

Kontaminasi Logam Berat Kadmium dan Kromium serta Batas Konsumsi Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Muara Sungai Tallo Kota Makassar

Abd.Gafur^{1*}, Hasriwiani Habo Abbas²

Abstract

Heavy metal contamination can accumulate in seawater, sediments and marine life that live in it. Marine biota such as Blood clams (*Anadara granosa*) contaminated with heavy metals exceeding the allowable threshold will endanger health if consumed by humans. This study aims to determine the content of heavy metals in blood clams (*Anadara granosa*) in the Tallo River. Sampling was carried out at four blood clam collection stations in Tallo in June 2021. The results showed that the cadmium content in all sampling locations was abnormal with high cadmium content in each sample location ranging from 0.7671 mg / Kg-0.7942 mg / Kg. The content of heavy metal Cadmium in Blood Shells at all sampling stations was still above the permitted standard of 0.05 mg / kg according to WHO / FAO. The chromium content in blood clams showed that the high chromium content at station 3 was 11.4525 mg / Kg. This level exceeds the maximum limit of metal contamination in food that has been set by FAO / WHO (1979), which is 0.1 mg / Kg for metal chromium (Cr). At stations 1,2 and 4, the chromium content in the *Anadara granosa* Blood clam in the Tallo River is low. The value of the analysis results at the three stations was always below the limit of the AAS device, namely <0.01 mg / kg. This value is far below the quality standard set by FAO / WHO, which is 0.1 mg / kg. The low chromium content in *Anadara granosa* shells can be caused by the low chromium content itself in water and sediment. The analysis of the safe limits for consumption of green Blood clam contaminated with heavy metals carried out in this study showed that the good blood clams in the Tallo River were still safe to consume up to 1 kg / week in adults with an average body weight of 60 kg.

Keywords : Blood clam, Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Safety level for Consumption

Pendahuluan

Perkembangan pesat industri dan pertanian juga telah mengakibatkan meningkatnya pencemaran oleh logam berat, yang merupakan bahaya lingkungan yang signifikan bagi hewan invertebrata,

ikan, dan manusia (Uluturhan & Kucuksezgin, 2007). Salah satu polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat. *World Health Organization* (WHO) atau Organisasi Kesehatan Dunia dan *Food Agriculture Organization* (FAO) atau Organisasi Pangan Dunia merekomendasikan untuk tidak mengonsumsi makanan laut (*sea food*) yang tercemar logam berat.

Logam berat yang ada pada perairan, suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar

*Korespondensi : abd.gafur@umi.ac.id

¹ Bagian Kesehatan Lingkungan, Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Muslim Indonesia, Makassar

² Bagian Epidemiologi, Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Muslim Indonesia, Makassar

perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan (udang, kerang, kepiting) akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Jika biota laut yang telah terkontaminasi logam berat tersebut dikonsumsi, dapat merusak sistem biokimia, dan merupakan ancaman serius bagi kesehatan manusia dan hewan (Khan et al., 2009).

Muara Sungai Tallo merupakan tempat bertemunya aliran air sungai dan beberapa anak sungai di Makassar. Selain sebagai sumber air masyarakat setempat juga menjadi tempat pembuangan air limbah baik ditingkat rumah tangga, pertanian, perhotelan maupun industri besar. Namun di lain sisi, merupakan daerah penangkapan kerang-kerangan tanpa menyadari bahwa kerang tersebut telah tercemar logam berat. Aktifitas penangkapan kerang di Muara Sungai Tallo sangat besar karena dimana pada saat air surut banyak masyarakat yang meluangkan waktunya untuk mencari kerang-kerang, disamping sebagai rutinitas warga setempat juga merupakan salah satu makanan pokok bagi warga setempat disamping mudah untuk diperoleh dan juga tidak memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk memperolehnya. Hal yang mendasar bahwa banyak warga yang cenderung mengkonsumsi kerang-kerangan yang berasal dari Muara Sungai Tallo karena mengingat harga sembakau yang cukup tinggi sehingga banyak warga yang menjadikan kerang-kerangan sebagai makanan pokok sehari-hari selain ikan dan kepiting khususnya di Kelurahan Tallo khususnya masyarakat yang bermukim disekitar Muara Sungai Tallo Kota Makassar, sehingga menghawatirkan apabila kerang yang dikonsumsi terakumulasi logam berat khususnya logam berat Kadmium dan Kromium.

Sungai Tallo adalah sungai di Makassar yang merupakan tempat pembuangan limbah, baik merupakan buangan rumah tangga ataupun industri yang nantinya akan mengalir ke muara sungai dan selanjutnya ke laut lepas. Selain itu di sekitar perairan ini juga terdapat aktivitas penduduk seperti pemukiman, tempat pembuangan sampah, pencucian

kendaraan bermotor, dan pembuatan kapal yang berkemungkinan juga ikut menjadi sumber masuknya logam berat ke perairan. Logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) merupakan kategori logam berat yang sangat beracun (Palar, 2012). Kedua Logam tersebut sulit mengalami degradasi sehingga dapat bertahan lama dalam perairan kemudian penyusun terbesar dari terbentuknya sedimen, partikulat tersebut berpotensi sebagai sumber polusi sekunder pada kolom air (Paramita, 2017).

Sumber potensial pencemaran logam berat Kadmium dan Kromium berasal dari galangan kapal, buangan air kota, industri-industri yang membuang limbahnya ke sungai Tallo. Selain itu limbah pertanian dan pertambakan juga potensial menjadi sumber bahan pencemar karena di sepanjang sungai Tallo telah dimanfaatkan untuk areal pertambakan dan persawahan. Buangan dari tambak dapat berupa pupuk kimiawi dan berbagai macam residu bahan-bahan kimia yang pada akhirnya akan mengalir ke sungai dan bermuara ke laut. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Kerang di Perairan Sungai Tallo Kota Makassar.

Metode Penelitian

Jenis dan Lokasi Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian observasional dengan pendekatan *deskriptif*, yaitu suatu rancangan penelitian yang menggunakan pemeriksaan laboratorium untuk memeriksa kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada kerang Di Perairan Sungai Tallo Kota Makassar. Teknik pengambilan data dilakukan secara observasi langsung atau pengamatan langsung di lapangan.

Populasi dan Sampel

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2011). Populasi dalam

penelitian ini adalah keseluruhan kerang yang berada di Di Perairan Sungai Tallo Kota Makassar.

Sampel adalah bagian atau jumlah karakteristik yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2011). Sampel dalam penelitian ini adalah kerang yang didapatkan dari masing-masing stasiun atau lokasi yang telah ditentukan.

Bahan dan Alat

Sampel yang dianalisis dalam penelitian ini daging kerang darah (*Anadara granosa*) yang diambil di empat lokasi pengambilan di Sungai Tallo. Bahan-bahan penelitian yang diperlukan adalah alkohol, aqua demin, asam sitrat, aquadest, aquabides, asam nitrat (HNO_3) pekat, HCl pekat, dan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya global positioning system/GPS (Garmin type 585) untuk menentukan titik lokasi pengambilan sampel, *polyethylene* (PE) yang digunakan untuk penyimpanan sampel kerang darah. Peralatan yang digunakan untuk analisa kandungan logam berat adalah atomic absorption spectrometry (AAS) tipe AA-7000 Shimadzu yang digunakan dalam pembacaan kandungan logam berat pada sampel.

Metode Pengumpulan Data

Prosedur pengambilan sampel

Kerang Darah diambil sebanyak ± 1 kg dan dimasukkan dalam kantong plastik yang telah diberi label berdasarkan lokasi penelitian. Selanjutnya sampel kerang darah dimasukkan dalam cool box bersuhu sekitar 4°C dan dibawa ke laboratorium. Untuk analisa kandungan logam berat, sampel kerang dikupas, diambil dagingnya sebanyak 300 mg kemudian dicincang dan dikomposit menjadi

satu untuk dibagi menjadi tiga ulangan.

Preparasi dan analisis kandungan logam berat

Preparasi sampel dilakukan dengan mengacu pada metode yang digunakan oleh Siregar et al. (2016). Destruksi sampel air laut dan daging kerang darah dilakukan dengan menggunakan larutan HNO_3 60%.

Nilai safety level atau batasan aman untuk konsumsi dijadikan acuan untuk menghindari dampak buruk yang dapat ditimbulkan logam berat jika masuk ke dalam tubuh. Batas aman untuk mengonsumsi kerang darah yang sudah mengandung logam berat pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan batasan toleransi jumlah kontaminan logam berat pada daging kerang yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia selama satu minggu (provisional tolerable weekly intake-PTWI). Batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan terkonsentrasi logam berat yang boleh dikonsumsi per minggu (maximum weekly intake) menggunakan angka ambang batas yang diterbitkan oleh World Health Organization (WHO) untuk logam berat Kadmium (Cd) sebesar $7 \mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per minggu dan Kromium (Cr) sebesar $23,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per minggu. Perhitungan ini menggunakan rumus: $\text{Maximum Weekly Intake (mg/kg)} = \text{Berat Badan}^a \times \text{PTWI}^b$

Keterangan :

Untuk asumsi berat badan laki-laki rata-rata 60 kg dan berat badan wanita rata-rata 45 kg per minggu. PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake)/angka toleransi batas maksimum per minggu yang dikeluarkan lembaga pangan dalam satuan $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan yang ditampilkan pada Tabel di bawah.

Tabel 1. Angka Toleransi Batas Konsumsi Per Minggu yang Diterbitkan Badan JECFA dan WHO

No.	Jenis Logam	PTWI ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Berat Badan per Minggu)
1	Cr	$23,3^a$
2	Cd	7^b

Sumber.

^{a)}WHO dalam Zazouli et al.,(2006)

^{b)}JECFA dalam FAO/WHO (2004)

Nilai maximum tolerable intake(MTI)

dihitung dengan perumusan (Türkmen et al., 2009):

$$MTI = \frac{MWI}{Ct}$$

Keterangan:

MWI: Maksimum Weekly Intake (μg asumsi rata-rata berat badan laki-laki 60 kg dan rata-rata berat badan wanita 45 kg /minggu)

Ct: Konsentrasi logam berat yang ditemukan di dalam jaringan lunak kerang ($\mu\text{g/g}$)

Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Teknik analisis data yang dianggap relevan dalam penelitian ini deskriptif observasional yang mengadakan analisis data yang bersifat deskriptif untuk menganalisis kandungan logam berat pada

kadmium (Cd) dan kromium (Cr) pada kerang di Muara Sungai Tallo.

Hasil

Kandungan Kadmium dalam kerang *Anadara granosa*

Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan Kadmium dalam kerang *Anadara granosa* di semua stasiun pada lokasi pengambilan sampel dalam keadaan tidak normal dengan kandungan Kadmium tertinggi berada pada lokasi sampel di stasiun 4 yaitu 0.7942 mg/kg dan terendah di stasiun 3 yaitu sebesar 0.7671 mg/kg.

Tabel 2. Kandungan Kadmium Pada Kerang *Anadara* di Sungai Tallo Kota Makassar Tahun 2020

Stasiun pengambilan	Posisi	Kandungan Kadmium (mg/kg)	Ket
Stasiun 1	119°27'25"BT 7°7'57.5"LS	0.7818	Tidak normal
Stasiun 2	119°27'44.4"BT 5°5'67.2"LS	0.7926	Tidak normal
Stasiun 3	119°24'36"BT 4°7'55.5"LS	0.7671	Tidak normal
Stasiun 4	119°27'13"BT 5°5'32.5"LS	0.7942	Tidak normal

Sumber : Data Primer

Keterangan :

Normal : ≤ 0.05 mg/kg berat basah

Tidak normal : $> 0,05$ mgkg berat basah

Tabel 3. Kandungan Kromium Dalam Kerang *Anadara granosa* di Sungai Tallo Kota Makassar

Stasiun pengambilan	Posisi	Kandungan Kromium (mg/kg)	Keterangan
Stasiun 1	119°27'25"BT 7°7'57.5"LS	<0.01	normal
Stasiun 2	119°27'44.4"BT 5°5'67.2"LS	<0.01	normal
Stasiun 3	119°24'36"BT 4°7'55.5"LS	11.4525	Tidak normal
Stasiun 4	119°27'13"BT 5°5'32.5"LS	<0.01	normal

Sumber : Data Primer

Keterangan :

Normal : ≤ 0.1 mg/kg berat basah

Tidak normal : $> 0,1$ mgkg berat basah

Kandungan Kromium dalam kerang *Anadara granosa*

Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan

Kromium dalam kerang *Anadara granosa* pada lokasi pengambilan sampel dalam keadaan tidak normal dengan kandungan kadmium tertinggi berada pada lokasi sampel di stasiun 3 yaitu 11.4525 mg/kg, sedangkan kandungan Kromium dalam kerang *Anadara granosa* di stasiun 1, 2 dan 4 masing berkisar <0,01 mg/Kg.

Tabel 4. Berat Maksimal Asupan Jaringan Lunak Kerang Darah yang Aman Dikonsumsi Per Minggu (Untuk Laki-laki dengan Berat Badan Rata-rata 60 kg)

Stasiun pengambilan	Logam	Konsentrasi	PTWI	MWI (mg)	Nilai MTI
	Berat	(mg/kg)	(µg/kg)		(kg)
Stasiun 1	Cd	0.7818	7	0,42	0,5
Stasiun 2		0.7926	7	0,42	0,5
Stasiun 3		0.7671	7	0,42	0,5
Stasiun 4		0.7942	7	0,42	0,5
Stasiun 3	Cr	11.4525	23,3	1,398	0.1

Batas Aman Konsumsi Kerang

Tabel 4 menunjukkan batas maksimum mengkonsumsi kerang Darah sebesar 0,5 Kg per minggu untuk logam berat Kadmium sedangkan untuk kromium batas maksimum mengkonsumsi kerang *Anadara granosa* sebesar 0.1 Kg per minggu.

Pembahasan**Kandungan kadmium Dalam Kerang *Anadara granosa***

Hasil pemeriksaan laboratorium mengenai kandungan kadmium pada kerang yang dilakukan oleh peneliti pada tabel 2 Menunjukkan bahwa kandungan kadmium di semua lokasi pengambilan sampel tidak normal dengan kandungan Kadmium yang tinggi berada pada masing-masing lokasi sampel yang berkisar antara 0.7671 mg/Kg-0.7942 mg/Kg. Hal ini menunjukkan bahwa kerang yang berada di perairan sungai Tallo Kota Makassar mengandung logam berat yang melebihi standar yang diperkenankan yakni 0.05 mg/kg menurut WHO/FAO.

Dari hasil yang diperoleh pada tabel 2 terlihat bahwa pada semua stasiun pengambilan sampel pada perairan sungai Tallo, kandungan Kadmium dalam kerang hamper sama kandungan logam Kadmium hal ini dikarenakan Konsentrasi logam berat Kadmium dalam kerang tidak terpengaruh atas perbedaan jenis kelamin atau pun ukuran tubuh (Bach, et al, 2014).

Jika hal ini dibiarkan terus, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadi keracunan kad-

mium pada masyarakat khususnya yang bermukim di sekitar perairan sungai Tallo. Kadmium merupakan logam yang tidak esensial bagi tubuh sehingga meski hanya sedikit konsentrasi yang teradsorpsi ke dalam tubuh tetap akan membahayakan. Logam ini mampu terserap oleh semua organ tubuh khususnya jaringan alveoli paru-paru, kemudian akan berikatan dengan eritrosit dan akhirnya banyak terdeposit pada organ ginjal dan hati. Selain itu, keberadaan kadmium di dalam tubuh akan mengganggu metabolisme karena dapat menghambat kerja enzim sebagai akibat dari pengikatan kadmium dengan gugus SH pada protein. Jika hal ini berlanjut akan menimbulkan kematian. Logam kadmium masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman bahkan melalui pernafasan.

Perbedaan kandungan logam berat pada kerang dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan logam ialah salinitas (air laut), alkalinitas (air tawar), adanya senyawa kimia lain, suhu, pH, ukuran organisme, dan kondisi lapar organisme (Darmono 1995). Ismarti (2016) juga menyebutkan bahwa banyaknya logam berat yang diserap dan terdistribusi dalam tubuh biota bergantung pada bentuk senyawa, konsentrasi polutan, aktivitas mikroorganisme, tekstur sedimen, serta biota yang hidup di lingkungan tersebut. Logam berat yang terlarut pada air memiliki bioavailable yang lebih tinggi, sehingga akan lebih mudah masuk ke dalam tubuh biota. Logam berat tersebut dapat masuk melalui insang dan kulit, atau melalui makan. Pada dasarnya tubuh biota mampu mengeliminir logam

berat tersebut melalui proses eksresi, namun kemampuannya terbatas. Dengan demikian, jika akumulasi logam berat terus terjadi, akan mengakibatkan konsentrasinya dalam tubuh biota lebih tinggi dibandingkan lingkungannya (Riani et al., 2017).

Logam-logam berat yang ada dalam badan perairan akan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi dalam kerang, kemudian terakumulasi dalam tubuh biota laut yang ada dalam perairan (termasuk kerang yang bersifat sebagai bioindikator) baik melalui insang maupun melalui rantai makanan dan akhirnya akan sampai pada manusia. Fenomena ini dikenal sebagai bioakumulasi atau biomagnifikasi.

Kandungan Kromium Dalam Kerang *Anadara granosa*

Hasil pemeriksaan laboratorium mengenai kandungan Kromium pada kerang yang dilakukan oleh peneliti pada tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan Kromium yang tinggi kandungannya berada pada stasiun 3 sebesar 11.4525 mg/Kg. Kadar tersebut melebihi batas maksimum cemaran logam dalam makanan yang telah ditetapkan oleh FAO/WHO (1979), yaitu sebesar 0,1 mg/Kg untuk logam kromium (Cr).

Pada stasiun 1,2 dan 4 menunjukkan kandungan Kromium pada daging kerang *Anadara granosa* di Sungai Tallo ialah rendah. Nilai hasil analisis pada ketiga stasiun selalu di bawah limit alat AAS yakni <0,01 mg/kg. Nilai ini jauh berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh FAO/WHO, yaitu sebesar 0.1 mg/kg. Rendahnya kandungan Kromium pada kerang *Anadara granosa* dapat disebabkan karena rendahnya kandungan Kromium itu sendiri pada air maupun sedimen.

Logam berat yang masuk ke dalam suatu perairan akan dipindahkan dari badan air melalui tiga proses, yaitu pengendapan, adsorbs dan absorbs oleh organism perairan (Bryan, 1978). Tinggi rendahnya kandungan logam Kromium (Cr) di perairan disebabkan oleh jumlah masukan limbah logam berat Kromium keperairan. Rendahnya kadar Kromium (Cr) di lingkungan perairan Trimulyo disebabkan karena pergerakan air laut yang

dinamis. Menurut Moriarty (1988) menjelaskan siklus pasang surut menyebabkan kuantitas logam berat pada satu satuan massa air tertentu akan menurun. Selain itu juga dipengaruhi factor fisik kimia seperti temperatur, kedalaman, pH, salinitas dan DO. Faktor kimia seperti pH dapat mempengaruhi kandungan logam berat Kromium (Cr) di perairan dimana pH pada setiap stasiun mengalami kenaikan menuju basa dari 7,93–9,36 sehingga pH yang tinggi akan membentuk senyawa kompleks berupa perubahan Kromium (Cr) dari bentuk karbonat menjadi bentuk hidroksida yang sulit terlarut dalam air sehingga dapat berikatan dengan partikel air yang kemudian mengendap ke dasar perairan (Wulandari, 2012).

Batas Aman Konsumsi

Konsumsi maksimum mingguan Kerang Darah yang terdapat pada perairan Sungai Tallo telah dihitung dengan menetapkan Maximum Tolerable Intake (MTI) per minggu untuk laki-laki dengan berat rata-rata 60 kg dan untuk wanita dengan berat rata-rata 45 kg. Sebelum menetapkan MTI Kerang *Anadara granosa*, konsumsi maksimum mingguan logam berat Cd dan Cr dihitung dengan menetapkan Maximum Weekly Intake (MWI) untuk laki-laki dengan berat badan 60 kg dan wanita dengan berat rata-rata 45 kg.

Konsumsi maksimum mingguan kerang darah yang di Sungai Tallo telah dihitung dengan Maximum Tolerable Intake (MTI) per minggu untuk individu dewasa dengan asumsi berat badan rata-rata 60 kg per orang. Batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan terkontaminasi logam berat yang boleh dikonsumsi per minggu atau Maximum Weekly Intake (MWI) adalah sebesar 0.5 mg untuk Kadmium dan Kromium sebesar 0,1 mg. Apabila logam berat yang masuk ke dalam tubuh individu dengan berat badan rata-rata 60 kg melebihi nilai MWI tersebut, maka logam Cd dan Cr akan bersifat toksik dalam tubuh. Selanjutnya, berdasarkan hasil perhitungan MTI, dapat dilihat bahwa individu yang mempunyai berat badan rata-rata 60 kg hanya dapat mengonsumsi kerang *Anadara granosa* sebanyak ± 1 kg per minggu, yaitu sebagai nilai

batas terkecil dari jenis residu logam berat. Hal tersebut dilakukan agar tidak terjadi akumulasi logam dalam tubuh yang dapat menyebabkan kematian pada manusia (Hidayah, Purwanto & Soeprbowati, 2014; Irawati, Lumbanbatu & Sulistiono, 2018).

Kesimpulan

Kandungan logam berat Kadmium (Cd) dalam kerang *Anadara granosa* pada masing-masing stasiun pengambilan sudah melewati standar yang diperkenankan yakni 0.05 mg/kg menurut WHO/FAO sedangkan kandungan logam berat Kromium (Cr) dalam kerang *Anadara granosa* sudah melewati standar yang diperkenankan yakni 0.1 mg/kg menurut WHO pada stasiun 3, Pada stasiun 1,2 dan 4 selalu di bawah limit alat AAS yakni <0,01 mg/kg. Nilai ini jauh berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh WHO/FAO(1978), yaitu sebesar 0.1 mg/kg. Berdasarkan hasil perhitungan MTI, dapat dilihat bahwa individu yang mempunyai berat badan rata-rata 60 kg hanya dapat mengonsumsi kerang *Anadara granosa* sebanyak ± 0,5 kg per minggu (Kadmium) dan 0,1 kg per minggu (Kromium).

Diharapkan kepada pemerintah dan instansi terkait agar meningkatkan pengawasan dan evaluasi terhadap perusahaan-perusahaan yang menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya sebagai bahan baku dalam proses produksi yang dapat mencemari lingkungan khususnya sungai.

Daftar Pustaka

- Agarwal, A., Singh, R.D., Mishra, S.K., Bhunya, P.K., (2005). ANN-based sediment yield river basin models for Vamsadhara (India). *Water SA* 31 (1), 95-100.
- Bach, Lis, Cristian Sonne, Frank F. Riger, Rune Dietz, and Gert Asmund. (2014). Simple Method to Reduce the Risk of Cadmium Exposure from Consumption of Iceland Scallops (*Chlamys islandia*) Fished in Greenland. *Environment International* 69. Elsevier Ltd: 100-103 doi:10.101/j.envint.2014.04.008.
- Chow, T.E., Gaines, K.F., Hodgson, M.E., Wilson, M.D., (2005). Habitat and exposure modeling for ecological risk assessment: a case study for the raccoon on the Savannah River Site. *Ecological Modelling* 189, 151-167.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*, Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta(ID): UI Press.
- Hidayah, A. M., Purwanto., & Soeprbowati, T. R. (2014). Biokonsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) di KarambaDanau Rawa Pening. *BIOMA*, 16(1), 1-9.
- Hope, B.K., (2006). An examination of ecological risk assessment and management practices. *Environment International* 32 (8), 983-995
- Ismarti S. (2016). Pencemaran logam berat di perairan dan efeknya pada kesehatan manusia. *OPINI*. 1(4):1-11.
- Uluturhan E, Kucuksezgin F. (2007). Heavy Metal Contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) Tissues from the Eastern Aegean Sea. *Journal Heavy Metals of Turkey* No. 41 (Water Res 2007) No. 41: 1185-92.
- Palar, Heryando. (2004). *Cetakan II. Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Riani E, Johari HS, Cordova MR. (2017). Kontaminasi Pb dan Cd pada ikan bandeng *Chanos chanos* yang dibudidayakan di Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*.9(1):235-246.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: PT Alfabeta
- Zazouli, M. A., M. Shokrzadeh., A. Mohseni dan E. Bazrafshan. (2006). Study of Chromium (Cr) Concentration in Tarrom Rice Cultivated in the Qaemshahr Region and its Daily Intake. *World Applied Sciences Journal*, 1 (2):60-6