

Full Paper

STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA BEBERAPA JENIS KEKERANGAN DARI PERAIRAN PANTAI DI KABUPATEN FLORES TIMUR

STUDY OF HEAVY METAL CONTENT IN BIVALVES IN EAST FLORES

Lisa F. Indriana^{1*} Sutrisno Anggoro² dan Ita Widowati²¹Staff Peneliti UPT Loka Pengembangan Bio Industri Laut
Pusat Penelitian Oseanografi LIPI Mataram²Program Studi Ilmu Kelautan, Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas, Diponegoro Semarang
Penulis untuk korespondensi, E-mail: indria_nalisa@yahoo.com**Abstrak**

Studi kandungan logam berat (Pb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn dan Ag) dilakukan pada beberapa jenis kekerangan di perairan pantai Kabupaten Flores Timur. Kabupaten Flores Timur mempunyai sumberdaya hayati laut yang melimpah, terutama pada ikan dan kekerangan. Dalam rangka mendukung kegiatan biomonitoring lingkungan perairan pesisir dan laut, salah satu kegiatan yang dapat diimplementasikan adalah dengan melakukan penelitian kandungan logam berat pada beberapa jenis kekerangan.

Pengambilan sampel biota dilakukan pada bulan Oktober 2009. Analisis logam berat dilakukan dengan metode ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy*) di Laboratorium Pusat Analisis Université de La Rochelle, Prancis. Logam-logam berat yang diobservasi adalah Pb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn dan Ag. Penelitian ini dilakukan di kawasan mangrove Kabupaten Flores Timur, meliputi, Mulutbahang, dimana ditemukan jenis kerang *Isognomon ehippium*, dan di Lewobunga ditemukan jenis kerang *Crassostrea* sp. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa Zn memiliki kandungan tertinggi dibanding logam-logam berat lain, dimana nilainya masing-masing adalah, 1686,83 µg/g berat kering pada jenis *I. ehippium* dan 703,88 µg/g berat kering pada *Crassostrea* sp. Sedangkan Pb merupakan logam berat dengan kandungan terendah, dengan nilai masing-masing 0,26 µg/g berat kering pada *I. ehippium* dan 0,15 µg/g berat kering pada *Crassostrea* sp.

Kata kunci: logam berat, *Crassostrea* sp., ICP-MS, *Isognomon ehippium*, biomonitoring

Abstract

Study of heavy metal content (Pb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn and Ag) was performed on several species oyster in coastal waters of East Flores District. East Flores District has an abundance of marine biological resources, particularly in fish and oyster. In order to support the biomonitoring of coastal waters and marine environment, one of the action could be implemented, was doing research on heavy metal content of some species oyster. Biota sampling was conducted in October 2009. Heavy metal analysis was done by ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy*) at the Center Laboratory for Analysis of Université de La Rochelle, France. Heavy metals observed were Pb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn and Ag. The research was conducted in mangrove areas of East Flores District, including, Mulutbahang, which found of shellfish species *Isognomon ehippium*, and in Lewobunga, found of shellfish species *Crassostrea* sp. The results showed that Zn had the highest content compared to the other heavy metals, in which the value, respectively was 1686.83 µg/g dry weight in species *I. ehippium* and 703.88 µg/g dry weight in *Crassostrea* sp. Whereas, Pb is the heavy metal with the lowest content, the value respectively was 0.26 µg/g dry weight in *I. ehippium* and 0.15 µg/g dry weight in *Crassostrea* sp.

Key words: biomonitoring, *Crassostrea* sp., heavy metals, ICP-MS, *Isognomon ehippium*

Pengantar

Kabupaten Flores Timur dikenal dengan kabupaten kepulauan karena terdiri dari tiga pulau besar yaitu Pulau Solor, Pulau Adonara dan Pulau Flores serta dikelilingi beberapa pulau kecil lainnya, dimana kondisi

tersebut memberikan potensi sumberdaya perairan yang cukup melimpah. Kabupaten Flores Timur mempunyai luas wilayah laut kurang lebih 4.170,53 km² atau 69% dari luas wilayah keseluruhannya. Meskipun terdapat potensi perairan yang cukup tinggi

akan tetapi perairan wilayah tersebut tidak terlepas dari keberadaan bahan-bahan pencemar yang dapat merusak ekosistem perairan.

Salah satu alternatif untuk mengevaluasi kualitas wilayah perairan adalah dengan melakukan biomonitoring. Metode ini dapat digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi atau tingkat pencemaran logam berat pada ekosistem perairan (Zhou *et al.*, 2008; Tajes *et al.*, 2011). Program biomonitoring didasarkan melalui pengukuran berbagai jenis kontaminan yang terakumulasi dalam organisme laut (Beldi *et al.*, 2006).

Dalam proses biomonitoring diperlukan hewan indikator (bioindikator) untuk mengetahui tingkat kontaminasi logam berat, dimana salah satunya adalah hewan jenis kekerangan.. Bioindikator dapat didefinisikan sebagai spesies yang dapat mengakumulasi logam berat sebagai kontaminan ke dalam jaringan tubuh mereka dan merespon faktor-faktor dari lingkungan yang bersifat ekotoksikologi atau sering disebut bioavailabel (Turkmen *et al.*, 2005; Rainbow, 2006 ; Wagner & Boman, 2004). Menurut Rainbow (1995) bioindikator digunakan untuk menggambarkan spesies yang dapat menunjukkan pengaruh ekologis, monitor biologis dengan menunjukkan tingkat perubahan ekologi pada sifat biologinya, seperti: tingkah laku (behavior), fisiologis atau respon biokimia. Biota yang dapat digunakan sebagai bioindikator salah satunya adalah moluska (bivalvia dan gastropoda) (Zhou *et al.*, 2008).

Penelitian ini menggunakan kerang sebagai salah satu bioindikator dalam kegiatan biomonitoring logam berat di perairan Kabupaten Flores Timur. Beberapa hal yang menyebabkan kerang lebih banyak digunakan untuk biomonitoring antara lain : terdistribusi luas, melimpah, sifat hidup menetap, toleran terhadap perubahan lingkungan, toleran terhadap berbagai kontaminan, biokonsentrasi tinggi, tingkat metabolisme aktivitas enzim rendah, populasi besar dan stabil, berumur panjang, ukuran sesuai dan dapat bertahan hidup untuk penelitian di laboratorium dan di lapangan (Zhou *et al.*, 2008). Kerang biasanya digunakan untuk pemantauan kontaminasi logam berat karena banyak dikonsumsi oleh manusia dan mempunyai jangkauan geografis yang cukup luas (Bat *et al.*, 1999).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kandungan berbagai logam berat (Pb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn dan Ag) pada biota laut kekerangan yang dimanfaatkan sebagai dasar kegiatan biomonitoring di lingkungan perairan pesisir dan laut di Kabupaten

Flores Timur. Manfaat dari penelitian ini adalah memberi informasi tingkat kontaminasi logam berat Pb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn dan Ag pada biota kekerangan di perairan Flores Timur.

Bahan dan Metode

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan November 2009 di lokasi Mulutbahang (untuk kerang jenis *Isoognomon ehippium*) dan Lewobunga (untuk kerang jenis *Crassostrea* sp.) di Kabupaten Flores Timur. Sampel kerang dipisahkan dari cangkangnya dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C, kemudian ditumbuk sampai halus dan homogen. Seluruh sampel, 4 serbuk standar dan 1 serbuk netral ditimbang dengan berat 200-250 gram untuk dilakukan mineralisasi. Tahap mineralisasi dan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Pusat Analisis Université de La Rochelle, Prancis. Setelah ditimbang, pada tahap mineralisasi setiap sampel ditambahkan 2 ml larutan 65% HCl dan 6 ml larutan 70% HNO₃. Tabung sampel ditutup dan didiamkan selama 24 jam dalam suhu ruang sehingga sampel dapat terlarut dengan baik dalam larutan asam. Sampel dipanaskan selama 30 menit sampai suhu mencapai 115°C kemudian dipertahankan selama 15 menit dalam suhu 115°C. Sampel diencerkan dengan menambah air murni H₂O air Mili-Q hingga mencapai volume 50 ml, ditutup dan dikocok dengan baik (Pigeot, 2001). Tahap selanjutnya analisis konsentrasi 13 jenis logam berat menggunakan metode ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy*). Metode ini mempunyai kepekaan memindai kandungan logam berat lebih tinggi dibanding dengan metode lain (Lee & Suh, 2005; Tresher, 1999; Wouilloud *et al.*, 2004), mampu menganalisis unsur dengan kisaran luas dan jangka waktu yang pendek (Dove *et al.*, 1996) dengan tingkat akurasi tinggi (Yang & Swami, 2007).

Data selanjutnya dianalisis menggunakan SPSS 17. Sebelumnya dilakukan verifikasi homogenitas (Levene test) dan normalitas (Kolmogorov-Smirnov test) pada data. Data yang menunjukkan perbedaan secara signifikan di analisis dengan menggunakan one way ANOVA dengan derajat ketelitian P<0,05.

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Umum Wilayah Penelitian

Lokasi perairan Mulutbahang berada pada koordinat 122°57'54" BT dan 8°11'31" LS. Perairan ini merupakan sebuah teluk yang terletak di sebelah timur laut Pulau

Flores berhadapan langsung dengan Laut Flores. Kondisi perairan berarus sangat tenang karena terletak di dalam sebuah teluk, dengan substrat berpasir dan berlumpur serta terdapat bebatuan. Pada sekitar lokasi terdapat hutan mangrove, tetapi tidak terdapat lamun dan rumput laut. Selain itu juga tidak terdapat aktivitas industri dan pemukiman penduduk.

Perairan Lewobunga terletak pada posisi koordinat 122°58'22" BT dan 8°08'39" LS. Lokasi ini terletak di sebelah timur laut Pulau Flores dan langsung berhadapan dengan Laut Flores. Kondisi perairan berarus tenang, dengan substrat di pantai berupa pasir putih kecoklatan, berbatuan dan pecahan karang. Pada sekitar lokasi penelitian terdapat hutan mangrove dengan substrat pasir berlumpur. Selain itu, di wilayah ini juga tidak terdapat pemukiman penduduk dan aktivitas industri.

Konsentrasi Logam Berat pada Kerang

Kerang jenis *I. ehippium* (Linnaeus, 1758) dari Famili Isognomonidae ditemukan di Mulutbahang, dimana kerang ini banyak dikonsumsi oleh penduduk pesisir. Konsentrasi logam berat pada *I. ehippium* di Mulutbahang dapat dilihat pada Gambar 1. Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat pada Zn, dengan nilai 1686,83±52,26 µg/gr berat kering. Sedangkan konsentrasi logam berat terendah ditemukan pada logam berat Pb dengan nilai 0,26±0,03 µg/gr berat kering.

Logam berat Zn dan Fe memiliki kandungan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat lain. Urutan konsentrasi logam berat yang terkandung dalam kerang *I. ehippium* di Mulutbahang adalah Pb

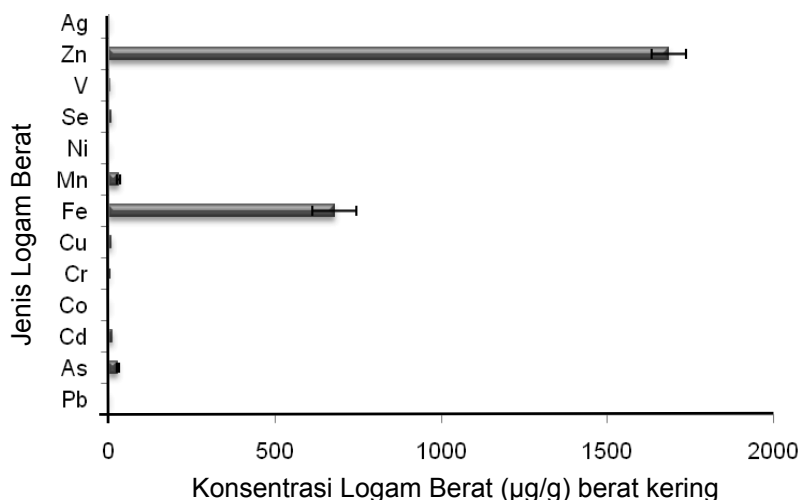
<Co<Cr<Ni<Ag<V<Se<Cu<Cd<As<Mn<Fe<Zn. Hasil serupa juga ditemukan pada jenis kerang yang sama (*I. ehippium*) yang ditemukan di perairan Waiwuring, Kabupaten Flores Timur dengan kandungan logam berat tertinggi terdapat pada Zn dengan nilai 587,03±72,72 µg/gr dan terendah pada Pb sebesar 0,22±0,04 µg/gr (Mrajitha-Putri, 2010, unpublished data).

Kerang jenis *Crassostrea* sp. ditemukan di Lewobunga. Kerang ini banyak digunakan sebagai bioindikator logam berat karena terdistribusi luas dan banyak dibudidayakan (Rainbow, 1995).

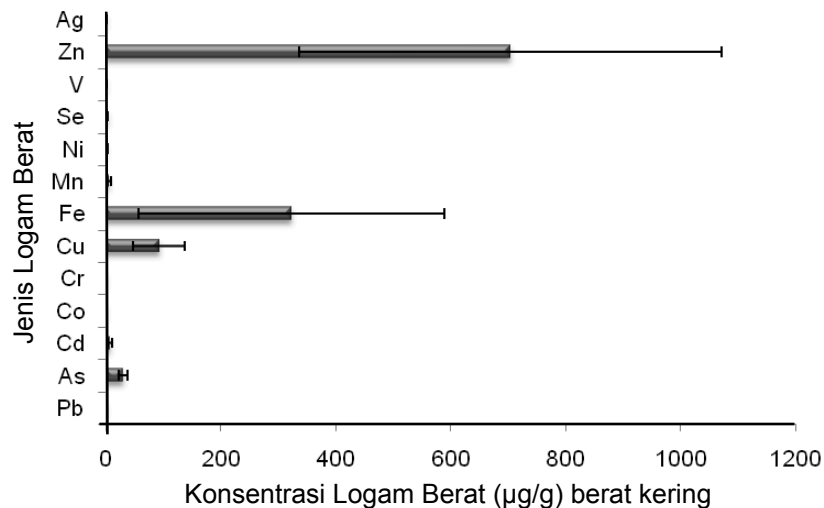
Konsentrasi logam berat pada *Crassostrea* sp. di Lewobunga menunjukkan logam berat Zn ditemukan memiliki kandungan tertinggi dengan nilai 703,88±368,16 µg/gr berat kering. Sedangkan logam berat Pb ditemukan memiliki kandungan terendah dengan nilai 0,15±0,04 µg/gr berat kering (Gambar 2).

Urutan besarnya konsentrasi logam berat pada *Crassostrea* sp. di Lewobunga adalah sebagai berikut Pb<Co<Ag<Cr<V<Ni<Se<Mn<Cd<As<Cu<Fe<Zn (Grafik 2). Logam berat Zn dan Fe terakumulasi relatif lebih tinggi dibandingkan dengan 11 logam berat lainnya. Hasil serupa juga ditemukan pada kerang *Crassostrea* sp. di Waiwuring Kabupaten Flores Timur dengan kandungan logam berat tertinggi terdapat pada Zn dengan nilai sebesar 539,39±377,87 µg/gr berat kering dan terendah pada logam berat Pb dengan nilai 0,22±0,08 µg/gr berat kering (Mrajitha-Putri, 2010, unpublished data).

Berdasarkan analisis kandungan logam-logam berat pada kedua jenis kerang yang ditemukan di



Gambar 1. Konsentrasi 13 logam berat (µg/gr berat kering) pada kerang *I. ehippium* di Mulutbahang.



Gambar 2. Konsentrasi 13 logam berat ($\mu\text{g/g}$ berat kering) pada kerang *Crassostrea* sp. di Lewobunga.

lokasi penelitian, didapatkan hasil logam berat Pb terakumulasi dengan nilai terendah. Menurut Rompas (2010) Pb di perairan alamiah ketersediaannya sangat rendah dan biasanya selalu berikatan dengan bahan organik. Perbedaan akumulasi Pb pada kerang mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis, umur dan kondisi fisik kimia masing-masing perairan.

Berdasarkan analisis kandungan logam-logam berat pada *I. ehippium* di Mulutbahang dan *Crassostrea* sp. di Lewobunga didapatkan hasil konsentrasi logam berat Zn menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan 12 logam berat lainnya. Terdapat beberapa hal yang mendorong terjadinya akumulasi Zn pada organisme antara lain ; Zn terdistribusi lebih luas di beberapa organ dibandingkan logam lain, hal ini karena Zn merupakan aktivator atau katalisator berbagai enzim dalam organ beberapa organisme laut (Howard *et al.*, 2008), menyusun struktur protein dan membran sel, mendukung sistem imunitas tubuh dan aktivitas sel, sintesa protein, metabolisme karbohidrat dan energi (Xing & Chia, 1997; Rompas, 2010) berperan dalam proses metabolisme prostaglandin (Handajani & Widodo, 2010), proses sintesa enzim, proses produksi antibiotik, proses sintesa sitrokom, pengikat nitrogen juga sebagai pereaksi enzim fosfatase, polipeptidasi dan dikarbonsilasi (Setiadi & Soeprianto, 1993), mempertahankan fungsi fisiologis dan homeostatis (Bodar, 2007) dan fungsi biokimia tubuh organisme (Xing & Chia, 1997).

Kadar Zn di kerak bumi sebesar 70 mg/kg berat kering (Rompas, 2010). Zn merupakan elemen penting untuk hewan namun pada konsentrasi tinggi akan

menyebabkan kerusakan struktur tubuh yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serta kelangsungan hidup ikan (Ovie & Ubogu, 2008). Pada umumnya Zn lebih banyak diserap oleh kerang dibanding Pb dan Cd. Organisme perairan memerlukan Zn untuk proses fisiologis sebagai metal kofaktor dalam fisiologis enzim (Marasabessy & Edward, 2002). Zn dan Cd masuk ke dalam tubuh hewan air melalui insang, permukaan tubuh, saluran pencernaan dan menelan partikel makanan yang terkontaminasi (Sanders *et al.*, 1999). Zn bukan senyawa toksik tetapi dalam keadaan sebagai ion dan dosis tinggi dapat berbahaya (Rompas, 2010). Dalam setiap individu kerang hijau, kadar Zn selalu lebih tinggi dibandingkan kadar Cu (Hutagalung & Sutomo, 1995).

Kandungan Fe dalam kerang *I. ehippium* dan *Crassostrea* sp. berada pada posisi kedua tertinggi setelah Zn pada studi ini. Besi (Fe) dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pembentukan hemoglobin (Hutagalung, 1984), 2/3 dari Fe beredar sebagai hemoglobin dan 1/10 nya sebagai mioglobin (Handajani & Widodo, 2010). Meskipun demikian, apabila kadarnya berlebihan akan menimbulkan toksisitas.

Uji statistik menggunakan *one way* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) antara kerang *I. ehippium* di Mulutbahang dan *Crassostrea* Sp. di Lewobunga pada logam berat Pb, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V, Zn dan Ag, sedangkan pada logam berat As, Co dan Cr tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan jenis biota laut mempunyai pola penyerapan logam berat yang tidak sama (Rainbow, 2006).

Pada kedua lokasi penelitian tidak terdapat aktivitas industri dan pemukiman penduduk, adanya konsentrasi logam berat pada biota laut diduga karena adanya sumber alami yaitu keberadaan beberapa gunung berapi di Flores Timur. Di wilayah ini terdapat gunung berapi Ile Mandiri, Ile Ape dan Ile Boleng. Secara alami logam berat masuk ke lingkungan laut melalui laut dalam yang meliputi logam-logam yang dilepaskan gunung berapi di laut dalam dan partikel karena adanya proses kimiawi, masukan dari sungai-sungai dan erosi yang disebabkan oleh gelombang, logam dalam atmosfer yang berbentuk partikel-partikel debu (Connel & Miller, 2006).

Biomonitoring Lingkungan Perairan

Informasi mengenai potensi sumberdaya perairan terutama pada kekerangan di Flores Timur masih sangat terbatas termasuk ekotoksikologi logam berat pada kerang. Pentingnya kajian tersebut mengingat biota kekerangan mempunyai nilai ekonomis dan peran penting dalam keseimbangan ekosistem perairan. Selain itu, menurut (Rainbow, 2002) semua biota akuatik mempunyai kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam berat baik yang bersifat esensial maupun non esensial, meskipun berada pada lingkungan yang sama akan tetapi mempunyai karakteristik, bioavailabilitas dan respon yang berbeda terhadap penyerapan logam berat.

Studi kandungan logam berat di perairan juga mendukung terlaksananya biomonitoring yang merupakan kegiatan monitoring kualitas air secara biologi dengan melihat keberadaan kelompok organisme petunjuk (indikator) yang hidup di dalam air (Rahayu *et al.*, 2009) dengan menganalisis kandungan logam berat pada spesies di beberapa tempat pada lokasi geografis yang berbeda (Rainbow, 1995).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat pada pada logam berat Zn ditemukan pada kerang *I. ephippium* di Mulutbahang dan *Crassostrea* sp. di Lewobunga. Sedangkan konsentrasi terendah pada kedua kerang dan kedua lokasi ditemukan pada logam berat Pb.

Saran

Berdasarkan hasil studi ini maka perlu kiranya dilakukan pengelolaan lingkungan perairan di Kabupaten Flores Timur yang menunjang kelestarian alam terutama dalam rangka konservasi sumberdaya hayati laut. Perlu dilakukan monitoring logam berat secara terpadu dan berkala sehingga dapat

ditentukan upaya yang tepat dalam pengelolaan sumberdaya perairan.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Menteri Pendidikan Nasional yang telah memberikan dukungan melalui Program Beasiswa Unggulan Master Double Degree Bidang Perencanaan dan Pengelolaan Sumberdaya Kelautan Magister Manajemen Sumberdaya Perairan (Universitas Diponegoro), Dr. Gilles Radenac dari Université de La Rochelle, Program CRD La Rochelle-Flores Timur, Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS dan Dr. Ir. Ita Widowati, DEA selaku pembimbing dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian artikel ini.

Daftar Pustaka

- Adamari, R., E. Yusron & A. Syahailatua. 1987. Pengamatan Moluska Terutama Kerang-kerangan di Perairan Passo, Teluk Dalam, Ambon. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 41: 61-66.
- Arbi, U.Y. 2010. Moluska di Pesisir Barat Perairan Selat Lembeh, Kota Bitung, Sulawesi Utara. *Jurnal Bumi Lestari*, (10)1: 60-68.
- Aziz, A., P. Darsono & W. Kastoro. 1980. Penelaahan Epifauna di Daerah Rataan Terumbu Bagian Selatan Pulau Pari, Pulau-Pulau Seribu. *Sumberdaya Hayati Bahari. Rangkuman Beberapa Hasil Penelitian PELITA II*. Lembaga Oseanologi Nasional. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. 43-55.
- Bachok, Z., P.L. Mfilinge & M. Tsuchiya. 2006. Food Sources of Coexisting Suspension Feeding Bivalves as Indicated by Fatty Acid Biomarkers, Subjected to the Bivalves Abundance on a Tidal Flat. *Journal of Sustainability Science and Management*, 1: 92-111.
- Bat, L., A. Gundogdu & M. Ozturk. 1999. Copper, Zinc, Lead and Cadmium Concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 From the Sinop Coast of the Black Sea. *Tr. J. of Zoology*, 23: 321-326.
- Beldi, H., F. Gimbert, S. Maas, R. Scheifler & N. Soltani. 2006. Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *Afr J. Agric. Res.*, (1) 4: 085-090.
- Bigas, M., C.A. Triquet, M. Durfort & M. Poquet. 1997. Sublethal effects of experimental exposure to

- mercury in European flat oyster *Ostrea edulis*: Cell alterations and quantitative analysis of metal. *BioMetals*, 10: 277–284.
- Bodar, C.W.M. 2007. Environmental Risk Limits for Zinc. National Institute for Public Health and the Environment. Bilthoven. The Netherlands. 30 p.
- Carpenter, K.E. & V.H Niem. 1998. FAO Species Identification Guide For Fishery Purposes the Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume I. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.686 p.
- Connell, D.W. & G.J. Miller. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta. 520p.
- Conti, M.E. & G. Cecchetti. 2003. A biomonitoring study: trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas. *Environmental Research*, 93: 99–112.
- Dove, S.G., B.M. Gillanders, & M. J. Kingsford. 1996. An investigation of chronological differences in the position of trace metals in the otoliths of two temperate reef fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*, 205: 15-33.
- Fatuchri, M. 1981. Pertumbuhan Tiram (*Crassostrea* sp.) Di Perairan Gagara Menyan, Pamanukan, Jawa Barat. *Oceanologi Di Indonesia*, 14: 31- 40.
- Gagnaire, B., H. Thomas-Guyon & T. Renault. 2004. In vitro effects of cadmium and mercury on Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), haemocytes. *Fish Shellfish Immunol.*, 16: 501-512.
- Gosling, E. 2003. Bivalve Mollusc Biology, Ecology and Culture. Fishing News Books An imprint of Blackwell Science. 455 p.
- Handajani, H. & W. Widodo. 2010. Nutrisi Ikan. UMM Press. Malang. 271 p.
- Howard, I.C., G.U. Ujagwung & M. Horsfall. 2008. Trace Metals in the Tissues and Shells of *Tympanotonus Fuscatus* var. *Radula* from the Mangrove Swamps of the Bukuma Oil Field, Niger Delta. *Eur. J. Sci. Res.*, (24) 4: 468-476.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. Oseana. Volume IX. (1) 11-20.
- Hutagalung, H.P. & Sutomo. 1995. Kandungan Cu dan Zn dalam Kerang Hijau *Mytilus viridis* (Linn) dari Perairan Teluk Banten. Prosiding SemNas. IV Kimia dalam Industri dan Lingkungan Radisson Plaza Hotel, Yogyakarta.
- Kusnadi, A., T. Triandiza & U. E. Hernawan. 2008. Inventarisasi Jenis dan Potensi Moluska Padang Lamun di Kepulauan Kei Kecil, Maluku Tenggara. *Biodiversitas*, (9)1: 30-34.
- Lee, S.H. & J.K Suh. 2005. Determination of mercury in tuna fish tissue using isotope dilution-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Microchem. J.*, 80: 233– 236.
- Liang, L.N., B. He, G.B. Jiang, D.Y. Chen & Z.W. Yao. 2004. Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Science of the Total Environment*, 324:105–113.
- Maanan, M. 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environ. Pollut*, 153: 176-183.
- Marasabessy, M.D & Edward. 2002. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam beberapa jenis kerang dan ikan di perairan Raha, Pulau Muna Sulawesi Tenggara. Seminar Nasional Perikanan. Sekolah Tinggi Perikanan. Jakarta. 27-28 Agustus.
- Mrajitha-Putri, C.V. 2010. Kandungan Logam Berat pada Beberapa Biota Kekerangan di Kawasan Litoral Pulau Adonara (Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur) dan Aplikasinya dalam Analisis Keamanan Konsumsi Publik. Tesis. Pasca Sarjana Magister Manajemen Sumber Daya Pantai. Universitas Diponegoro. Semarang. (Tidak dipublikasikan).136 p.
- Mukono. 2005. Toksikologi Lingkungan. Airlangga University Press. Surabaya. 318 p.
- Nurjanah, Zulhamsyah & Kustiyariyah. 2005. Kandungan Mineral Dan Proksimat Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diambil Dari Kabupaten Boalemo, Gorontalo. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, (8)1: 15-24.
- Ovie, K.S & E.O. Ubogu. 2008. Sublethal haematological effects of zinc on the freshwater fish, *Heteroclaris* sp. (*Osteichthyes:Clariidae*). *Afr J. Biotech*, 7 (12): 2068-2073.
- Pemkab (Pemerintah Kabupaten) Flores Timur. 2010. <http://www.florestimurkab.go.id>. (diakses bulan Oktober 2010).

- Pigeot, J. 2001. Approche Ecosystemique de la Contamination Métallique du Compartiment Biologique Benthique des Littoraux Charentais : Exemple du Bassin de Marennes-Oleron. Thèse doctorat Université de La Rochelle. 305 p.
- Printakoon, C. & I. Temkin. 2008. Comparative Ecology of Two Parapatric Populations of *Isognomon* (Bivalvia: Isognomonidae) of Kungkranbaen Bay, Thailand. *The Raffles Bulletin of Zoology*, (18) 75:94.
- Rainbow, P.S. 1995. Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 31: 183-192.
- Rainbow, P.S. 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what?. *Environ. Pollut.*, 120: 497-507.
- Rainbow, P.S. 2006. Biomonitoring of Trace Metals in Estuarine and Marine Environments. *Australas J. Ecotoxicol.*, 12: 107-122.
- Razak, H. 1986. Kandungan Logam Berat di Perairan Ujung Watu dan Jepara. *Oseanologi di Indonesia*, 21: 1 – 20.
- Rompas, R.M. 2010. Toksikologi Kelautan. Wakaw Bengkulu. Jakarta Timur. 338 p.
- Sanders, M.J., H.H. Du Preez, & J.H.J. Van Vuren. 1999. Monitoring cadmium and zinc contamination in freshwater systems with the use of the freshwater river crab, *Potamonautes warreni*. *Water SA*, 25 (1).
- Setiadi, S. & B. Soeprianto. 1993. Studi Kasus Pencemaran Logam Berat dalam Ekosistem Pantai Teluk Jakarta dan Banten. Laporan Penelitian Dampak Industri terhadap Ekosistem Pantai. Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Lembaga Penelitian. Universitas Indonesia. 62p.
- Shulkin, V.M., P.B. Presley & V.I. Kavun. 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. *Environ. Int.*, 29: 493-502.
- Supriharyono. 2009. Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 470 p.
- Tajes, J.F., F. Flórez, S. Pereira, T. Rábade, B. Laffon & J. Méndez. 2011. Use of three bivalve species for biomonitoring a polluted estuarine environment. *Environ. Monit. Assess.* 177:289–300
- Thresher, R.E. 1999. Elemental composition of otoliths as a stock delineator in fishes. *Fisheries Research*, 43: 165-204.
- Türkmen, A., M. Türkmen & Y. Tepe. 2005. Biomonitoring of Heavy Metals from Iskenderun Bay Using Two Bivalve Species *Chama pacifica* Broderip, 1834 and *Ostrea stentina* Payraudeau, 1826. *Turkish J. Fish. Aqua. Sci.*, 5: 107-111.
- Wagner, A. & Boman, J. 2004. Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. *Spectrochimica Acta Part B*, 59: 1125-1132.
- Wuilloud, J.C.A., R.G. Wuilloud, A.P. Vonderheide & J.A. Caruso. 2004. Gas chromatography/plasma spectrometry-an important analytical tool for elemental speciation studies. *Spectrochim. Acta Part B*, 59: 755-792.
- Xing, J & F.S. Chia. 1997. Heavy metal accumulation in tissue/organs of a sea cucumber, *Holothuria leucospilota*. *Hydrobiologia*, 352: 17–23.
- Yang, K.X. & K. Swami. 2007. Determination of metals in marine species by microwave digestion and inductively coupled plasma mass spectrometry analysis. *Spectrochim. Acta Part B*, 62: 1177-1181.
- Zhou, Q., J. Zhang, J. Fu, J. Shi, G. Jiang. 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Anal. Chim. Acta.*, 606: 135-150.