *Gracilaria* sp. mampu menyerap logam berat hingga 1.000 mg/L.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kombinasi biofilter *Gracilaria* sp. dan zeolit memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi Pb. Penurunan konsentrasi Pb oleh kombinasi biofilter *Gracilaria* sp. dan zeolit ini tercatat memiliki kisaran nilai 0,05 hingga 0,26 ppm. Perlakuan terbaik dalam menurunkan konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada perlakuan P2-B (50 gram *Gracilaria* sp. dan 10 gram zeolit). Perlakuan ini mampu mengeliminasi konsentrasi Pb dalam media air sampai dengan rata-rata 0,86% dalam waktu 28 hari.

Saran

Ditinjau dari hasil penelitian, maka disarankan untuk menggunakan kombinasi (50 gram *Gracilaria* sp. dan 10 gram zeolit). untuk memperoleh penurunan konsentrasi Pb yang terbaik. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan biofilter *Gracilaria* sp. dan zeolit terhadap konsentrasi Pb pada sistem budidaya perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, K., S. Badshah., C. Airoidi. 2011. Dithiocarbamated Chitosan as a Potent Biopolymer For Toxic Cation Remediation. *Journal. Bio-interfaces : Colloids and Surfaces* : 3 (2) : 87-95.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Firdaus, L. M. 2013. Studi Perbandingan Berbagai Adsorben Sintetis dan Alami Untuk Mengikat Logam Berat. Artikel Ilmiah. Progam Studi Pendidikan Kimia. Universitas Bengkulu. Bengkulu. Hal 1-7.
- Ghifari, A. S. 2011. Heavy Metal Bioportion in Aquatic Environment Using Rice (*Oriza sativa* L) Husks Waste as Biosorbent. Article. Pekan Kreativitas Mahasiswa. Universitas Indonesia. Hal 4-12.
- Komarawidjaja, W dan D. A. Kurniawan. 2008. Tingkat Filtrasi Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) Terhadap Kandungan Ortofosfat (P_2O_5). *Jurnal Tek-nologi Lingkungan* 9 (2) : 180-183.
- Komarawidjaja, W. 2003. Peluang Pemanfaatan Rumput Laut Sebagai Agen Biofiltrasi Pada Ekosistem Perairan Payau Yang Tercemar. *Jurnal. Tek-nologi Lingkungan* 4 (3) : 155-159.
- Lobban, C. S and P. J. Harrison. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. New York. Cambridge University Press. Pp 234-237.

- Marine Algae of New Zealand. 2013. Taxonomy of *Gracilaria* sp. <http://www.marinealgae.com>. Diakses tanggal 27 Januari 2015.
- Nasuha, T., Yuliani dan N. K. Indah. 2014. Efektifitas *Gracilaria gigas* Sebagai Biofilter Logam Berat Timbal (Pb) pada Media Tanam. *Jurnal Lentera Bio* 3 (1) : 91-96.
- Ningrum, P. Y. 2006. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Serta Struktur Mikroanatomi Branchia Hepar dan Musculus Ikan Belanak (*Mugil chepalus*) di Perairan Cilacap. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Hal 19-21.
- Oktavia, D. A., D. Mangunwidjaja., S. Wibowo., T. C. Sunarti dan M. Rahayuningsih. 2012. Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba *Indigenous* Proteolitik dan Lipolitik. *Jurnal Agrotek* 6 (2) : 65-71.
- Pantjara, B., Tahe., S. Mustofa dan E.A. Hendrajat. 2008. Pemanfaatan Tambak Marginal Tanah Sulfat Masam Untuk Budidaya Bandeng (*Chanos-chanos*), Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) dan rumput laut (*Gracilaria verucosa*). *Prosiding. Aquaculture Indonesia*. Hal 295-302
- Pantjara, B., E. A. Hendrajat dan H. S. Suwoyo. 2010. Pemanfaatan Biofilter pada Budidaya Udang Windu di Tambak Marjinal. *Prosiding. Forum Inovasi Teknologi Akua-kultur*. Hal 221-231.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta : Rieneka Cipta. Hal 35-37
- Parawita, D., Insafitri dan W. A. Nugraha. 2009. Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di Muara Sungai Porong. *Jurnal Ilmu Kelautan* 2 (2) : 34 – 42.
- Puji, S. G., J. P. Susanto dan A. Suwarni. 2008. Pengolahan Lechaet Terce-mar Pb Sebagai Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan TPA. *Jurnal Penelitian* 8 (1) : 92-97.
- Pramesti, R dan Nirwani. 2007. Studi Organ Reproduksi *Gracilaria gigas* Harvey pada Fase Karposporofit. *Jurnal. Ilmu Kelautan* 12 (2) : 93-96.
- Saktyo. A. H. 2013. Efek Timbal (Pb) dan Biofilter Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) pada Teripang (*Holothuroidea* sp.) Sripsi. Progam Studi Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya. Hal 1-4.
- Saputra, R. 2006. Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri. *Artikel Ilmiah*. Hal 1-8.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara Jakarta Utara. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 14.
- Sofia. 2005. Metal Contamination in Commercially Important Fish and Shrimp Species collected From Aceh (Indonesia), Penang and Perak (Malaysia). Thesis. Universiti Sains Malaysia. Pp 12-14.
- Suganal, 1989. Penggunaan Zeolit Bayah Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating di DKI Jakarta. Direktorat Jenderal Pertambangan Umum. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM), Bandung.
- Sutopo., F.X.R. 1991. Pengkajian Karakteristik Zeolit Cikalong Tasikmalaya dan Pengolahannya dalam Pengolahan Air. Laporan. Teknik Pengolahan no. 143 PPTM. Bandung.
- Trijayanti, R. 2010. Pengaruh Timbal (Pb) pada Udara Jalan Tol Terhadap Gambaran Mikroskopis Hepar dan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah

- Mencit BALB/C Jantan. Artikel Ilmiah. Pendidikan Sarjana Kedokteran. Fakultas Kedokteran. Universitas Diponegoro. Semarang. Hal 1-14.
- Trisunaryati, W. 2009. Zeolit Alam Indonesia Sebagai Absorben dan Katalis dalam Mengatasi Masalah Lingkungan dan Krisis Energi. Pidato. Pengukungan Guru Besar Ilmu Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Hal 1-2.
- Widodo. 2012. Pemanfaatan Zeolit Sebagai penyerap Hg dari Air Sungai Citambal Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya yang Tercemar Pengolahan Emas dengan Metode Amalgasi. Buletin. Geologi Tata Lingkungan 22 (3) : 155 – 168.
- Yamamoto, H. 1978. Systematic and Anatomical Study of the Genus *Gracilaria* in Japan. Journal of Mem. Fac. Fish. Hokkaido University 25 (2) : 98-138.
- Yulianto, B., R. Ariodan A. Triono. 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. Jurnal. Ilmu Kelautan 11 (2) : 72- 78.