

Analisis Timbal dalam Kerang Hijau, Kerang Bulu, dan Sedimen di Teluk Jakarta

Emma Emawati¹, Rahmad Aprianto¹, Ida Musfiroh²

¹Sekolah Tinggi Farmasi Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

²Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia

Abstrak

Timbal merupakan logam berat yang dihasilkan dari limbah industri dan ditemukan dalam perairan. Timbal dalam jumlah kecil tidak berbahaya bagi manusia namun jika jumlahnya melampaui batas dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat timbal dalam kerang hijau, kerang bulu, dan sedimen di perairan Teluk Jakarta. Metode yang digunakan adalah Spektrofotometri Serapan Atom, meliputi validasi metode analisis yang terdiri atas penetapan linieritas, batas deteksi dan batas kuantitasi, akurasi dan presisi, serta analisis kadar timbal pada sampel. Hasil penelitian menunjukkan nilai linieritas 0,9971, batas deteksi 0,04 µg/g, batas kuantitasi 0,14 µg/g, akurasi untuk sampel kerang dan sedimen berturut-turut adalah 99,66% dan 87,64%, nilai koefisien variasi untuk sampel kerang dan sedimen berturut-turut adalah 0,64% dan 1,07%. Hasil analisis kadar timbal dalam kerang hijau adalah 13,98±1,924 µg/g, kerang bulu adalah 33,64±4,66 µg/g, dan sedimen adalah 28,6720±1,06 µg/g. Hasil analisis kadar timbal dalam sampel menunjukkan bahwa kandungan timbal berada di atas ambang batas yang ditetapkan oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan No.HK.00.06.1.52.4011 yaitu 1,5 µg/g.

Kata kunci: Kerang, sedimen, spektrofotometri serapan atom, timbal

Lead Analysis in Green Shellfish, Feather Shellfish, and Sediment in Jakarta Bay

Abstract

Lead is a heavy metal that produced from industrial waste and found in the waters. Lead in trace amounts is not harmful to humans, but if the amount exceeds the limit it may lead to acute and chronic poisoning. The purpose of this study was to determine the content of Lead in green shellfish, feather shellfish, and sediment. The method used is Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), which includes validation includes linearity determination, the limit of detection and limits of quantitation, accuracy and precision, and analysis of lead in the sample. The results showed that linearity 0.9971, the limit of detection 0.04 µg/g, the limit of quantitation 0.14 µg/g, accuracy of shellfish and sediment samples respectively are 99.66% and 87.64%, coefficient of variation of shellfish and sediment samples respectively are 0.64% and 1.07%. Result of analysis of lead in green shellfish is 13.98±1.92 µg/g, feather shellfish is 33.64±4.66 µg/g, and the sediment is 28.67±1.06 µg/g. Results of the analysis of the samples show that lead levels content is above the permissible limit of 1.5 µg/g set by *Badan Pengawasan Obat dan Makanan* No.HK.00.06.1.52.4011.

Keywords: Atomic absorption spectrophotometry, lead, sediment, shellfish

Pendahuluan

Potensi sumber daya alam laut yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein untuk kehidupan manusia adalah kerang laut. Kerang laut banyak ditemukan di sekitar perairan pantai, dekat muara sungai atau sekitar hutan mangrove.¹

Kerang laut sebagai sumber bahan makanan cukup banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, terutama bagi yang hidup di sekitar pesisir perairan pantai. Bagian kerang yang dapat dimakan adalah seluruh bagian dagingnya termasuk alat pencernaan makanan. Kerang dimanfaatkan sebagai pengganti daging, unggas, telur, dan lain-lain.¹ Daging kerang merupakan sumber protein yang bermutu tinggi, setara dengan sumber protein hewani lainnya.¹

Kerang merupakan organisme yang hidup dengan cara menyaring makanan (*filter feeders*), terhadap material yang tersuspensi di perairan atau dari sedimen.¹ Mereka hanya sedikit bergerak, maka akan terpengaruh oleh adanya logam berat yang ada di sekitarnya dan dapat masuk dalam tubuh kerang tersebut.¹ Berberapa jenis biota laut seperti kerang hijau (*Perna viridis* L.) dan juga kerang bulu (*Anadara inflanta* R.) memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan karena populasinya cukup besar di perairan Indonesia.²

Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan. Peningkatan kadar logam berat dalam perairan akan disertai dengan peningkatan logam berat dalam tubuh kerang dan biota lainnya. Sehingga pencemaran perairan oleh logam berat dapat mengakibatkan kerang yang hidup di dalamnya tercemar. Pemanfaatan kerang sebagai makanan akan membahayakan kesehatan.³ Logam berat seperti timbal dalam tubuh manusia dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan penyakit anemia serta dapat menghambat aktivitas pada beberapa enzim spermatozoa.^{4,5}

Teluk Jakarta adalah badan air terakhir yang menampung limbah dari industri di

Jakarta dan sekitarnya yang membuang limbah secara langsung maupun melalui sungai-sungai yang bermuara ke Teluk. Kadar logam berat dalam air di Teluk Jakarta sudah tergolong tinggi, bahkan di beberapa lokasi seperti Muara Angke dan Muara Dadap memiliki kadar logam berat yang cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah industri di Jakarta.⁶

Berdasarkan survei awal yang telah dilakukan terhadap pedagang di Kota Bandung, dua jenis kerang yang banyak beredar di pasar Kota Bandung yakni kerang hijau dan kerang bulu sebagian besar bersumber dari perairan Teluk Jakarta. Berdasarkan SNI No. 789:2009 mengenai batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan, dan batas maksimum untuk timbal adalah 1,5 ppm.⁷

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan analisis kandungan logam berat timbal dalam kerang hijau (*Perna viridis* L.), kerang bulu (*Anadara inflanta* R.), dan sedimen di perairan Tanjung Kait, Teluk Jakarta.

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, neraca analitik, oven, labu ukur, pipet tetes, pipet mikro, pipet volume, perangkat *microwave digestion*, dan perangkat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Bahan-bahan yang digunakan di dalam penelitian antara lain kerang hijau, kerang bulu, sedimen, timbal nitrat p.a., asam nitrat p.a, hidrogen peroksida, asam klorida p.a, dan aqua DM (demineralisasi). Waktu pengambilan sampel yaitu pada tanggal 28 Februari 2015.

Sampel yang digunakan adalah kerang hijau, kerang bulu, serta sedimen dari perairan Tanjung Kait, Teluk Jakarta. Sampel sedimen diambil dengan cara *grab*. Sampel yang terkumpul dimasukkan ke dalam botol polietilen, didinginkan dalam *box es*.

Kerang hijau dan kerang bulu terlebih dahulu dipisahkan dari cangkangnya, lalu

diambil jaringan lunaknya, dicuci dengan air hingga bersih, lalu dihaluskan dengan *blender* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40–50 °C selama 2 hari.

Sedimen terlebih dahulu dibersihkan dari pengotornya, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Sampel yang sudah dikeringkan lalu digerus dalam mortar.

Sampel kerang hijau dan kerang bulu yang telah kering ditimbang sebanyak 0,3 g dan dimasukkan dalam *vessel* kemudian ditambahkan dengan asam nitrat pekat dan hidrogen peroksida. *Vessel* dimasukkan ke *High Performance Microwave Digestion System* dan didestruksi pada suhu 180 °C selama 30 menit.⁸

Sampel sedimen kering ditimbang sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam *vessel*, lalu ditambahkan asam nitrat pekat dan asam klorida. Setelah itu, *vessel* dimasukkan ke dalam *High Performance Microwave Digestion System* kemudian didestruksi pada suhu 190 °C selama 30 menit.⁸

Hasil destruksi yang telah dingin lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan dicukupkan volumenya dengan asam nitrat. Larutan disaring dalam botol vial 25 mL menggunakan membran filter. Filtrat digunakan sebagai larutan sampel adisi.

Pembuatan larutan asam nitrat 0,1 N dilakukan dengan cara sebanyak 7 mL asam nitrat 65% dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL lalu ditambahkan aqua DM sampai tanda batas.

Pembuatan larutan baku timbal 1000 ppm dilakukan dengan cara sebanyak 0,01598 mg timbal nitrat dilarutkan dengan asam nitrat hingga tanda batas dalam labu ukur 10 mL.

Kurva kalibrasi larutan standar timbal dibuat dengan cara, larutan baku timbal (1000 ppm) dipipet sebanyak 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan dicukupkan hingga tanda batas dengan asam nitrat, dikocok hingga homogen (larutan induk baku I, konsentrasi larutan baku 100 ppm). Dari larutan baku 100 ppm

masing-masing dipipet 10; 30; 50; 70; 90; 110; dan 130 µL lalu dimasukkan dalam labu ukur 10 mL, diencerkan dengan asam nitrat hingga 10 mL sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; dan 1,3 ppm, kemudian serapan dari masing-masing konsentrasi diukur pada panjang gelombang 283,3 nm.

Penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi dilakukan dengan pembuatan satu seri larutan timbal dengan konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; dan 1,3 ppm. Diukur serapan masing-masing konsentrasi dengan panjang gelombang 283,3 nm. Batas deteksi dan batas kuantitasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Simpangan Baku (SB)} &= \frac{\sqrt{\sum(y - y')^2}}{n - 2} \\ \text{Batas deteksi (LOD)} &= \frac{3 \times SD}{\text{Slope}} \\ \text{Batas kuantitasi (LOQ)} &= \frac{10 \times SD}{\text{Slope}} \end{aligned}$$

Penentuan linieritas dilakukan dengan cara pembuatan satu seri larutan timbal dengan konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; dan 1,3 ppm. Diukur serapan masing-masing konsentrasi dengan panjang gelombang 283,3 nm. Penentuan linieritas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\begin{aligned} S_{y/x} &= \frac{\sqrt{\sum(y - y')^2}}{n - 2} \\ S_{x0} &= \frac{S_{y/x}}{b} \\ V_{x0} &= \frac{S_{x0}}{X} \end{aligned}$$

Uji keseksamaan atau presisi diukur sebagai simpangan baku relatif atau koefisien variasi. Keseksamaan atau presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual saat suatu metode dilakukan secara berulang untuk sampel yang homogen. Nilai dari koefisien variasi yang memenuhi syarat menunjukkan adanya keseksamaan metode yang dilakukan. Koefisien variasi (KV) yang dilakukan. Koefisien variasi (KV) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$KV = \frac{SD}{X} \times 100\%$$

X adalah kadar rata-rata sampel, SD adalah standar deviasi, dan KV adalah koefisien variasi.

Uji perolehan kembali dilakukan dengan metode adisi (penambahan baku), dengan cara sejumlah larutan standar dengan konsentrasi tertentu ditambahkan pada sampel yang diperiksa, lalu dianalisis. Persen perolehan kembali didapatkan dengan menentukan berapa persen analit yang ditambahkan dapat ditemukan.

Larutan dari sampel kerang dipipet sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar 0,7 ppm dan ditambahkan asam nitrat hingga tanda batas. Dilakukan sebanyak 6 kali, diukur absorbansinya dengan SSA pada panjang gelombang 283,3 nm.

Larutan sampel sedimen sebanyak 1 mL dipipet, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan dengan larutan standar 1,3 ppm dan ditepatkan dengan HNO₃ hingga tanda batas. Dilakukan sebanyak 6 kali, lalu diukur serapannya dengan SSA pada panjang gelombang 283,3 nm.

Pemilihan konsentrasi standar untuk metode standar adisi untuk sampel kerang menggunakan konsentrasi standar 0,7 ppm. Kadar logam timbal di dalam sampel kerang sangat kecil, konsentrasi standar yang dipilih adalah berada di tengah, untuk melihat apakah dengan konsentrasi yang relatif besar masih memberikan persen perolehan kembali dan koefisien variasi berada di dalam rentang yang telah ditentukan. Sampel sedimen menggunakan konsentrasi standar 1,3 ppm karena kadar logam timbal cukup tinggi maka dipilih

konsentrasi yang terakhir, untuk melihat apakah dengan konsentrasi yang besar masih dapat memberikan persen perolehan kembali dan koefisien variasi berada dalam rentang yang telah ditentukan.

Persen perolehan kembali dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Perolehan kembali} = \frac{CF - CA}{C^*A} \times 100\%$$

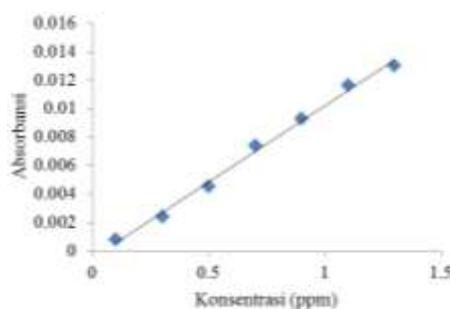
CA merupakan kadar logam dalam sampel sebelum penambahan baku, CF merupakan kadar logam di dalam sampel setelah penambahan baku, dan C*A adalah kadar larutan baku yang ditambahkan.

Sampel kerang hasil dari destruksi dimasukkan dalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan asam nitrat sampai tanda batas, kemudian disaring dengan membran filter, lalu diukur pada panjang gelombang 283,3 nm dengan SSA. Kadar timbal ($\mu\text{g/g}$) dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{(\text{konsentrasi } (\mu\text{g/mL}) \times F_p \times \text{Volume (mL)})}{\text{berat sampel (g)}}$$

Hasil

Hasil analisis kurva kalibrasi larutan timbal dapat ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan persamaan di dalam kurva kalibrasi, dapat ditentukan batas deteksi dan batas kuantitasi. Hasil penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi timbal dapat dilihat pada Tabel 1. Koefisien variasi menunjukkan nilai presisi. Hasil penentuan KV dan persen perolehan kembali dapat dilihat pada Tabel 2. Penentuan kadar timbal dalam sampel kerang hijau, kerang bulu, serta sedimen dianalisis dengan menggunakan SSA. Hasil penentuan kadar



Gambar 1 Kurva Kalibrasi Larutan Timbal

Tabel 1 Hasil Penentuan Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi Timbal

Konsentrasi (bpj)	Absorbansi (y)	(y')	(y-y') ²
0,1	0,0008	0,0006	4,0 x 10 ⁻⁸
0,3	0,0024	0,0027	9,0 x 10 ⁻⁸
0,5	0,0045	0,0049	1,6 x 10 ⁻⁷
0,7	0,0074	0,0070	1,6 x 10 ⁻⁷
0,9	0,0093	0,0091	4,0 x 10 ⁻⁸
1,1	0,0116	0,0113	9,0 x 10 ⁻⁸
1,3	0,0130	0,0134	1,6 x 10 ⁻⁷
	$\Sigma(y-y')$		1,06 x 10 ⁻⁷
	(Sy/x)		1,456 x 10 ⁻⁴
	LOD		0,04 µg/g
	LOQ		0,14 µg/g

timbal pada sampel-sampel tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Pembahasan

Kurva kalibrasi diperoleh dari suatu persamaan garis linier yaitu $y=0,010679x-0,000475$. Persamaan tersebut memiliki koefisien korelasi (r) yang mendekati 1, yakni 0,9971. Nilai $r \geq 0,95$ menunjukkan adanya korelasi yang menyatakan adanya hubungan antara X (konsentrasi) dan Y (absorbansi). Hal ini memiliki arti bahwa persamaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai atau kadar sampel.

Penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi dengan menggunakan data dari kurva kalibrasi larutan baku timbal dengan mencari simpangan baku residual (Sy/x). Batas deteksi yang diperoleh adalah 0,04 µg/g dan batas kuantitasi 0,14 µg/g. Batas deteksi yang diperoleh menunjukkan kadar analit terkecil dalam sampel yang dapat terdeteksi dan batas kuantitasi merupakan kadar analit terkecil yang dapat diukur secara kuantitatif.

Uji perolehan kembali (*recovery*) dilakukan dengan metode penambahan baku adisi, yakni menambahkan sejumlah larutan baku timbal ke dalam sampel. Uji *recovery* ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi metode yang dilakukan dengan hasil yang sebenarnya. Konsentrasi standar yang ditambahkan dalam penelitian ini sebesar 0,7 µg/g untuk sampel kerang, untuk sampel sedimen sebesar 1,3 µg/g. Hasil yang telah diperoleh dari pengukuran

dengan menggunakan SSA dikurangi dengan konsentrasi sampel yang tidak ditambahkan dengan standar. Selisih yang didapatkan lalu dibandingkan dengan konsentrasi standar yang ditambahkan ke dalam sampel. Hasil uji perolehan kembali dikatakan memenuhi syarat jika berada dalam rentang 80–110% untuk konsentrasi analit di dalam matriks sampel sebesar 1 ppm.⁹ Hasil pengukuran dari konsentrasi sampel adisi dapat digunakan dalam pengujian presisi. Presisi dapat dinyatakan sebagai tingkat keterulangan konsentrasi pada saat pengukuran dalam beberapa kali pengulangan. Nilai presisi ditunjukkan dengan koefisien variasi (KV) yang memenuhi syarat jika nilainya $\leq 2\%$.

Berdasarkan hasil penentuan *recovery* dan KV dapat dilihat bahwa presisi dan *recovery* telah memenuhi syarat di mana nilai KV yang diperoleh $< 2\%$ yaitu 0,64 dan 1,07 µg/g untuk penetapan kadar Pb masing-masing dalam kerang dan sedimen. Nilai *recovery* berada di dalam rentang 99,00–100,33% untuk 88,60–89,32 µg/g.

Penentuan kadar timbal pada sampel dilakukan triplo (tiga kali). Setelah sampel didestruksi, kadar timbal dalam sampel dianalisis menggunakan SSA, lalu dihitung menggunakan persamaan garis linier dari kurva kalibrasi standar masing-masing serapan hingga didapat konsentrasi regresi unsur.

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata kadar timbal dalam sampel yang dilakukan 3 kali pengulangan yaitu kerang hijau $13,98 \pm 1,92$ (µg/g) serta kerang bulu $33,64 \pm 4,662$

Tabel 2 Hasil Penentuan KV dan Persen Perolehan Kembali

Sampel	Kadar yang ditambahkan (ppm)	SD	%Perolehan kembali	KV (%)
Kerang	0,7	0,01	99,00	0,64
	0,7		100,33	
	0,7		99,00	
	0,7		100,33	
	0,7		99,00	
	0,7		100,33	
Sedimen	1,3	0,01	88,60	1,07
	1,3		87,15	
	1,3		86,44	
	1,3		87,15	
	1,3		87,15	
	1,3		89,32	

($\mu\text{g/g}$). Kadar timbal tersebut melebihi batas maksimum yang diperbolehkan di dalam makanan kerang. Kadar maksimum timbal yang ada di dalam makanan kerang telah ditetapkan oleh BPOM No. HK. 00.06.1.52.4011 adalah $1,5 \mu\text{g/g}$. 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.

Proses metabolisme akan mengubah setiap bahan bersifat racun (logam berat) yang masuk, sehingga akan mempengaruhi daya racun atau toksisitas bahan tersebut (logam berat). Logam berat yang telah mengalami biotransformasi dan tidak dapat dieksresikan oleh tubuh umumnya akan

tersimpan di dalam organ-organ seperti, hepatopankreas, ginjal, dan gonad.

Kandungan logam berat timbal dalam sedimen lebih besar yakni $28,67 \pm 1,06$ ($\mu\text{g/g}$). Hal ini diduga karena pengaruh masukan dari sungai yang bermuara di Perairan Tanjung Kait, Teluk Jakarta yang membawa limbah-limbah logam berat dan bergantung pada konsentrasi logam-logam yang terbuang ke sungai hingga mencapai Perairan Tanjung Kait, Teluk Jakarta. Limbah logam berat ini diduga berasal dari limbah industri dan limbah rumah tangga. Selain itu dipengaruhi adanya laju proses pengendapan (sedimentasi) yang dialami logam berat, menunjukkan bahwa sedimen merupakan tempat proses akumulasi logam berat di sekitar perairan laut.

Kadar logam berat yang terdapat dalam sedimen yang tidak terkontaminasi paling rendah adalah sebesar 0,01 ppm, dapat dikatakan bahwa perairan Teluk Jakarta ini telah terkontaminasi oleh timbal. Dalam waktu yang lama, kontaminasi tersebut

Tabel 3 Hasil Penentuan Kadar Timbal pada Sampel

Sampel	Kadar yang diperoleh ($\mu\text{g/g}$)	SD
Kerang hijau	12,2835	1,92
	13,5873	
	16,070	
Kerang bulu	37,8344	4,66
	34,4572	
	28,6199	
Sedimen	27,7987	1,06
	28,3607	
	29,8567	

dapat menimbulkan akumulasi pada dasar perairan.^{9,10} Hal ini ditunjukkan tingginya kadar logam berat timbal berdasarkan pada penelitian terhadap biota laut jenis kerang yakni kerang hijau dan kerang bulu sudah melebihi batas maksimum yang diizinkan dalam makanan kerang.

Simpulan

Sedimen di Perairan Tanjung Kait (Teluk Jakarta) telah terkontaminasi oleh logam berat timbal. Kadar timbal dalam kerang bulu lebih tinggi dibandingkan dengan kerang hijau. Tingkat akumulasi logam Pb pada kerang bulu lebih tinggi dari kerang hijau. Kadar timbal yang terdapat di dalam kerang bulu (*Anadara inflanta* R.) adalah $33,64 \pm 4,66$ ($\mu\text{g/g}$) dan kerang hijau (*Perna viridis* L.) adalah $13,98 \pm 1,92$. Hasil tersebut sudah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan oleh BPOM No. HK. 00.06.1.52.4011, yaitu 1,5 $\mu\text{g/g}$.

Daftar Pustaka

1. Jalaludin MN, Ambeng. Analisis logam berat (Pb, Cd, dan Cr) pada kerang laut (*Hiatula chinensis*, *Anadara granosa*, dan *Marcia optima*). Jurnal Jurusan Kimia FMIPA Unhas. 2005; 6(2):17–18.
2. Suryono CA. Kecepatan filtrasi kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap *Skeletonema* sp. pada media tercemar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Jurnal Jurusan Ilmu Kelautan. 2006;11(3):153–157.
3. Purnomo T, Muchyiddin. Analisis kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk) di tambak Kecamatan Gresik. Jurnal Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. 2007;68–70.
4. European Food Safety Authority (EFSA). scientific opinion on lead in food. EFSA Journal. 2010;8(4):62–67.
5. Sarosiek B, Pietruszewicz M, Radziwoniuk J, Glogowski J. The effect of copper, zinc, mercury and cadmium on some sperm enzyme activities in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). 2009;9(3):295–301.
6. Rochyatun E, Rozak A. Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta. MAKARA, SAINS. 2007;11(1):28–36.
7. Standar Nasional Indonesia Nomor 7387. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan; 2009.
8. Dewi DC, Fauziyah B, Suryadinata A, Annisa D, Afifah N. Optimasi metode penentuan kadar logam tembaga dan timbal dalam gula pasir secara spektrofotometri serapan atom dengan destruksi *microwave digestion*. Alchemy. 2013; 2(2):118–125.
9. Eka N, Astuti, Retno S, Rohman, A. Validation and quantitative analysis of cadmium and lead in snake fruit by flame atomic absorption spectrophotometry. International Food Research Journal. 2012;19(3):937–940.
10. Kamaruzzaman BY, Ong MC, Rina SZ, Joseph B. Level of some heavy metals in fishes from Pahang river estuary, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Science. 2010;10:157–1161.