

Pemanfaatan Kitosan Udang Putih (*Lithopannaeus vannamei*) sebagai Bioabsorben Logam berat Timbal (Pb) pada Daging kerang Tahu di Muara Sungai Gunung Anyar

Utilization of Chitosan White Shrimp (Lithopannaeus vannamei) as Bioabsorben of Heavy metals Lead (Pb) in Flesh of Clam (Meretrix sp.) from Gunung Anyar Estuary

Tito Riswanda*, Fida Rachmadiarti, Sunu Kuntjoro

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: titorizwanda@rocketmail.com

ABSTRAK

Kerang tahu merupakan salah satu biota perairan yang banyak dikonsumsi masyarakat dan menjadi bioindikator yang baik terhadap pencemaran logam berat di perairan, terutama Pb. Kerang tahu banyak mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya, sehingga berbahaya jika dikonsumsi manusia secara langsung. Kitosan merupakan salah satu protein yang dapat menurunkan kadar logam berat Pb pada kerang tahu. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan konsentrasi kitosan yang terbaik dengan lama perendaman paling efektif dalam menurunkan kadar logam berat pada kerang tahu. Desain penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi dan lama perendaman. Setiap faktor perlakuan dilakukan 3 perlakuan dan 4 pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi dan lama perendaman kitosan udang putih berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar logam berat Pb pada daging kerang tahu. Perlakuan konsentrasi terbaik, yaitu pada konsentrasi 2,0%. Untuk perlakuan perendaman yang paling efektif, yaitu selama 3 jam. Namun faktor perlakuan konsentrasi dan lama perendaman tidak berkorelasi nyata terhadap penurunan kadar logam berat pada kerang tahu.

Kata kunci: Muara Gunung Anyar; kerang tahu; kitosan; logam berat Pb.

ABSTRACT

Clams is one of the widely consumed aquatic biota and a good bioindicator of heavy metal pollution in waters, especially Pb. Clams accumulate a lot of heavy metals in the body, so that its harmful if consumed by humans directly. Chitosan is one of the proteins that can reduce levels of heavy metals Pb in clams. The purpose of this research is to obtain the best concentration of chitosan with the most effective soaking time in decreasing the levels of heavy metals in the clams. The design of this research used Completely Randomized Design (CRD) with two treatment factors, namely concentration and soaking time. Each treatment factors was done 3 treatments and 4 repetitions. The results showed concentration and soaking time white shrimp chitosan had significant effect on decreasing levels of heavy metals Pb in clams. The concentration of 2.0% and soaking time of 3 hours was the best concentration and the most effective time. But the concentration and soaking time was not significantly correlated to decrease levels of heavy metals in the clams.

Key words: Gunung Anyar Estuary; Meretrix sp.; heavy metals Pb; chitosan

PENDAHULUAN

Menurut BLH (2010), bahan pencemar yang berasal dari berbagai kegiatan industri, pertanian, rumah tangga di daratan akhirnya dapat menimbulkan dampak negatif bukan saja pada perairan sungai tetapi juga perairan pesisir dan lautan. Muara Gunung Anyar merupakan muara yang memiliki luas cukup besar terdiri dari berbagai hulu sungai yang menyatu di bagian wilayah timur Surabaya, yaitu Sungai Berbek, Sungai Gunung Anyar dan Sungai Kebon Agung. Sungai Kebon Agung, Gunung Anyar dan Sungai

Brebek merupakan sungai yang telah banyak melewati lingkungan industri seperti; Sungai Kebon Agung melintasi kawasan Surabaya Industri Estate Rungkut (SIER), Sungai Gunung Anyar melintasi kawasan Berbek Industri dan sebagian Rungkut Industri, dan Sungai Berbek melintasi beberapa industri pelapisan logam dan Sentra Industri Logam Waru (SILOW). Lingkungan industri tersebut dikhawatirkan memberikan pengaruh buruk, akibat buangan limbah yang dibuang ke dalam badan sungai.

Pencemaran logam pada biota di perairan pantai, tergantung dari kandungan logam yang terbawa oleh aliran sungai yang bermuara pada daerah tersebut dan logam yang ada pada sedimen lautnya (Sumiyani, 2006). Menurut Kristanto (2002), perairan sering tercemar oleh berbagai komponen anorganik diantaranya berbagai jenis logam berat berbahaya. Logam berat berbahaya sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsen (As), cadmium (Cd), kromium (Cr), dan nikel (Ni).

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, kadar logam berat Pb pada air muara Gunung Anyar didapatkan hasil sebesar 0,162 ppm. Hasil tersebut melebihi ambang batas Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yang telah di ralat pada Nomor 179 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, dimana baku mutu air laut untuk biota air laut kandungan Pb pada perairan laut adalah sebesar 0,008 mg/l. Logam berat dalam perairan akan mengalami proses pengendapan dan menyebabkan kadar logam berat pada sedimen lebih tinggi. Berdasarkan hasil uji pendahuluan, kadar logam berat Pb pada sedimen dasar muara didapatkan hasil sebesar 0,713 ppm. Hal ini dikhawatirkan akan terjadi secara kontinu sehingga mencemari berat Muara Gunung Anyar yang mana masih difungsikan sebagai kegiatan perikanan, pariwisata dan kegiatan sehari-hari oleh masyarakat.

Dalam lingkungan perairan ada tiga media yang dapat dipakai sebagai indikator pencemaran logam berat, yaitu air, sedimen dan organisme hidup. Pemakaian Organisme hidup sebagai indikator pencemaran inilah yang disebut bio-indikator (Hutagalung, 1984). Kerang dapat mengakumulasi logam berat lebih besar daripada hewan air lainnya karena sifatnya yang menetap, lambat untuk merespon pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu. Karena itu jenis kerang ini merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitor suatu pencemaran lingkungan (Darmono, 2001). Salah satu kerang yang mudah terpapar logam berat di muara Gunung Anyar adalah kerang tahu (*Meretrix* sp.). Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan pada kerang tahu di Muara Gunung Anyar terpapar Pb sebesar 0,313 mg/l, sedangkan kerang tahu banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh organisme, dan mengendap dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Palar, 1994). Jika jumlah dari logam berat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah berlebih, maka akan

berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh, karena umumnya masyarakat mengkonsumsi kerang tahu dengan jumlah yang tidak sedikit.

Kitosan adalah hasil deasetilasi kitin, merupakan suatu polimer yang bersifat polikationik. Keberadaan gugus hidroksil dan amino sepanjang rantai polimer mengakibatkan kitosan sangat efektif mengadsorpsi kation ion logam berat maupun kation dari zat-zat organik (protein dan lemak) (Tao Lee, dkk., 2001 dalam Sanjaya dan Yuanita, 2007). Kitosan dan turunannya telah banyak dimanfaatkan secara komersial dalam industri pangan, kosmetika, pertanian, farmasi, pengolahan limbah dan penjernihan air (Ningsih, 2010).

Oleh karena itu, aplikasi kitosan dalam mengurangi masuknya logam Pb ke dalam daging kerang tahu yang dikonsumsi, dengan cara perendaman dengan larutan kitosan yang berasal dari limbah cangkang udang putih akan dapat menjaga dan meningkatkan mutu serta kualitas daging kerang tahu. Sekaligus sebagai pemanfaatan limbah cangkang udang putih (*Lithopenaeus vannamei*). Selain itu kitosan yang diaplikasikan memiliki kemampuan dalam mempertahankan bentuk fisik makanan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan yaitu perbedaan konsentrasi (1,0%, 1,5% dan 2,0%) dan lama perendaman (120 menit, 180 menit dan 240 menit). Setiap perlakuan dilakukan dengan 4 kali pengulangan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Juli tahun 2014. Sampel kerang tahu (*Meretrix* sp.) diambil dari muara daerah Gunung Anyar, Surabaya. Untuk pemberian perlakuan dilakukan di Laboratorium Ekologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Surabaya (UNESA), sedangkan analisis kadar logam Pb dilakukan di Laboratorium jurusan Kimia FMIPA UNESA.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, gelas kimia (50 ml), gelas ukur (10 ml), oven, kantong plastik, *blender*, timbangan analitik, pipet tetes, cawan porselen, *hot plate*, cawan petri, gunting/pisau, saringan, kertas label, dan *magneticstirrer*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cangkang udang putih, kerang tahu (*Meretrix* sp.), asam pekat HNO₃, aquades, NaOH 3,5 %, HCL 1,25 N, dan asam asetat.

Bahan baku kitosan berupa cangkang udang putih. Cangkang udang putih (*Lithopenaeus vannamei*) yang telah dibersihkan dan kering,

kemudian dihaluskan dengan *blender*. Selanjutnya cangkang udang yang telah halus direndam dalam NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:10, lalu dipanaskan pada suhu 65°C selama 2 jam sambil terus diaduk menggunakan pengaduk magnetik (tahap deproteinasi). Setelah perendaman kepala udang dicuci dengan air sampai netral, dan direndam kembali dalam HCl 1,25N (1:15 b/v) selama 1 jam pada suhu kamar (tahap demineralisasi). Kepala udang yang sudah ditiriskan direndam kembali dalam NaOH 50% (tahap deasetilasi) selama 48 jam pada suhu kamar kemudian dicuci dengan air sampai netral. Setiap tahapan selesai dibilas dengan aquades sebanyak 2-3 kali. Kemudian disaring, dikeringkan, dan residu netral ini dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 65^\circ\text{C}$ selama 24 jam.

Kerang tahu yang didapat dari Sungai Gunung Anyar dibersihkan dan dilepas dari cangkangnya, kemudian diberi perlakuan berbagai konsentrasi dan lama perendaman sesuai dengan desain percobaan. Kadar logam berat timbal (Pb) diuji untuk mengetahui pengaruh

konsentrasi larutan kitosan terhadap penurunan kadar logam berat Pb dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Sebelum dilakukan uji AAS, sampel terlebih dahulu dilakukan tahap destruksi.

Data yang diperoleh adalah kadar akhir logam berat pada daging kerang tahu setelah perlakuan, selanjutnya dilakukan uji normalitas dan homogenitas. Kemudian dilakukan analisis menggunakan analisis varian (ANOVA) dua arah dan dapat dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan diantara perlakuan.

HASIL

Berdasarkan perhitungan, maka diperoleh derajat deasetilasi kitosan adalah 58,02%. Meski kitosan yang umumnya beredar di pasaran memiliki derajat deasetilasi 70-90%, namun kitosan yang dihasilkan dari penelitian ini menurut Yuliusman dan Adelina (2010) telah memenuhi spesifikasi derajat deasetilasi minimum karena lebih besar dari 50%.

Tabel 1. Rerata hasil kadar logam berat Pb pada daging kerang tahu setelah perlakuan

Ulangan	K	Perlakuan 2 jam			Perlakuan 3 jam			Perlakuan 4 jam		
		Aa	Ba	Ca	Ab	Bb	Cb	Ac	Bc	Cc
Rerata	0.2159 ^a	0.1110 ^b	0.0996 ^{b,c}	0.0903 ^{b,c}	0.1071 ^b	0.0618 ^{c,d}	0.0455 ^d	0.1090 ^b	0.0659 ^{c,d}	0.0780 ^{b,c,d}
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.05888	0.00599	0.01600	0.01488	0.00818	0.01224	0.01986	0.04421	0.00593	0.00682
Baku mutu	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg	1,5 mg/kg

*Notasi yang berbeda (a,b,c) pada kolom yang sama menunjukkan bahwa perlakuan memberikan hasil yang berbeda nyata ($P < 0.05$) terhadap setiap perlakuan.

Keterangan :

A = Kitosan dengan konsentrasi 1,0%; B = Kitosan dengan konsentrasi 1,5%; C = Kitosan dengan konsentrasi 2,0%; a = Lama waktu perendaman 120 menit; b = Lama waktu perendaman 180 menit; c = Lama waktu perendaman 240 menit; K = Kontrol

Kadar logam berat Pb pada daging kerang tahu sebelum diberi perlakuan perendaman adalah 0.2159 mg/kg (Tabel 1). Sementara nilai ambang batas maksimum cemaran logam berat Pb dalam pangan untuk kekerangan (bivalve), moluska dan teripang yang diizinkan dan direkomendasikan oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia pada SNI 7387-2009 adalah 1,5 mg/kg. Dengan demikian hasil olahan daging kerang tahu (*Meretrix* sp.) yang berasal dari perairan muara Gunung Anyar untuk hasil olahan bahan pangan tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan dan aman untuk dikonsumsi.

Berdasarkan Uji Anava dua arah diketahui bahwa konsentrasi kitosan memberikan pengaruh terhadap penurunan atau kadar akhir logam berat Pb, sedangkan pada waktu lama perendaman

diperoleh keputusan yaitu waktu lama perendaman memberikan pengaruh terhadap penurunan atau kadar akhir logam berat Pb. Pada Uji Anava dua arah juga menunjukkan interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman, yang menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi dan lama perendaman kitosan terhadap penurunan kadar logam berat Pb pada daging kerang tahu tidak memberikan pengaruh.

Setelah uji Anava dua arah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap penurunan kadar logam berat Pb pada daging kerang tahu, maka dilanjutkan dengan uji Duncan yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Duncan Konsentrasi terhadap Kadar Akhir Logam berat Pb

Perlakuan Konsentrasi	Notasi
0 %	0,2159 ^a
1 %	0,1090 ^b
1,5%	0,0757 ^c
2 %	0,0712 ^c

*Notasi yang berbeda (a,b,c) pada kolom yang sama menunjukkan bahwa perlakuan memberikan hasil yang berbeda nyata ($P < 0.05$) terhadap setiap perlakuan.

Berdasarkan Tabel 2, diketahui kontrol berbeda nyata terhadap semua perlakuan, sedangkan perendaman dengan konsentrasi 1 % juga berbeda nyata terhadap konsentrasi 1,5 % dan 2 %. Pada perendaman dengan konsentrasi 1,5 % dan 2 % tidak berbeda nyata.

Tabel 3 menunjukkan kontrol berbeda nyata terhadap semua perlakuan. Untuk perlakuan 2 jam dan 3 jam berbeda nyata. Sedangkan pada perlakuan 4 jam tidak menunjukkan beda nyata terhadap perlakuan 2 jam dan 3 jam. Untuk perlakuan dengan konsentrasi terbaik, yaitu 3 jam. Hasil tersebut menunjukkan pada perlakuan 4 jam tidak berpengaruh secara optimum.

Nilai K (kontrol) berbeda nyata dengan nilai perlakuan. Sedangkan kombinasi konsentrasi dan lama perendaman kitosan yang menunjukkan penurunan paling tinggi adalah Cb (konsentrasi kitosan 2,0% dan lama perendaman 3 jam) (Tabel 4).

Tabel 3. Uji Duncan Lama Perendaman terhadap Kadar Akhir Logam berat Pb

Perlakuan Perendaman	Notasi
0 jam	0,2159 ^a
2 jam	0,1003 ^b
3 jam	0,0715 ^c
4 jam	0,0843 ^{b,c}

*Notasi yang berbeda (a,b,c) pada kolom yang sama menunjukkan bahwa perlakuan memberikan hasil yang berbeda nyata ($P < 0.05$) terhadap setiap perlakuan.

Tabel 4. Uji Duncan interaksi lama perendaman dan konsentrasi terhadap kadar akhir Logam berat Pb

Kombinasi Perlakuan	Notasi
K	0,2159 ^a
Aa	0,1110 ^b
Ac	0,1090 ^b
Ab	0,1071 ^b
Ba	0,0996 ^{b,c}
Ca	0,0903 ^{b,c}
Cc	0,0780 ^{b,c,d}
Bc	0,0659 ^{c,d}
Bb	0,0618 ^{c,d}
Cb	0,0455 ^d

*Notasi yang berbeda (a,b,c) pada kolom yang sama menunjukkan bahwa perlakuan memberikan hasil yang berbeda nyata ($P < 0.05$) terhadap setiap perlakuan.

PEMBAHASAN

Kerang tahu (*Meretrix* sp.) yang diambil dari Muara Gunung Anyar memiliki kadar logam berat Pb rata-rata sebesar 0.2159 mg/kg. Hasil tersebut menunjukkan kadar logam berat Pb tidak melebihi standar baku mutu SNI 7387-2009 yaitu 1.5 mg/kg, sehingga aman untuk dikonsumsi. Namun ada baiknya jika kadar logam berat Pb dikurangi. Karena logam berat Pb memiliki sifat mengikat pada protein, karbohidrat dan lemak. Sehingga logam berat Pb dapat menetap dalam jaringan dan menimbulkan toksisitas pada tubuh, akibat akumulasi yang melebihi ambang batas. Air asin (kadar garam tinggi) memiliki masa jenis lebih besar dari pada air tawar, menyebabkan air asin di muara yang berada di lapisan dasar. Sementara kerang tahu hidup di sedentari didasar muara. Pada kadar garam yang semakin tinggi, daya toksisitas logam semakin menurun. Kelarutan dari bentuk persenyawaan logam ini cenderung stabil (Palar, 1994).

Menurut Hirano (1986) dalam Meriatna (2008) kemampuan kitosan sebagai adsorben logam-logam berat karena adanya sifat-sifat kitosan yang dihubungkan dengan gugus amino dan hidroksil yang terikat, sehingga menyebabkan kitosan mempunyai reaktivitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat polielektrolit kation.

Akibatnya kitosan dapat berperan sebagai penukar ion (*ion exchanger*) dan dapat berperan sebagai adsorben terhadap logam berat Pb. Gugus amino merupakan kation yang mampu berikatan dengan logam berat Pb. Gugus amino sebagai *chelating agent* akan mengikat logam berat Pb yang terdapat pada daging kerang tahu. Sehingga gugus amino pada larutan kitosan akan mengikat logam yang terdapat pada daging kerang tahu. Logam berat Pb yang terikat dengan gugus amino (NH_2) akan membentuk $\text{Pb}(\text{NH}_2)_2$, yang mana pada kondisi tersebut logam berat Pb bersifat stabil. Sehingga sifat toksik logam berat Pb akan berkurang. Menurut Negm and Hanan (2010), menyebutkan jika sifat elektronegatif pada logam berat menyebabkan peningkatan serapan terhadap kitosan.

Menurut Darmono (1995), pada setiap keseimbangan ion logam dan protein, ion logam berkompetisi dengan hidrogen untuk tempat ikatannya. Sehingga dalam suatu kesetimbangan, ikatan logam dengan protein sangat berkurang dalam suasana asam. Selain itu logam yang terikat pada lemak akan ikut luruh dengan lemak. Karena lemak akan luruh dan membentuk emulsi yang halus dan larut pada suasana asam (Setiawan dkk., 2012).

Konsentrasi kitosan berpengaruh terhadap penurunan logam berat Pb. Karena semakin besar jumlah yang diberikan, maka semakin tinggi pula jumlah gugus amino (NH_2) yang mampu mengikat kadar logam berat Pb. Ini dapat dilihat pada konsentrasi 1,0%, 1,5% dan 2,0%. Pada berbagai perlakuan lama waktu perendaman, menunjukkan jika konsentrasi berpengaruh berbanding lurus terhadap penurunan kadar logam berat Pb. Pada konsentrasi 1,0% dengan lama perendaman 120 menit, 180 menit dan 240 menit berturut-turut menunjukkan hasil 48.593%, 53.848% dan 58.166%. Pada konsentrasi 1,5% dengan lama perendaman 120 menit, 180 menit dan 240 menit berturut-turut menunjukkan hasil 50.376%, 71.385% dan 78.909%. Pada konsentrasi 2,0% dengan lama perendaman 120 menit, 180 menit dan 240 menit berturut-turut menunjukkan hasil 49.519%, 69.487%, dan 63.861%.

Lama perendaman merupakan lama kontak larutan kitosan dengan daging kerang tahu. Lama perendaman memberikan waktu gugus amino dalam mengikat logam Pb. Semakin lama waktu perendaman daging kerang tahu dengan larutan kitosan, maka semakin banyak kadar ion logam berat yang diikat gugus amino. Namun berdasarkan hasil penelitian menunjukkan jika pada lama perendaman 180 menit (3 jam) lebih efektif dibandingkan 120 menit (2 jam) dan 240

menit (4 jam). Hal ini terjadi karena larutan kitosan mencapai titik optimum pada lama perendaman selama 180 menit (3 jam) sehingga setelah mencapai titik tersebut daya serap larutan kitosan mengalami penurunan. Kondisi optimum dapat terjadi karena gugus amino sudah melampaui ambang batas penyerapan logam berat, Hal ini disebabkan kandungan kitosan dengan waktu lama menyebabkan kekentalan (viskositas) larutan kitosan yang tinggi. Viskositas yang tinggi menyebabkan kemampuan kitosan untuk masuk ke jaringan daging kerang tahu terhambat. Viskositas yang tinggi diakibatkan gaya kohesi antara molekul zat dan kohesi akan bertambah seiring bertambahnya berat molekul. Viskositas menyebabkan potensial air larutan kitosan rendah, sehingga cairan pada jaringan kerang tahu yang keluar, bukan sebaliknya dan menyebabkan molekul NH_2 tidak dapat berikatan dengan logam berat Pb. Sehingga kemampuan mengikat logam berkurang dan terjadi pelepasan ikatan logam berat Pb, yang menyebabkan menurunnya hasil.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Murtini dkk. (2004), perlakuan yang direkomendasikan untuk penurunan logam berat pada kerang hijau adalah dengan merendamnya dalam larutan kitosan 1,5% selama 3 jam. Hasil penelitian terbukti menunjukkan kesesuaian waktu yaitu penurunan kadar logam berat Pb yang dapat menurunkan kadar logam berat Pb pada kerang tahu paling tinggi adalah larutan kitosan pada konsentrasi 2,0% dengan lama perendaman selama 180 menit (3 jam) yaitu sebesar 78,909%.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi dan lama perendaman kitosan udang putih berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar logam berat Pb pada daging kerang tahu. Perlakuan konsentrasi terbaik, yaitu 2,0%. Untuk perlakuan perendaman terbaik, yaitu 3 jam. Tetapi konsentrasi dan lama perendaman tidak berkorelasi nyata terhadap penurunan kadar logam berat pada kerang tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandy KR, Herawati EY, dan Suprayitno E, 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi Pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1): 15-25.
- BLH.2010. Pengendalian Pencemaran Kawasan Pantai dan Pesisir 2010. (Online) (<http://lh.surabaya.go.id>) diakses pada tanggal 17 November 2013.

- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Darmono, 2001. *Lingkungan dan Pencemaran (hubungan dengan toksikologi senyawa logam)*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Hutagalung HP, 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Oseana*. 9(1) : 11-20.
- Kristanto P, 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: ANDI.
- Mariatna, 2008. Penggunaan Membran Kitosan untuk menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Tesis* dipublikasikan. USU e-Repository 2008 :Universitas Sumatera Utara.
- Murtini JT, Hedi IY, dan Sugiyono, 2004. Upaya Pengurangan Cemar Logam Berat pada Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*) dengan Larutan Kitosan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 10(3).
- Murtini JT, dan Rosmawaty P, 2006. Kandungan Logam berat pada Kerang Kepah (*Meritrix meritrix*) dan air laut di perairan Banjarmasin. *Jurnal Perikanan*. 8(2): 177-184.
- Murtini JT, Ahmad DK, dan Eko ND, 2008. Pengaruh Waktu Perendaman dan Konsentrasi Karboksimetil Kitosan untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Hg, Cd, Dan Pb pada Kerang Hijau (*Perna viridis* Linn). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 3(1).
- Negm NA, Hanan EA, 2010. Modification of heavy metal uptake efficiency by modified chitosan/anionic surfactant systems. *Journal Inter Science*. 10: 218-224.
- Palar H, 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sanjaya I, Leny Y, 2007. Adsorpsi Pb (II) oleh Kitosan Hasil Isolasi Kitin Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla* sp). *Jurnal Ilmu Dasar*. 8(1): 30-36.
- Sumiyani R, Soediatmoko S, dan Atiek M, 2006. Kadar Logam Berat Biota Pantai Kenjeran Surabaya Dibandingkan Biota dari Taman Nasional Baluran dan Pangerungan Madura. *Symposium*. Diseminarkan pada Seminar Nasional ke-3 tanggal 30 November - 1 Desember 2006 di Jakarta.
- Setiawan TS, Fida R, Raharjo, 2012. The Effectiveness of Various Types of Orange (*Citrus* sp.) to the Reduction of Pb (Lead) and Cd (Cadmium) Heavy Metals Concentration on White Shrimp (*Panaeus marginensis*). *Jurnal Lenterabio*. 1(1):35-40.