

ANALISIS LOGAM BERAT CU DAN PB PADA AIR DAN SEDIMEN DENGAN KERANG HIJAU (*P. VIRIDIS*) DI PERAIRAN MOROSARI KABUPATEN DEMAK

Analysis of Heavy Metal Copper (Cu) and Lead (Pb) on Waters, Sediments and Green Shells (P.viridis) in Morosari Waters of Demak Regency

Suudul Falah, Pujiono Wahyu Purnomo*), Agung suryanto

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email : falahuudul@gmail.com

ABSTRAK

Kawasan perairan Morosari mempunyai jarak yang dekat dengan Teluk Semarang yang dicirikan dengan adanya pelabuhan, kegiatan industri disekitar perairan, irigasi dari kegiatan perkotaan dan limbah kegiatan pertanian. Wilayah ini terindikasi pencemaran logam berat. Kadar logam berat pada perairan dan sedimen dapat dapat berpengaruh pada biota yang hidup di dalamnya terutama *Perna viridis L.* yang dibudidayakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari perairan morosari dan status pada perairan, sedimen dan biota (*P.viridis*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskripsi yang didesain dalam bentuk survey. Data yang diamati adalah logam Cu dan Pb, suhu, salinitas, pH, arus, kedalaman, kecerahan yang diambil dari 3 titik yang berbeda dan dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan di masing-masing titik. Hasil analisis menunjukkan kandungan logam berat pada perairan adalah berkisar antara dari 0,016 - 0,063 mg/l untuk Cu dan 0,224 - 0,351 mg/l untuk Pb, kedua logam tersebut telah melebihi ambang batas aman atau sudah tercemar. Logam berat pada *P.viridis* untuk Cu berkisar antara 3,761 - 30,167 mg/kg sedangkan logam Pb memiliki kisaran nilai 2,790 - 26,667 mg/kg, hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa kandungan logam berat pada kerang hijau bervariasi mulai dari dibawah baku mutu hingga melebihi ambang batas baku mutu.

Kata Kunci : Bioakumulasi , Logam berat, *P.viridis*, Morosari

ABSTRACT

The Morosari waters area has close range to Semarang Bay which is characterized by the harbor, industrial activities around the water, irrigation of urban activities and agricultural waste. This region is indicated by heavy metal contamination. Heavy metal concentrations in waters and sediments can have an effect on the living biota, especially the cultured *Perna viridis L.* This study means to determine the water quality, sediment and green sheal of morosari. The method used in this research is description method designed by survey. The observed data are Cu and Pb metals, temperature, salinity, pH, current, depth, brightness taken from 3 different points and performed 2 repetitions at each. The results showed that the heavy metal content in the waters was in the range of 0.016-0.063 mg/l for Cu and 0.224 0.351 mg/l for Pb, both metals had exceeded the safe or contaminated threshold. Heavy metals in *P.viridis* for Cu ranged from 3.761 30.167 mg / kg whereas metal Pb has a range of values 2,790 26,667 mg/kg, the measurement results show that the heavy metal content in green shells varies from below to exceed the quality standard threshold.

Keywords: Heavy Metals, *P. viridis*, Morosari

*) Penulis penanggungjawab

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan kegiatan industri di Jawa tengah semakin tahun semakin pesat. Perkembangan ini memiliki dampak yang positif bagi kesejahteraan masyarakat misalnya ketersediaan lapangan kerja, kemudahan dalam mendapatkan kebutuhan. Selain dampak positif perkembangan tersebut juga memiliki dampak negatif dengan peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan dapat berupa gas, padat dan cair. Dampak negatif tersebut memberikan tekanan yang besar pada lingkungan ekosistem. Salah satu pesisir yang potensial mendapat tekanan adalah perairan Morosari, Demak. Potensi sumber pencemar di perairan pesisir Morosari adalah adanya pelabuhan Tanjung Mas, sampah domestik, dan muara sungai yang membawa pencemar dari hulu.

Kerang hijau merupakan biota yang termasuk kedalam kelas bivalvia. Kerang hijau bersifat menetap pada suatu substrat di perairan dan mencari makanannya dengan cara menyaring makanan yang berada di perairan (Suryono, 2013). Biasanya kerang hijau dapat dijumpai di perairan laut dangkal dan hidup pada substrat yang keras seperti lempung (bambu), kayu, tali atau batu (Suwignyo *et. al.*, 1998).

Kerang hijau disukai oleh masyarakat sekitar karena rasanya yang enak dan gurih. Selain enak dan gurih, kerang ini juga memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Kerang hijau digemari masyarakat karena memiliki nilai ekonomis,

dan kandungan gizi yang sangat baik untuk dikonsumsi, yaitu terdiri dari 40 % air, 21,9 % protein, 14,5 % lemak, 18,5 % karbohidrat, dan 4,3 % abu (Eshmat *et al.*, 2014).

Menurut Yulianto *et al.* (2006), kandungan Pb di pantai utara Jawa Tengah pada kerang berkisar antara 0,008- 18 mg/kg, kandungan Cu 0,5-186 mg/kg, kandungan Cd berkisar 0,5-3 mg/kg dan untuk kandungan Cr berkisar antara 0,006-4 mg/kg. Berdasarkan data yang ada, menunjukkan bahwa pantai utara Jawa Tengah telah terkontaminasi logam berat yang cukup besar.

Kerang hijau merupakan biota yang bersifat *filter feeder* dan *sessile*, oleh karenanya mutu produk kerang ini sangat dipengaruhi oleh perairan dimana kerang tersebut ditangkap. Menurut Gosling (2004), bahwa hewan uji untuk penelitian seringkali menggunakan kerang sebagai organisme bioindikator. Hal ini disebabkan karena kerang merupakan hewan yang menetap, relatif toleran terhadap perubahan lingkungan, komunitas paling dominan di daerah pesisir dan estuari serta memiliki sebaran yang luas terhadap tempat tinggalnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat deskriptif. Penelitian didesain dalam bentuk penelitian survey, yakni pengamatan untuk mendapatkan data dan informasi dari sejumlah unit atau individu secara factual pada suatu lokasi atau daerah dalam waktu tertentu.

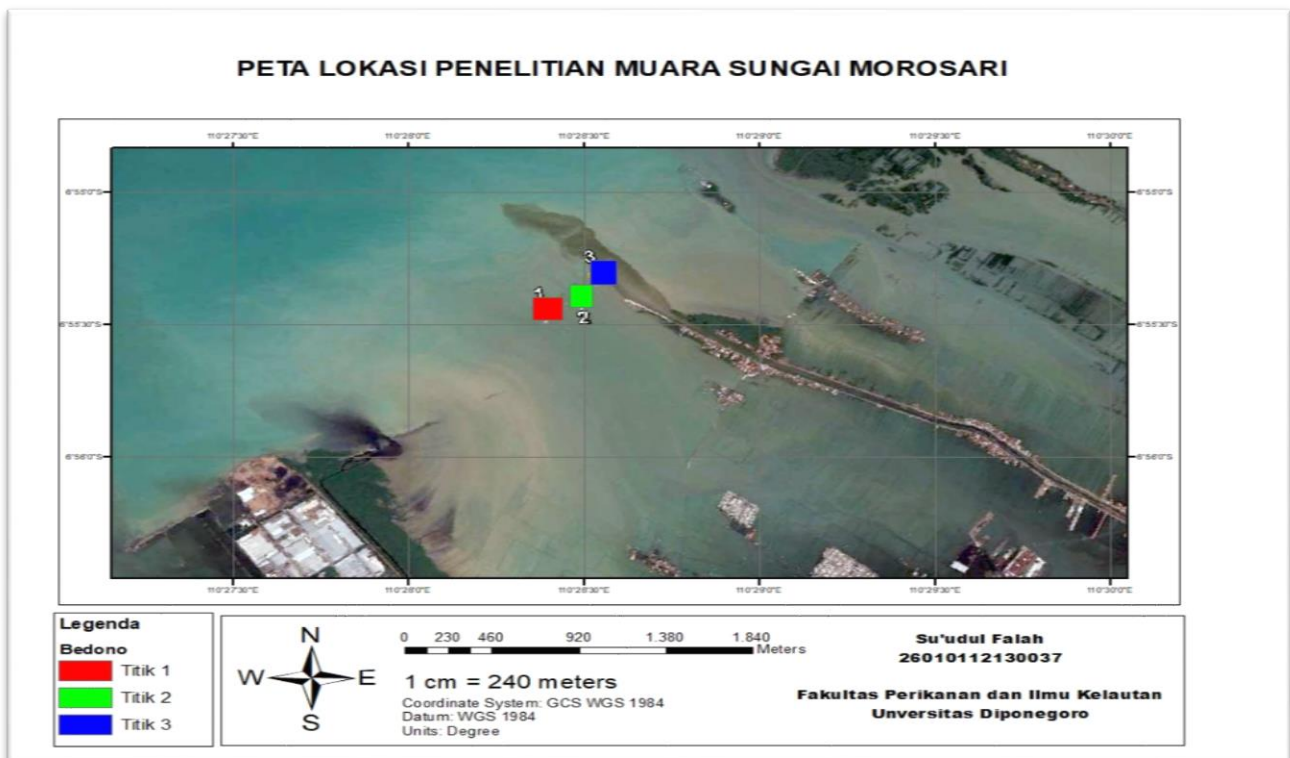
Metode pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Pertimbangan pada pengambilan sampel ini adalah dipilih lokasi-lokasi yang merupakan tempat hidup *Perna viridis* (*shellfish bed*), berdasarkan informasi dari nelayan perairan Morosari, Demak. Pengukuran parameter kualitas air seperti pH, suhu, kecerahan, kedalaman dan arus dilakukan secara *insitu* (Taurusiana *et al.*, 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel kerang hijau di perairan Morosari desa Bedono yang memiliki kedalaman antara 1,9 meter sampai 2.20 meter, berdekatan dengan pemecah ombak yang berada di perairan Morosari (Gambar 1). Kedalaman 2.20 meter pada garis lintang 06°92'54"S dan garis bujur 110°47'54"U terletak di dekat pemecah ombak pertama di sebelah barat wilayah perairan Morosari, kedalaman 2,10 meter terletak pada garis lintang 06°92'46,36"S dan garis bujur 110°47'57,98"U terletak di sebelah timur titik sebelumnya yang berdekatan dengan pemecah ombak kedua dari sebelah barat serta pada kedalaman 1,95 meter pada garis lintang 06°92'29,13"S dan garis bujur 110°47'65,73"U berada di depan muara sungai. Waktu penelitian, cuaca cepat berubah dari mengambil sampel pagi dengan cuaca yang cerah hingga siang hari pengambilan sampel dengan angin yang kencang serta hujan. Meskipun pengambilan sampel pada pagi hari cerah, malam hingga fajar terjadi hujan di daerah laut Morosari dan sekitarnya yang dapat mempengaruhi pengukuran fisika kimia air laut serta hasil tangkapan.



Gambar 1. Peta lokasi sampling

Logam Berat, Fisika dan Kimia

Hasil analisis kadar logam berat Cu dan Pb pada media air, sedimen dan kerang hijau adalah seperti yang tertera pada tabel 1. Sedangkan untuk hasil pengukuran parameter fisika dan kimia adalah seperti yang tertera pada tabel 2.

Kadar logam Cu di perairan laut Morosari berkisar kurang dari 0016 mg/l sampai 0,063 mg/l. Kadar logam Pb memiliki kisaran nilai kurang dari 0,224 mg/l sampai 0,351 mg/l. pada sedimen, Kadar logam Cu di perairan Morosari adalah dengan kisaran <0,001 mg/kg sampai 0,139 mg/kg. Sedangkan pada kadar logam Pb yaitu 1,139 mg/kg sampai 3,079 mg/kg. kerang hijau memiliki kandungan logam berat Cu berkisar antara 3,761 mg/kg sampai 30,167 mg/kg sedangkan untuk logam Pb berkisar antara 2,790 mg/kg sampai 26,667 mg/kg.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Cu dan Pb di Perairan, Sedimen dan Kerang Hijau Morosari Demak

Waktu	Titik I		Titik II		Titik III	
	Cu	Pb	Cu	Pb	Cu	Pb
Pada perairan (mg/L)						
1	0,059	0,224	0,063	0,351	0,041	0,272
2	0,016	0,303	0,028	0,318	0,017	0,258
Pada sedimen (µg/g)						
1	0,030	1,139	0,139	1,683	< 0,001	2,366
2	< 0,001	1,594	< 0,001	3,070	< 0,001	1,881
Pada kerang (µg/g)						
1	12,065	2,790	5,194	11,968	30,167	16,000
2	5,000	12,484	3,761	12,436	11,083	26,667

Tabel 2. Hasil Pengukuran Variabel Kualitas Perairan

Variabel	Satuan	Minggu ke 1			Minggu ke 2			Pembahasan
		Stasiun			Stasiun			
		1	2	3	1	2	3	
Temperature	C	29	29	29	28	28	28	Berdasarkan kaji an
Salinitas	0/00	30	29	29	30	30	29	
Kecerahan	mg/l	2,05	2	1,75	2,10	2	1,80	
pH air	-	8	8	8	8	8	8	
Kedalaman	Meter	2,20	2,10	1,95	2,20	2,10	1,95	
Arus	m/s	0,09	0,07	0,10	0,08	0,08	0,11	

terhadap lingkungan fisika kimia perairan wilayah study, maka dapat dijelaskan sebagaimana uraian berikut. *Temperature* merupakan salah satu parameter fisika yang penting. Perubahan *temperature* di perairan dapat mempengaruhi sifat fisika kimia biologi biota laut serta distribusi logam berat. *Temperature* pada ke 2 periode bekisar antara 28°C - 29°C. Menurut Eshmat *et al.* (2014), menyatakan bahwa *temperature* perairan mempengaruhi proses kelarutan logam berat yang masuk ke perairan. *Temperature* pada stasiun 1, 2, dan 3 pada kedua periode di perairan laut Morosari masih dapat ditoleransi oleh biota karena masih dalam batas baku mutu di dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 yaitu 28 - 32°C.

Riani *et al.* (2017) menyatakan bahwa salinitas air laut tergantung pada musim, topografi, pasang surut, pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan jumlah muatan air tawar. Nilai salinitas dalam 2 waktu yang berbeda ini termasuk dalam kriteria kehidupan kerang hijau menurut FAO (2009), kerang ini dapat bertahan pada salinitas terendah yaitu 14⁰/00 dan yang tertinggi 30⁰/00. Salinitas dapat mempengaruhi kadar logam berat di perairan, bila terjadi penurunan salinitas maka akan menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar (Erlangga, 2007). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian pada perairan laut Morosari berkisar 29⁰/00 - 30⁰/00.

Nilai pH mempengaruhi besar daya larut logam, jika nilai pH basa maka logam berat akan larut dalam perairan dan organisme akan lebih mudah mengabsorpsi logam berat didalam tubuhnya, sedangkan pH rendah (asam) maka logam berat sukar larut dalam perairan dan akhirnya mengendap dalam sedimen (Rochyatun dan Rozak, 2007). Derajat keasaman pada perairan umumnya relatif konstan dan mendekati netral. Hal ini dikarenakan air adalah penyangga kehidupan biota air serta pH akan berubah jika ada pembuangan limbah organik secara terus menerus. pH hasil pengukuran semua stasiun pada kedua pengulangan di perairan laut Morosari adalah 8. Menurut Wulandari (2012), pH memegang kontrol pada kelarutan dan konsentrasi logam berat. Derajat keasamana yang tinggi menyebabkan senyawa logam berat dalam bentuk oksida atau hidroksida yang mengendap ke dasar perairan.

Pengukuran kadar logam berat pada penelitian ini meliputi media air, sedimen dan biota. Biota dalam hal ini adalah kerang hijau. Adapun logam yang diukur adalah Cu dan Pb. Penentuan logam berat Cu dan Pb adalah berdasarkan pada hasil analisis kualitas air (muara) dan air laut Kota Semarang yang disampaikan oleh Sri Wahyuni, SH.MM dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Semarang yang menyatakan bahwa untuk beberapa daerah di Kota Semarang, seperti sungai (hilir) Kota Semarang Wilayah Barat (Banjir Kanal Barat) per Maret 2015 bahwa kandungan Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) memiliki kadar yang cukup tinggi, yaitu 0,0435 mg/l dan < 0,05 mg/l.

Ketiga stasiun pada pengulangan pertama dan kedua memiliki hasil penelitian kadar tembaga yaitu 0,016mg/l (16 µg/l) sampai 0,064 mg/l (64 µg/l) di perairan Laut Morosari, Demak. Hasil yang di dapat ini hamper sama dengan hasil yang didapatkan pada penelitian Azhar *et al.* (2012) yang memiliki hasil 0,07 mg/l sampai 0,14 mg/l di perairan Wedung, Demak. Meskipun terletak sama pada perairan laut utara Jawa Tengah, tetapi memiliki hasil yang cukup jauh berbeda, dikarenakan Kecamatan Wedung terdapat 5,457 ha digunakan sebagai tanah pertanian disamping itu juga terdapat aktivitas dermaga, transportasi nelayan dan pembuatan kapal.

Nilai Cu dan Pb di media air pada pengulangan pertama lebih besar dari pada pengambilan sampel pada pengulangan kedua karena pada saat pengambilan sample di pagi hari kondisi perairan tampak cerah dan cuaca hujan sedang pada pengulangan ke dua. Meskipun memiliki nilai yang kecil tetap perlu diperhatikan, terutama pada kehidupan biota. Darmono (1995) dalam Rajiv (2016), bahwa konsentrasi logam dalam air memiliki hubungan yang erat dengan laju pertumbuhan kandungannya, tetapi hal tersebut tidak menjamin jika kandungan air mewakili kandungan logam berat pada jaringan.

Kadar logam Cu yang berada di perairan dapat dipengaruhi oleh adanya aliran sungai yang membawa pestisida sampai ke muara dan ke laut serta adanya aktivitas pengecatan kapal guna melindungi dari perkaratan, hasil penelitian Clark (1989), menyatakan bahwa logam Cu hadir dalam aktivitas pertanian seperti penyemprotan menggunakan pestisida dan dalam bahan pengawet kayu serta cat anti karat pada lambung kapal. Sedangkan untuk limbah logam Pb Menurut Mukono (1991) Sumber utama limbah timbal adalah gas buangan kendaraan bermotor dan limbah industri. Diperkirakan 65% dari pencemaran udara disebabkan emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor, dimana timbal digunakan sebagai bahan pada bensin.

Data hasil sampling kandungan logam berat Cu dan Pb pada sedimen menunjukkan bahwa terakumulasinya logam Cu dan Pb pada ke 2 pengulangan sampling tidak terlalu jauh berbeda. Nilai kandungan logam berat Pb pada perairan lebih besar daripada kandungan pada perairan, sedangkan untuk logam Cu kandungannya lebih rendah. Hal ini dipengaruhi beberapa factor seperti lama waktu akumulasi, faktor fisika, kimia, maupun biologi. Banyaknya kadar logam berat disebabkan sifat akumulatif dengan jangka waktu yang lama dan terus menerus pada sedimen yang mempunyai sifat relatif menetap, tidak bergerak pada daerah estuaria di lokasi penelitian (Suprpti, 2008). Selain itu cepat lambatnya arus akan mempengaruhi laju persebaran logam berat di perairan. Arus yang kuat cenderung logam beratnya rendah, hal ini karena logam berat akan cepat terdistribusi merata (Mukhtasor, 2007).

logam berat tembaga dan timbal pada sedimen di perairan Morosari, bila dibandingkan dengan standar baku mutu sedimen menurut SEPA (2000) [Pb 25 ppm ; Cu 15 ppm] OSPAR (2000) [Pb 50 ppm ; Cu 50 ppm] dan NOAA (1999) [Pb 46,7 ppm ; Cu 34 ppm], kandungan logam berat Cu dan Pb di perairan Morosari Demak masih berada di bawah ambang batas maksimum dari baku mutu yang telah ditetapkan, namun harus terus dipantau perkembangannya di masa yang akan datang.

Tembaga dan timbal pada jaringan lunak kerang hijau jauh lebih besar dari kadar yang terdapat pada sedimen dan perairan. Kadar timbal tersebut juga telah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan di dalam makanan kerang. Kadar maksimum yang ada di dalam makanan kerang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan (POM) No. 03725/B/SK/VII/89 adalah 20,0 mg/kg untuk tembaga dan 2,0 mg/kg untuk timbal. Menurut Emma (2015), Hal tersebut disebabkan karena kerang dapat mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya. Sifat hidupnya yang menetap (*sessil*) dan memperoleh makanan dengan cara menyaring makanan (*filter feeder*), mengakibatkan kerang dapat menyerap logam berat di kolom air dan sedimen melalui proses makan-memakan. Kerang cenderung mengakumulasi logam berat selama hidupnya. Hal ini dipengaruhi oleh proses fisiologis dari dalam tubuh kerang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar logam Cu di perairan laut Morosari berkisar dari 0,016 mg/l sampai 0,063 mg/l. Kadar logam Pb memiliki kisaran nilai kurang dari 0,224 mg/l sampai 0,351 mg/l. Kadar tersebut telah melampaui baku mutu yang di tetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 tahun 2004;
2. Kadar logam Cu pada sedimen memiliki nilai berkisar antara <0,001 mg/kg sampai 0,139 mg/kg. Sedangkan kadar logam berat Pb pada sedimen berkisar antara 1,139 mg/kg hingga 3,070 mg/kg. Kandungan logam berat pada sedimen di wilayah perairan morosari tergolong rendah atau masih di bawah baku mutu;
3. Kadar logam Cu pada kerang hijau di perairan Laut Morosari adalah 3,761 mg/kg sampai 30,167 mg/kg. Sedangkan pada logam Pb memiliki kisaran nilai 2,790 mg/kg sampai 26,667 mg/kg. Kerang hijau telah tercemari oleh logam berat pada perairan Morosari;

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Prof. Dr. Ir. Djoko suprpto, DEA., Churun Ain., S. Pi., M.Si., yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang sangat berarti bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, H., I. Widowati dan J. Suprijanto. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Sumping (*Amusium pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak serta Analisis *Maksimum Tolerable Intake* pada Manusia. *Journal of Marine Research.*, 1(2): 35-44 2012.
- Clark, R.B. 1989. *Marine pollution*. Oxford: Clarendon Press, England.
- Effendi. H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius, 249 hlm.
- Erlangga. 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau terhadap Ikan Baung (Hemibagrusnemurus)*. [Tesis]. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 80 hal.
- Eshmat M.E. 2004. *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (Perna viridis L.) Di Perairan Ngemboh Kabupaten Gresik Jawa Timur*. Gresik. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.
- FAO/WHO. 2004. *Summary of Evaluations Performed by The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956-2003)* ILSI Press International Life Science Institute, Washington.
- Gosling, E. 2004. *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Great Britain:MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall. 443 p.
- Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Keputusan No. 02/MNKLH/I/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta, 1988.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan laut*, Penerbit PT. Pradnya Paramitha, Jakarta. 332 hlm.
- Mukono, J.K.; Sugijanto, H.; dan Laksmiawati, E. 1991. *Laporan Penelitian Status Kesehatan dan Kadar Pb (timah hitam) darah pada karyawan SPBU di Jawa Timur*. Surabaya: Lembaga penelitian Universitas Airlangga Surabaya.
- Rajiv, A, 2016. *Analisis Biomagnifikasi Logam Berat Pb dan Cd di Perairan Tambak Lorok Semarang*. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang. 51 hlm.
- Ramlal PS 1987. *Mercury Methylation Dimethylation Studies at Southern India Lake*. Canada : Minister of supply and serveces.
- Rochyatun, E. dan A. Rozak. 2007. *Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta*. *Makara, Sains.*, XI(1): 28-36.
- Suprpti, N. H. 2008. *Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen dan Kerang Darah (Anadara granosa) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah*. *Bioma.*, X(2) :36-40.
- Suryono, A.C. 2013. *Filtrasi kerang hijau Perna viridis terhadap microalgae pada media terkontaminasi logam berat*. *Buletin Oseanografi Marina*. Vol. 2 : 41-47.
- Suwignyo, S., Bambang, W., Yusli, W., Majariana, K. 1998. *Avertebrata untuk mahasiswa perikanan*. Jilid II. Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor
- WHO/FAO/IAEA, (1996), *Trace Elements in Human Nutrition and Health*. World Health Organization, Geneva.
- Wulandari, S.Y., B. Yulianto, G.W. Santosa dan K. Suwartimah. 2009. *Kandungan Logam Berat Hg dan Cd dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (Anadara granosa) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN)*. *Ilmu Kelautan.*, XIV(3): 170-175.
- Yulianto, B. 2006. *Penelitian Tingkat Pencemaran Logam Berat di Pantai Utara Jawa Tengah*. Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah.