

Full Paper**KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA KERANG KEPAH (*Meritrix meritrix*) DAN AIR LAUT DI PERAIRAN BANJARMASIN****HEAVY METAL CONTENT OF HARD CLAM (*Meritrix meritrix*) AND SEAWATER IN BANJARMASIN WATERS**Jovita Tri Murtini^{*)} dan Rosmawaty Peranginangin^{*)}**Abstract**

Studies on heavy metal content of *Meritrix meritrix* and surrounding waters as well as the quality of Banjarmasin waters were done. Observation was carried out in June, August and October 2003 at 6 sampling points, 3 stations were 1 mile while 3 others were 2 miles from coastal line. Distance between stations was approximately 1 mile. The samples collected from each station were hard clam (*Meritrix meritrix*), sea water and sediment. Heavy metals content, Hg, As, Cd, Cu and Pb, in hard clam and mercury content in sea water and sediment were analyzed by atomic absorption spectrophotometer (AAS). The result showed that Hg content of Banjarmasin waters in June, August and October 2003 were 6.05, 3.17, and 4.91 ppb, respectively, indicated that Banjarmasin waters had been polluted by mercury. Whereas the hard clam in Banjarmasin waters contained Hg (1.91 ppb), As (0.88 ppb), Cd (0.22 ppb), Cu (0.46 ppb), and Pb (0.32 ppb) which were still under the maximum concentration for consumable clam.

Key words: heavy metal, *Meritrix meritrix*, waters quality, Banjarmasin waters**Pengantar**

Wilayah pesisir merupakan daerah perikanan yang penting karena tingginya kandungan zat hara yang dibawa aliran sungai. Selain bahan yang bermanfaat, logam berat yang dibuang dan masuk ke perairan dapat mempengaruhi kualitas lingkungan perairan dan mengakibatkan terganggunya ekosistem. Pencemaran logam berat pada perairan merupakan salah satu pencemaran yang dapat membahayakan baik organisme maupun manusia yang mengkonsumsi organisme tercemar (Murtini *et al.*, 2004).

Sungai Barito adalah sungai yang hilirnya ada di Kalimantan Selatan dan hulunya ada di Kalimantan Tengah yang terdapat penambang emas berjumlah ribuan dan air sungai ini digunakan untuk kebutuhan hidup bagi sebagian penduduk di sekitar

sungai. Sungai Barito dan Sungai Kahayan adalah sungai besar yang hulunya di Kalimantan Tengah. Kedua sungai ini diduga telah mengalami pencemaran logam berat terutama merkuri. Berdasarkan penelitian pada tahun 2002, kadar merkuri (Hg) air sungai Kahayan sudah mencapai 5 ppb yang berarti telah melewati ambang batas yang telah ditentukan (1 ppb). Sedangkan kadar Hg pada sedimen sudah mencapai 0,789 ppm yang berarti sudah di atas ambang batas 0,350 ppm. Adapun kandungan merkuri dari ikan baung yang hidup di Sungai Kahayan telah mencapai 0,676 ppm. Jumlah ini juga melampaui ambang batas untuk konsumsi yaitu 0,5 ppm (Sodikin, 2003). Penelitian serupa belum pernah dilakukan di Sungai Barito. Oleh sebab itu perlu adanya penelitian mengenai kandungan logam berat di muara Sungai Barito.

^{*)} Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan (PRPPSE-KP), Jl. K.S. Tubun, Petamburan VI Jakarta 10260

^{*)} Penulis untuk korespondensi: E-mail: bbrppb@yahoo.co.id

Kualitas dan keamanan konsumsi produk-produk perikanan merupakan hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan. Penyebab tidak amannya suatu produk untuk dikonsumsi adalah akibat adanya senyawa/bahan kimia, mikroorganisme dan cemaran fisik yang berbahaya yang tidak dikehendaki keberadaannya atau jumlahnya melebihi ketentuan yang telah ditetapkan (Irianto & Poernomo, 2000).

Pada daerah perairan berdekatan dengan industri berat diduga tingkat pencemarannya lebih tinggi dibandingkan dengan perairan yang tidak berdekatan dengan industri berat. Hal ini disebabkan senyawa logam berat banyak digunakan dalam industri sebagai bahan baku, katalisator, fungisida maupun bahan tambahan (*additives*) lainnya (Hutagalung, 1984). Menurut FDA *cit.* Anonim (1998), selain merkuri (Hg), jenis logam berat yang merupakan senyawa yang membahayakan kesehatan antara lain timbal (Pb), kadmium (Cd), arsen (As), kromium (Cr) dan nikel (Ni). Berdasarkan tingkat toksisitasnya logam berat berturut-turut adalah Hg, Cd, Pb, As, Cu dan Zn yang bersifat toksik tinggi.

Merkuri (Hg) bersifat volatil, larut dalam air dan lemak (Kerby, 1991 *cit.* Fajri, 2001). Limbah Hg, terutama dalam bentuk metil merkuri, jika masuk dalam tubuh manusia akan merusak otak, ginjal dan sebagainya. Logam berat dalam jumlah tertentu dapat bersifat toksik terhadap organisme hidup. Radikal metil merkuri sangat stabil dan lambat untuk diekskresikan yang dapat memberikan efek neurotoksik yang parah. Logam berat terutama merkuri merupakan bahan cemaran yang perlu diwaspadai karena dapat menimbulkan efek akumulatif seperti halnya penyakit Minamata di Jepang. Komponen metil merkuri yang berasal dari pabrik pelarut cat yang dibuang ke teluk Minamata, menyebabkan penduduk sekitar yang biasa mengkonsumsi ikan dari perairan tersebut menderita keracunan, dan diperkirakan 1000 orang meninggal dunia (Anonim, 2000).

Arsen (As) sangat toksik dan karsinogen dan dapat menyebabkan muntah, diare dan sakit usus. Dalam dosis 22-121 mg/kg berat badan dapat menyebabkan kematian. Arsen dalam bentuk organik kurang toksik daripada dalam bentuk anorganik (LeCoultre, 2001).

Kadmium (Cd) di alam pada umumnya bersenyawa dengan oksigen, klorida, sulfat dan sulfit. Kadmium merupakan hasil samping dari ekstraksi Pb, Zn dan Cu. Kadmium bersifat karsinogen dan dapat mempengaruhi kesehatan syaraf, usus dan reproduksi.

Timbal (Pb) yang terdapat di alam dapat masuk ke perairan melalui pengendapan dan jatuhnya debu yang mengandung Pb yang berasal dari hasil pembakaran bensin bertimbal, erosi dan limbah industri. Kation logam larut diendapkan oleh anion seperti sulfat, klorida, florida, bikarbonat atau karbonat dalam air laut (Ansari *et al.*, 2004). Pb dapat redeposit dalam jaringan tubuh dan dapat menyebabkan gangguan sistem imun, reproduksi, syaraf dan perkembangan mental. Banyak reaksi biokimia dalam tubuh manusia dipengaruhi oleh logam Pb. Konsentrasi Pb sebesar 50 ppb dapat menimbulkan bahaya pada lingkungan laut (Saeni, 1989).

Logam berat Hg, Cd, dan Pb selain sangat berbahaya karena sifat biomagnifikasinya yang berarti dapat terakumulasi dan tinggal dalam jaringan tubuh organisme dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi, juga dapat menyebabkan keracunan yang biasanya terikat dengan protein sebagai metalotionin (Darmono, 1995). Melalui rantai makanan akhirnya dapat membahayakan kesehatan manusia. Kadar maksimum logam berat dalam sedimen menurut RNO (1981) *cit.* Fajri (2001) adalah sebagai berikut: Hg 20 - 350 ppb, Cd 100-200 ppb, Pb 10.000 - 20.000 ppb. Batas maksimum cemaran logam berat dalam makanan (Depkes RI, 1989) untuk Hg 500 ppb, Cd 1000 ppb dan Pb 2.000 ppb.

Penelitian mengenai kualitas perairan Banjarmasin sangat diperlukan karena banyak penambang emas yang menggunakan merkuri dan membuang limbahnya ke Sungai Barito. Hal ini dapat menimbulkan pencemaran perairan tersebut. Sedangkan logam berat yang akan diamati meliputi Hg, As, Cd, Cu dan Pb pada kerang kepah yang hidup di perairan tersebut. Kepah dipilih sebagai contoh sebab hanya jenis kerang ini yang terdapat di perairan Banjarmasin. Selain itu, kerang juga dapat dijadikan bioindikator untuk pencemaran perairan karena cara hidupnya menyaring air dan sifatnya menetap. Kandungan Hg dalam sedimen juga dianalisis.

Bahan dan Metode

Sampel air dan sedimen diambil dari 3 stasiun di perairan laut sejauh 1 mil dari garis pantai dan 3 stasiun lain sejauh 2 mil dari garis pantai. Jarak antar stasiun adalah 1 mil. Penetapan stasiun berdasarkan peta laut yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro Oseanografi TNI AL No. 289, Tahun 2002 untuk perairan Banjarmasin. Dari peta laut tersebut ditentukan posisi yang tepat untuk 6 stasiun yang akan digunakan untuk penentuan pengambilan sampel di lapangan. Untuk mencari posisi yang telah ditetapkan digunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Posisi pengambilan sampel air laut di depan muara sungai Barito, Banjarmasin, Kalimantan Selatan adalah sebagai berikut:

Stasiun	Posisi
1	3° 34' 450" LS, 114° 27' 150" BT
2	3° 33' 839" LS, 114° 26' 430" BT
3	3° 33' 228" LS, 114° 25' 708" BT
4	3° 33' 228" LS, 114° 25' 097" BT
5	3° 34' 561" LS, 114° 25' 819" BT
6	3° 35' 283" LS, 114° 26' 430" BT

Pengamatan diulang sebanyak tiga kali yaitu bulan Juni, Agustus, dan Oktober 2003. Contoh air diambil dengan alat *water sampler*, sedimen dengan alat *grabe* dan kerang diperoleh dari hasil nelayan setempat. Jenis kekerangan yang

diambil adalah kerang kepah (*Meritrix meritrix*) yang merupakan bioindikator pencemaran perairan.

Analisis logam berat pada contoh air laut dan sedimen yang dilakukan adalah Hg, sedangkan untuk daging kerang kepah adalah Hg, As, Cd, Pb dan Cu. Analisis terhadap logam berat pada contoh dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (Perkin Elmer, model A Analyst 800) (Hutagalung *et al.*, 1997). Di samping logam berat, juga dilakukan analisis kualitas air seperti COD (metode titrasi), suhu, salinitas dengan alat refraktometer dan pH dengan alat pH meter.

Penentuan kadar logam Hg dalam air

Seratus mililiter air laut dimasukkan ke dalam botol BOD, kemudian ditambahkan 5 ml H₂SO₄ pekat, 15 ml larutan KMnO₄, kocok dan dibiarkan selama 15 menit. Kemudian ditambahkan 8 ml larutan K₂S₂O₈, dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 95°C selama 2 jam. Setelah dingin ditambah larutan hidrosilamin sampai warna ungu hilang. Kemudian dianalisis dengan AAS menggunakan lampu Hg sebelumnya ditambahkan larutan NaBH₄.

Penentuan kadar logam Hg pada kerang atau sedimen

Lima gram daging kerang dalam botol BOD ditambah 10 ml HNO₃ pekat dan 30 ml H₂SO₄ pekat selanjutnya dipanaskan pada suhu 60°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan pada suhu 4°C. Kadar Hg diukur dengan AAS menggunakan sistem MHS (*Mercury Hydrid System*) menggunakan lampu Hg yang sebelumnya ditambah larutan NaBH₄.

Penentuan kadar logam berat (Pb, Cd dan Cu) pada air laut

Lima ratus mililiter air laut dimasukkan ke dalam corong pisah teflon kemudian diatur pH-nya sekitar 4 dengan menambahkan HCl encer. Kemudian ditambah larutan APDC (amonium pirolidin ditio karbamat) dan NaDDC (natrium dietil ditio karbamat) dikocok

selama 1 menit, selanjutnya ditambah 25 ml pelarut MIBK (metil iso butil keton) dan dikocok selama 30 detik. Fasa air kemudian dipisahkan. Fasa lapisan atas ditambah 10 ml air suling bebas ion, dikocok, dan fasa airnya dipisahkan. Kemudian ditambah 1 ml HNO₃ pekat, dikocok dan dibiarkan 1 jam. Selanjutnya ditambah 19 ml air suling bebas ion, dikocok dan fasa airnya ditampung untuk dianalisis dengan AAS menggunakan furnace dengan gas argon dan lampu Pb, Cd, atau Cu sesuai dengan jenis logam yang akan dianalisis.

Penentuan kadar logam berat (Pb, Cd dan Cu) pada kerang

Daging kerang dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam. Setelah dingin ditimbang sebanyak 2 g, dimasukkan dalam teflon beaker yang tertutup kemudian ditambah 1,5 ml HClO₄ dan 3,5 ml HNO₃ dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya dipanaskan pada penangas air pada 60-70°C sampai larutan jernih, kemudian ditambah 3 ml air suling bebas ion, dipanaskan kembali sampai hampir kering. Kemudian ditambah 1 ml HNO₃ pekat dan diaduk pelan-pelan, dan ditambah 9 ml air suling bebas ion kemudian dianalisis dengan AAS menggunakan furnace dengan gas argon dan lampu Pb, Cd, atau Cu sesuai dengan jenis logam yang akan dianalisis.

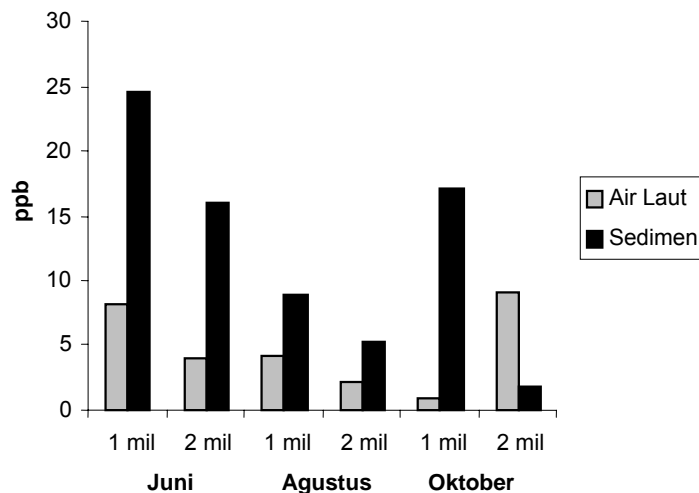
Penentuan kadar logam berat (Pb, Cd dan Cu) pada sedimen

Sedimen dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam. Setelah dingin ditimbang sebanyak 10-20 g, dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse (polietilen), ditambah 500 ml air suling bebas ion dan diaduk. Kemudian disentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 2000 rpm, fasa airnya dibuang dan dikeringkan kembali dalam oven 105°C selama 24 jam. Sedimen ditimbang sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam teflon beaker yang tertutup kemudian ditambah 5 ml aqua regia dan 6 ml HF (hidrogen fluorida) dan dipanaskan pada suhu 130°C sampai larutan hampir kering. Selanjutnya ditambah 9 ml air suling bebas ion kemudian dianalisis

dengan AAS menggunakan furnace dengan gas argon dan lampu Pb, Cd, atau Cu sesuai dengan jenis logam yang akan dianalisis.

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Hg pada air laut perairan Banjarmasin pada bulan Juni sebesar 8,12 ppb pada jarak 1 mil sedangkan pada 2 mil sebesar 3,98 ppb (Gambar 1). Apabila dirata-rata (6,05 ppb) sudah berada di atas ambang batas yang ditentukan (3 ppb). Hal ini menunjukkan bahwa perairan di Banjarmasin sudah tercemar oleh Hg, walaupun kandungan Hg dalam sedimen masih di bawah ambang batas. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh limbah penambangan emas yang dibuang melalui sungai Barito, karena pada bulan Juni air laut mulai surut. Namun pada bulan Agustus, kandungan Hg air laut pada jarak 1 mil menurun menjadi 4,26 ppb dan pada jarak 2 mil sebesar 2,09 ppb. Perbedaan kandungan Hg air laut pada jarak 1 mil dan 2 mil dipengaruhi oleh air laut pasang yang menyebabkan air sungai menjadi lebih encer. Sedangkan pada bulan Oktober kandungan Hg air laut pada jarak 1 mil turun menjadi 0,79 ppb dan pada jarak 2 mil menjadi 9,02 ppb (rata-rata 4,91 ppb). Kandungan Hg air laut meningkat dan telah melebihi ambang batas dibandingkan pada bulan Agustus. Hal ini kemungkinan air laut pasang telah dimulai bulan Agustus mengakibatkan air sungai yang mengandung Hg tercampur dengan air laut dan kemungkinan juga penambang emas mengurangi aktivitasnya. Di daerah Kalimantan Tengah terdapat ribuan penambang emas legal maupun ilegal, yang menggunakan Hg untuk mengikat emas. Proses tersebut dilakukan di atas rakit dan limbahnya langsung dibuang ke sungai yang akan masuk ke perairan laut. Faktor inilah yang mengakibatkan perairan Banjarmasin tercemar oleh Hg mengingat Sungai Barito merupakan sungai yang berada di perbatasan antara Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan.

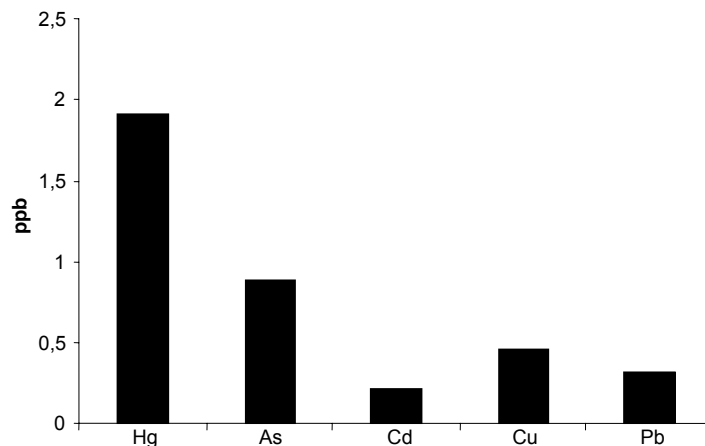


Gambar 1. Kadar merkuri (ppb) air laut dan sedimen di perairan Banjarmasin

Pada bulan Juni, kandungan Hg dalam sedimen yang berjarak 1 mil adalah 24,67 ppb sedangkan pada jarak 2 mil adalah 16,02 ppb. Pada bulan Agustus kandungan Hg menurun, pada jarak 1 mil adalah 8,97 ppb dan yang berjarak 2 mil adalah 5,40 ppb. Sedangkan kandungan Hg sedimen pada bulan Oktober pada jarak 1 mil adalah 17,14 ppb dan pada jarak 2 mil adalah 1,76 ppb. Kandungan Hg dalam sedimen selalu lebih tinggi daripada Hg dalam air laut kecuali yang berjarak 2 mil pada bulan Oktober. Hal ini disebabkan Hg dalam air laut yang merupakan suspensi mengendap dan terakumulasi oleh lumpur. Fluktuasi kandungan Hg pada air laut dan sedimen ini terjadi karena air laut bergerak secara dinamis begitu juga lumpur pada lapisan atas masih dapat bergerak karena gelombang laut. Air sungai mengangkut partikel lumpur dalam bentuk suspensi. Ketika partikel suspensi mencapai muara dan bercampur dengan air laut, partikel lumpur akan mengumpul membentuk partikel yang lebih besar dan mengendap

di dasar perairan. Logam berat mudah terakumulasi di sedimen karena itu konsentrasi logam berat di sedimen selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam berat dalam air. Kandungan Hg pada sedimen berfluktuasi, kemungkinan disebabkan terjadinya arus bawah yang besar yang mengakibatkan terangkatnya atau berpindahannya sedimen ketempat lain (Murtini & Ariyani, 2005).

Kandungan logam berat pada kerang kepah (*Meritrix meritrix*) dari perairan Banjarmasin adalah Hg 1,91 ppb, As 0,88 ppb, Cd 0,22 ppb, Cu 0,46 ppb dan Pb 0,32 ppb (Gambar 2). Kandungan logam berat pada kerang kepah masih di bawah ambang batas (500 ppb untuk Hg, 1000 ppb untuk As, 2000 ppb untuk Cd, 2000 ppb untuk Cu dan 2000 ppb untuk Pb), walaupun kerang tersebut hidup di perairan yang sudah tercemar. Hasil ini menunjukkan bahwa kerang kepah dari perairan Banjarmasin masih aman untuk dikonsumsi.



Gambar 2. Kandungan logam berat (ppb) pada kerang kepah (*Meritrix meritrix*) di perairan Banjarmasin

Kandungan logam berat dalam perairan termasuk parameter kualitas air maka pada waktu pengambilan contoh perlu dilihat parameter yang lain yaitu salinitas, pH, DO, suhu, COD dan kondisi fisik perairan untuk memberikan gambaran kondisi perairan tersebut. Salinitas air pada bulan Juni sangat rendah, berkisar 6-13 ppt pada jarak 1 mil sedangkan pada jarak 2 mil berkisar 13-18 ppt (Tabel 1). Hal ini disebabkan pada bulan Juni air laut surut berarti air sungai Barito sangat mempengaruhi salinitas air laut sampai jarak 2 mil. Namun pada periode pengambilan contoh berikutnya yaitu pada bulan Agustus salinitas mulai meningkat 21-25 ppt pada jarak 1 mil sedangkan pada jarak 2 mil berkisar 36-37 ppt. Hal ini disebabkan karena air laut pasang sampai ke badan sungai Barito. Sedangkan pada pengambilan contoh bulan Oktober salinitas air laut kembali menurun, pada jarak 1 mil sebesar 16-20 ppt, sedangkan pada jarak 2 mil sebesar 20-25 ppt. Hal ini kemungkinan adanya pengaruh air hujan yang telah turun.

Sedangkan pH air laut pada bulan Juni sampai jarak 2 mil masih dibawah 8,0, hal

ini sesuai dengan kadar salinitas yang juga cukup rendah disebabkan pengaruh air sungai Barito cukup besar dan pada bulan Agustus dan Oktober mulai meningkat dengan pH maksimum 8,1. Oksigen terlarut selama 3 kali periode pengambilan contoh yaitu bulan Juni, Agustus dan Oktober cukup tinggi di atas batas minimum yang ditentukan untuk perairan perikanan (3 mg/l). Hal ini disebabkan gelombang di perairan Banjarmasin cukup besar yang mengakibatkan difusi oksigen dari udara cukup besar. Kandungan COD cukup tinggi pada bulan Agustus (36-52 mg/l) dan Oktober (36-56 mg/l) yang sudah melebihi batas yang diijinkan oleh KLH (40 mg/L). Kandungan COD yaitu jumlah kebutuhan oksigen (mg O_2) yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter contoh air. Kedalamannya rendah sekitar 1,5-3,0 m dan termasuk pantai yang landai dan berlumpur yang ditunjukkan dari kecerahan yang cukup rendah kurang dari 2 m. Pada bulan Juni dan Oktober arus cukup kuat karena pada bulan ini akan terjadi perubahan pasang surut air laut.

Tabel 1. Kualitas dan kondisi fisik perairan Banjarmasin

Jarak	Bulan	Stasiun	Salinitas (ppt)	pH	DO mg/l	Suhu (°C)	COD mg/l	Kecepatan arus (m)	Kedalaman (m)	Kecepatan arus (det/5m)
1 mil	Juni	1	10	7,5	7,08	28,2	20	0,5	2,0	4
		2	6	7,4	8,50	32,3	12	1,1	1,5	10
		3	13	7,5	8,00	32,3	16	1,2	2,0	6
	Agustus	1	25	7,6	9,2	26,3	40	0,5	2,5	9
		2	21	8,0	6,6	28,7	52	0,75	2,5	53
		3	21	7,9	9,3	28,5	36	0,75	2,0	59
	Oktober	1	16	8,1	7,9	27,4	36	1,5	3,0	11
		2	20	7,9	12,1	25,9	40	0,8	2,0	7
		3	20	7,8	9,3	27,8	44	1,0	2,0	8
2 mil	Juni	4	13	7,6	7,81	32,1	20	1,3	3,0	25
		5	16	7,7	8,35	31,9	28	1,2	2,5	5
		6	18	7,7	5,08	29	24	1,5	3,0	4
	Agustus	4	36	8,0	6,9	27,8	48	0,75	2,5	21
		5	36	8,0	6,6	27,5	36	0,5	3,0	16
		6	37	8,0	8,7	26,3	52	0,5	2,25	20
	Oktober	4	20	7,9	9,3	27,7	52	1,0	2,5	5
		5	20	7,9	10,2	27,9	52	1,2	2,5	6
		6	25	8,0	9,2	27,8	56	1,5	3,0	7

Kesimpulan

Perairan Banjarmasin pada bulan Juni, Agustus dan Oktober 2003 mengandung Hg berturut-turut sebesar 6,05, 3,17, dan 4,91 ppb, yang menunjukkan perairan tersebut telah tercemar oleh Hg melebihi batas ambang 3 ppb, walaupun kandungan Hg pada sedimen masih di bawah ambang batas.

Kerang kepah (*Meritrix meritrix*) yang hidup di perairan Banjarmasin mengandung Hg 1,91 ppb, As 0,88 ppb, Cd 0,22 ppb, Cu 0,46 ppb, dan Pb 0,32 ppb. Kandungan logam berat tersebut masih di bawah ambang batas, yang berarti masih aman untuk dikonsumsi.

Daftar Pustaka

Anonim. 1998. Compendium of fish and fishery product. Processes, hazards and control. 1st ed. Chemical hazards and controls. Raleigh, NC, USA : National Seafood HACCP Alliance for Training and Education. p.2.23.

Anonim. 2000. Toxic effects of some heavy metals. <http://www.Crucial.red.edu.Nk/pollute/metal.nun>. Diakses tanggal 19 Desember 2003.

Ansari, T.M., I.L. Marr, and N. Tariq. 2004. Heavy metals in marine pollution perspective - a mini review. J. Applied Sciences. 4 (1): 1-20.

Darmono. 1995. Logam dalam biologi makhluk hidup. UI Press. Jakarta. 139 p.

Depkes RI. 1989. Surat Keputusan Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Departemen Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 03725/B/SK/VII/89 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Makanan (mg/kg). Jakarta.

Fajri, N.E. 2001. Analisis kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb dalam air laut, sedimen dan tiram (*Carassostrea cucullatta*) di perairan pesisir Kecamatan

- Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Thesis. Pasca Sarjana IPB Bogor. 62 p.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam berat dalam lingkungan laut. *Oseana*. IX(1) 11-20.
- Hutagalung, H.P., D. Setiapmana, dan S.H. Riyono. 1997. Metode analisis air laut, sedimen dan biota. Buku 2. Puslitbang Oseanologi. LIPI. 182 p.
- Irianto, H.E. dan A. Poernomo. 2000. Keamanan konsumsi produk perikanan. *Warta Penelitian Perikanan Indonesia*. 6 (2) : 2-8.
- LeCoultre, T.D. 2001. A meta-analysis and risk assessment of heavy metal uptake in common garden vegetables. Thesis. The Faculty of Departement of Environmental Health, East Tennessee State University. 10-16.
- Murtini, J.T., H. I. Januar, dan Sugiyono. 2004. Upaya pengurangan cemaran logam berat pada daging kerang hijau (*Perna viridis*) dengan larutan kitosan-*api*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Edisi Pasca Panen. 10 (3): 7-10.
- Murtini, J.T. dan F. Ariyani. 2005. Kandungan logam berat pada kerang darah dan kualitas perairan di Tanjung Pasir. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Edisi Pasca Panen. 11 (8): 39-45.
- Saeni. 1989. Kimia lingkungan. PAU-IPB. Bogor. 151 p.
- Sodikin, A. 2003. Awas bencana merkuri mengintai kalimantan. *Kompas*, Selasa 15 Juli 2003. 31 p.