

KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cu, Zn PADA DAGING DAN CANGKANG KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI PERAIRAN TANJUNG BALAI ASAHAN

Oleh

Andrew ST OS¹, Yusni Ikhwan Siregar², Efriyeldi²

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2014. Metode yang digunakan adalah metode survei, dimana perairan Tanjung Balai Asahan dijadikan lokasi pengamatan dan pengambilan sampel kerang hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Pb, Cu, Zn pada daging dan cangkang kerang hijau (*P. viridis*) berdasarkan ukurannya, mengetahui perbedaan kandungan logam berat Pb, Cu, Zn antara daging dan cangkang, mengetahui hubungan kandungan logam berat Pb, Cu, Zn pada daging dan cangkang dengan ukuran kerang hijau dan mengetahui tingkat kelayakan konsumsi kerang hijau dari perairan Tanjung Balai Asahan. Kandungan logam berat berdasarkan bagian tubuh diketahui bahwa kadar Pb, Cu, Zn lebih tinggi terdapat pada cangkang dibandingkan daging. Kandungan Pb yang terdapat pada daging berbeda menurut ukuran tubuh tertinggi terdapat pada daging ukuran kecil (1,17 µg/g), Cu pada daging ukuran sedang (8,72 µg/g) dan Zn terdapat pada daging ukuran besar (295,93 µg/g). Kandungan Pb cangkang lebih tinggi pada ukuran sedang (10,10 µg/g), Cu tinggi pada ukuran kecil (17,90 µg/g) dan Zn tinggi pada ukuran besar (680,85 µg/g). Berdasarkan perhitungan PTWI yang didapat maka kerang hijau dari perairan Tanjung Balai Asahan masih dapat dikonsumsi selama tidak melampaui batas yang telah ditetapkan.

Kata kunci: Logam Berat Pb, Cu, Zn; *P. viridis*; Tanjung Balai Asahan

¹Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru

²Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru

PENDAHULUAN

Tanjung Balai Asahan merupakan salah satu daerah pesisir yang terletak di Pantai Timur Sumatera Utara dikenal memiliki potensi yang sangat besar terutama dari hasil perikanan laut salah satunya adalah penghasil kerang terbesar sehingga disebut kota kerang. Di sepanjang perairan ini banyak terdapat aktivitas manusia antara lain PLTU Asahan, pariwisata, pemukiman, pabrik es, pabrik kapur, industri tapioka, pelabuhan dan lalu lintas kapal yang mempunyai potensi membuang limbah khususnya logam berat, salah satunya Pb, Cu, Zn.

Kerang merupakan salah satu bahan makanan tambahan hasil laut. Air laut yang telah mengandung logam dalam konsentrasi tinggi yang berasal dari sisa-sisa buangan industri, pelabuhan dan lalu lintas kapal akan segera diubah oleh mikroorganisme-mikroorganisme dari bentuk anorganik menjadi bentuk senyawa organik. Senyawa organik tersebut akan terserap oleh plankton dan algae kemudian akan dimakan oleh binatang laut lainnya termasuk kerang. Apabila kerang ini dimakan oleh manusia maka akan terjadi penumpukan logam di dalam tubuh manusia. Berdasarkan uraian tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang kandungan logam berat Pb, Cu, Zn pada daging dan cangkang *P. viridis* di perairan Tanjung Balai Asahan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2014. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dimana perairan Tanjung Balai Asahan dijadikan lokasi pengamatan dan pengambilan sampel. Sampel kerang hijau (*P. viridis*) yang diambil dari perairan Tanjung Balai Asahan dibawa ke Laboratorium Terpadu Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau untuk dianalisis kandungan logam Pb, Cu, Zn baik pada daging maupun cangkangnya.

Sampel kerang hijau diambil pada saat air laut surut dengan menggunakan tangan. Sampel kerang hijau dibedakan menjadi tiga bagian menurut ukurannya yaitu besar (80-90 mm), sedang (70-78 mm) dan kecil (57-69 mm) dengan masing-masing kelompok terdiri dari 15 individu, termasuk ulangnya. Sampel kerang yang sudah didapat dicuci dan dipisahkan antara daging dengan cangkangnya. Sampel tersebut kemudian didestruksi dan dianalisis kandungan logam Pb, Cu, Zn dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Perkin-Elmer 3110.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan standar Pb, Cu dan Zn, asam nitrat pekat (HNO_3), asam klorat pekat (HClO_4) dan aquades. Untuk menghitung kandungan logam berat dilakukan dengan rumus Razak (1987), untuk menganalisis perbedaan kandungan logam berat antara ukuran digunakan uji Anova, yang apabila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji LSD dan untuk menentukan perbandingan kandungan logam berat pada kedua bagian tubuh kerang hijau dilakukan dengan uji t (Sudjana 2002) sedangkan untuk mengetahui tingkat kelayakan keamanan dalam mengkonsumsi kerang hijau, maka dilakukan pendugaan resiko konsumsi kerang hijau melalui perhitungan PTWI (*Provisional*

Tolerable Weekly Intake). FAO/WHO (2004) menyatakan bahwa PTWI tergantung pada jumlah, jangka waktu konsumsi dan tingkat kontaminasi makanan yang dikonsumsi manusia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Daerah Penelitian

Secara geografis Kota Tanjung Balai Asahan berada di Kawasan Pantai Timur Sumatera, berada pada koordinat 99°48'00" BT dan 2°58'00" LU dengan ketinggian 0-3 meter dari permukaan laut dan luas wilayah 6.052 Ha dan memiliki bentuk topografi perairan yang landai dengan dasar perairan yang berlumpur. Pengukuran kualitas perairan dilakukan pada siang hari untuk mendapatkan intensitas cahaya yang maksimal. Hasil pengukuran parameter kualitas perairan di perairan Tanjung Balai Asahan diperoleh suhu berkisar antara 28,90 - 29,60°C dengan rata-rata 29,13°C; pH 7; salinitas 22,50 - 23,60‰ dengan rata-rata 23,1‰; kecepatan arus 0,18 m/detik; kecerahan 0,3 - 0,31 m dengan rata-rata 0,30 m (Tabel 1).

Parameter Lingkungan Perairan

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

Ulangan	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)	Kecepatan arus (m/detik)	Kecerahan (m)
I	29,60	7	23,20	0,18	0,30
II	28,90	7	23,60	0,18	0,31
III	28,90	7	22,50	0,18	0,31
Rata-rata	29,13	7	23,10	0,18	0,30

Sumber: Data Primer

Suhu merupakan parameter perairan yang sangat penting karena mempengaruhi sifat fisika kimia perairan. Hasil penelitian Waldichuk *et al.*, (1974), menyatakan bahwa kenaikan suhu, penurunan pH dan penurunan salinitas perairan menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin besar. Faktor yang mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat adalah kondisi lingkungan perairan seperti suhu, pH dan salinitas (Rudiyanti, 2007).

Kandungan Logam Pb, Cu, Zn pada Daging dengan Ukuran Tubuh yang Berbeda

Tabel 2. Kandungan Logam Pb, Cu, Zn (Rata-rata ± Standar Deviasi) pada Daging Berdasarkan Ukuran Tubuh *P. viridis*

Ukuran (mm)		Kandungan Logam (µg/g)		
		Pb	Cu	Zn
Besar	(80-90)	0,81 ± 0,04	8,43 ± 1,46	295,93 ± 40,61
Sedang	(70-78)	1,13 ± 0,43	8,72 ± 2,09	240,09 ± 5,18
Kecil	(57-69)	1,17 ± 0,31	8,24 ± 1,35	262,03 ± 122,19
Rata-rata		1,04 ± 0,32	8,46 ± 1,46	266,01 ± 68,88

Sumber: Data Primer

Kandungan Pb yang tertinggi terdapat pada daging ukuran kecil, Cu pada daging ukuran sedang dan Zn pada daging ukuran besar (Tabel 2). Hasil penelitian sebelumnya memberikan gambaran bahwa pada umumnya semakin

besar ukuran kerang maka kandungan logam berat akan menurun. Rudiyanthi (2007) menyatakan bahwa kerang yang berukuran kecil memiliki kemampuan akumulasi yang lebih besar dibandingkan dengan kerang yang berukuran lebih besar. Diduga semakin besar ukuran kerang maka akan semakin baik kemampuannya dalam mengeliminasi logam berat. Proses pertumbuhan dan perkembangan dari kerang telah mengalami puncaknya setelah pada tahap ukuran sedang kemudian mengalami penurunan perkembangan pada tahap ukuran besar. Oleh karena proses metabolisme mengalami penurunan, maka kemampuan untuk mengakumulasi logam juga mengalami penurunan sehingga konsentrasi logam pada spesies yang berukuran besar menjadi lebih rendah dibandingkan yang berukuran sedang. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Aunurohim (2008), bahwa pada saat proses metabolisme mencapai puncaknya, maka kebutuhan akan logam berat juga semakin meningkat. Hal inilah yang memungkinkan konsentrasi logam berat pada kerang lebih tinggi pada saat masa produktif (ukuran sedang) dibandingkan pada kerang yang berukuran kecil dan besar.

Kandungan Logam Pb, Cu, Zn Pada Cangkang dengan Ukuran Tubuh yang Berbeda

Tabel 3. Kandungan Logam Pb, Cu, Zn (Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi) pada Cangkang Berdasarkan Ukuran Tubuh *P. viridis*

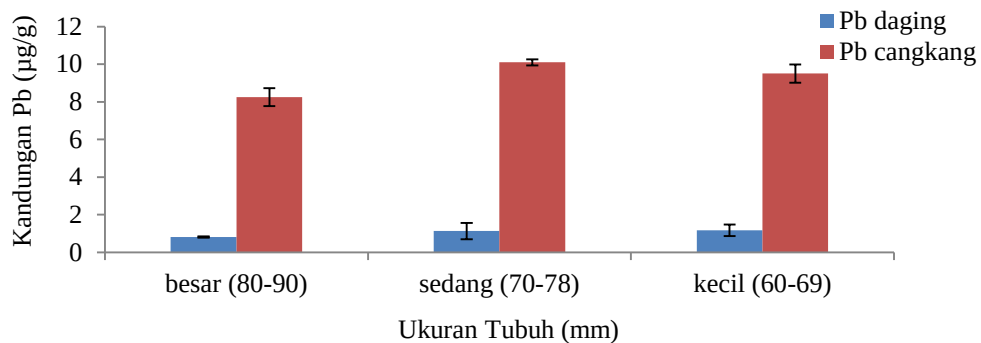
Ukuran (mm)		Kandungan Logam ($\mu\text{g/g}$)		
		Pb	Cu	Zn
Besar	(80-90)	8,25 $\pm$ 0,48	11,97 $\pm$ 2,16	680,85 $\pm$ 41,81
Sedang	(70-78)	10,10 $\pm$ 0,16	13,48 $\pm$ 0,80	597,82 $\pm$ 62,55
Kecil	(57-69)	9,50 $\pm$ 0,48	17,90 $\pm$ 7,43	497,63 $\pm$ 72,84
Rata-rata		9,28 $\pm$ 0,89	14,45 $\pm$ 4,72	592,10 $\pm$ 95,16

Sumber: Data Primer

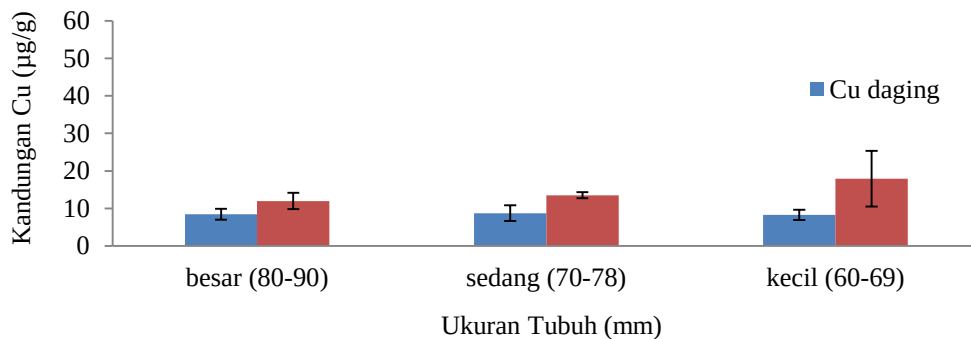
Berdasarkan hasil analisis diketahui kandungan Pb lebih tinggi terdapat pada cangkang ukuran sedang, Cu tinggi terdapat pada cangkang ukuran kecil, sedangkan Zn tinggi pada cangkang ukuran besar (Tabel 3). Kandungan logam Cu pada cangkang kerang hijau yang berukuran kecil memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang berukuran besar. Secara teoritis, ukuran cangkang yang besar berkorelasi positif dengan meningkatnya umur, dan meningkatnya umur juga berkorelasi positif dengan meningkatnya konsentrasi logam berat pada tubuh. Namun, pada penelitian ini hal tersebut terpendak, karena *P. viridis* yang berukuran kecil justru mengakumulasi logam Cu lebih kecil. Kondisi ini ternyata telah diteliti oleh ahli biologi lain, seperti Bat and Oztork (1999) yang menduga terjadi *growth-dilution* dengan menggunakan objek penelitian pada *Mytilus edulis*. Insuwasri (1995) menyatakan bahwa kadar kadmium dan merkuri yang terdapat dalam kerang hijau selalu menurun seiring dengan naiknya ukuran kerang. Aunurohim (2006) menyatakan bahwa bioakumulasi logam Cd juga cenderung menurun seiring dengan meningkatnya ukuran cangkang pada *Anadara inaequata* di Kenjeran dan Kangean.

Fenomena *growth-dilution* akumulasi logam berat memang sering ditemukan pada penelitian yang berkaitan dengan bivalvia. Beberapa alasan terkait *growth-dilution* adalah diduga mekanisme *growth-dilution* terkait erat dengan cara makan kerang bivalvia yaitu *filter-feeder*. Aliran air laut akan berlanjut menuju ke labial

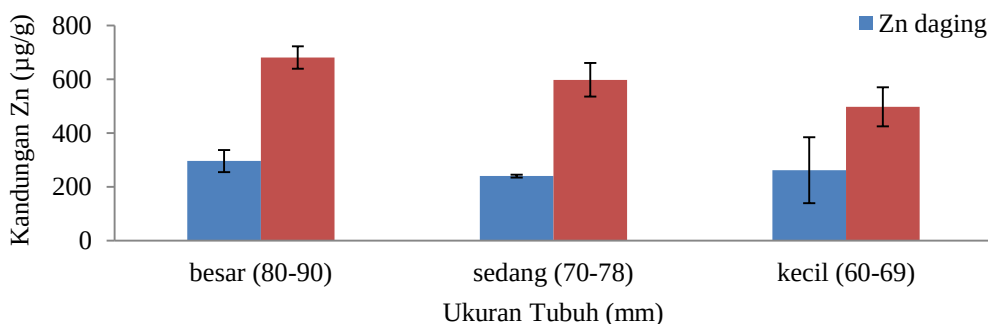
palp dimana pada bagian tersebut akan melalui beberapa proses penyaringan dengan silia-silia. Partikel yang berukuran kecil akan lolos, sementara yang berukuran besar akan dikeluarkan kembali melalui sifon-inkuren dalam bentuk *pseudofeces* (Pechenik, 2000). Hal ini diduga merupakan salah satu faktor menurunnya konsentrasi kadmium seiring dengan membesarnya ukuran tubuh. Tiram *Crassostrea sp.* yang dibudidayakan di Willapa Bay mengakumulasi kadmium lebih banyak pada masa pertumbuhan tahun pertama dan kedua dalam siklus hidupnya. Sementara tahun ketiga dan keempat justru mengalami penurunan. Hal ini diduga karena adanya tingkat kejenuhan organisme tersebut dalam mengakumulasi kadmium. Oleh karena itu, diduga juga bahwa tingkat akumulasi logam berat sangat bergantung pada jenis spesies (Cheney, 2007).



Gambar 1. Grafik Kandungan Logam Pb (Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi) pada *P. viridis* di Perairan Tanjung Balai Asahan



Gambar 2. Grafik Kandungan Logam Cu (Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi) pada *P. viridis* di Perairan Tanjung Balai Asahan



Gambar 3. Grafik Kandungan Logam Zn (Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi) pada *P. viridis* di Perairan Tanjung Balai Asahan

Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn Berdasarkan Bagian Tubuh

Tabel 4. Kandungan (Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi) Logam Pb, Cu, Zn Berdasarkan Bagian Tubuh *P. viridis*

Bagian Tubuh	Kandungan Logam ($\mu\text{g/g}$)		
	Pb	Cu	Zn
Daging	1,04 $\pm$ 0,32	8,46 $\pm$ 1,46	266,01 $\pm$ 68,88
Cangkang	9,28 $\pm$ 0,89	14,45 $\pm$ 4,72	592,10 $\pm$ 95,16

Sumber: Data Primer

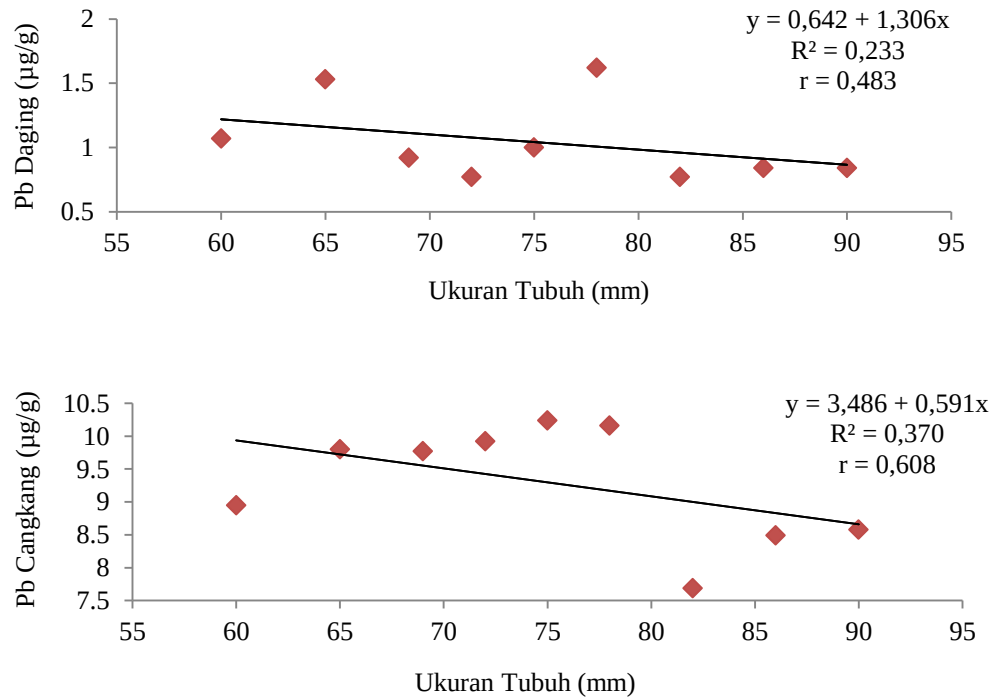
Kandungan Pb, Cu, Zn pada *P. viridis* berdasarkan bagian tubuh memiliki kandungan logam berat yang berbeda-beda. Perbedaan kecepatan laju metabolisme, penyerapan makanan dan bahan-bahan organik kemungkinan menjadi penyebabnya. Setiap organ tubuh kerang mempunyai peran yang berbeda baik dalam fungsi metabolisme atau fisiologisnya, yang dapat mempengaruhi distribusi logam dalam jaringan yang berbeda dari kerang, akibatnya proses detoksifikasi logam juga bisa berbeda (Roesijadi dan Robinson, 1994).

Kandungan Pb, Cu, Zn lebih tinggi terdapat pada cangkang dibandingkan daging (Tabel 4). Lares dan Orians (2001) menyatakan daging merupakan jaringan yang biasanya paling rendah kandungan logam esensial maupun non esensialnya. Kandungan logam berat Pb dan Cu paling besar terdapat pada cangkang dibandingkan dengan daging (Azhar, 2012). Khaled (2004) menyatakan bahwa rendahnya konsentrasi logam berat di dalam daging ada kaitannya dengan peran fisiologis dalam metabolisme ikan tersebut. Karadede dan Unlo *dalam* Al-Weher (2008) juga menyatakan bahwa daging bukan merupakan jaringan aktif dalam mengakumulasi logam berat. Wong *dalam* Nicula (2008) juga menyatakan bahwa daging merupakan jaringan yang biasanya paling rendah konsentrasi logam esensial maupun non esensialnya pada ikan.

Kandungan logam yang paling besar di kedua bagian tubuh adalah Zn dibandingkan Pb dan Cu. Hal ini disebabkan karena logam Zn adalah logam yang esensial yaitu berguna untuk perkembangan dan pertumbuhan makhluk hidup. Logam yang bersifat esensial dibutuhkan organisme dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimmatik (Sanusi, 2006).

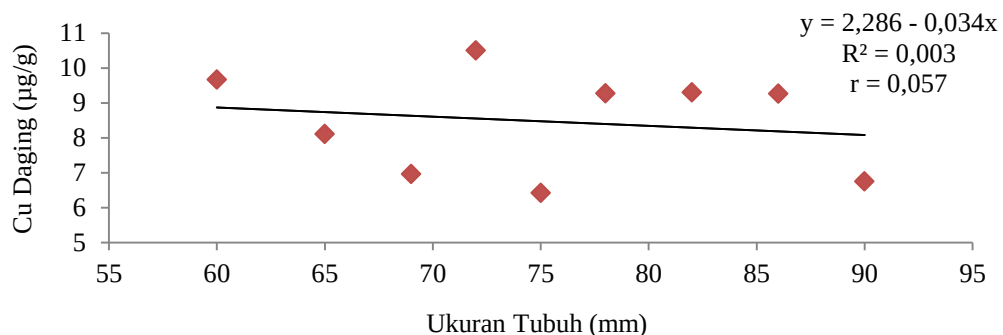
Hubungan Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn pada Daging dan Cangkang *P. viridis* dengan Ukuran Tubuh

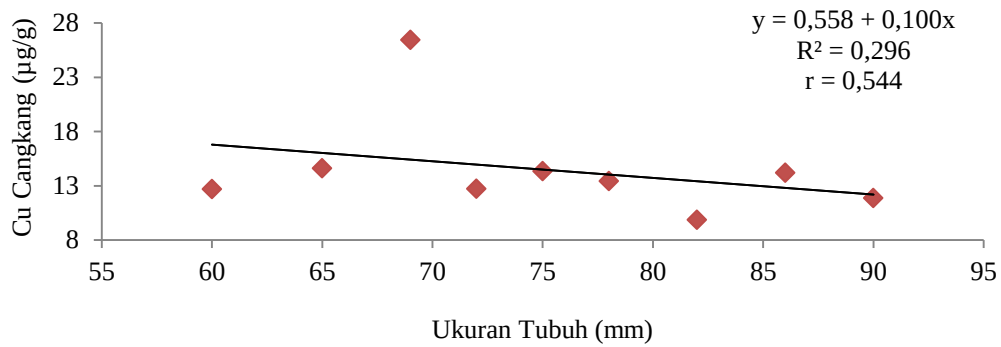
Hasil uji regresi sederhana antara kandungan logam Pb pada daging dengan ukuran tubuh menunjukkan hubungan yang positif dengan persamaan $y = 0,642 + 1,306x$, $R^2 = 0,233$ dan $r = 0,483$, artinya semakin kecil ukuran daging maka semakin tinggi kandungan logam beratnya dan sebaliknya. Koefisien korelasi diperoleh sebesar 0,483 atau memiliki hubungan sedang (Gambar 1). Kandungan Pb pada cangkang dengan ukuran tubuh menunjukkan persamaan $y = 3,486 + 0,591x$, $R^2 = 0,370$ dan $r = 0,608$. Koefisien korelasi didapat sebesar 0,608 atau memiliki hubungan sedang (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik Hubungan Kandungan Logam Pb pada Daging dan Cangkang dengan Ukuran yang Berbeda

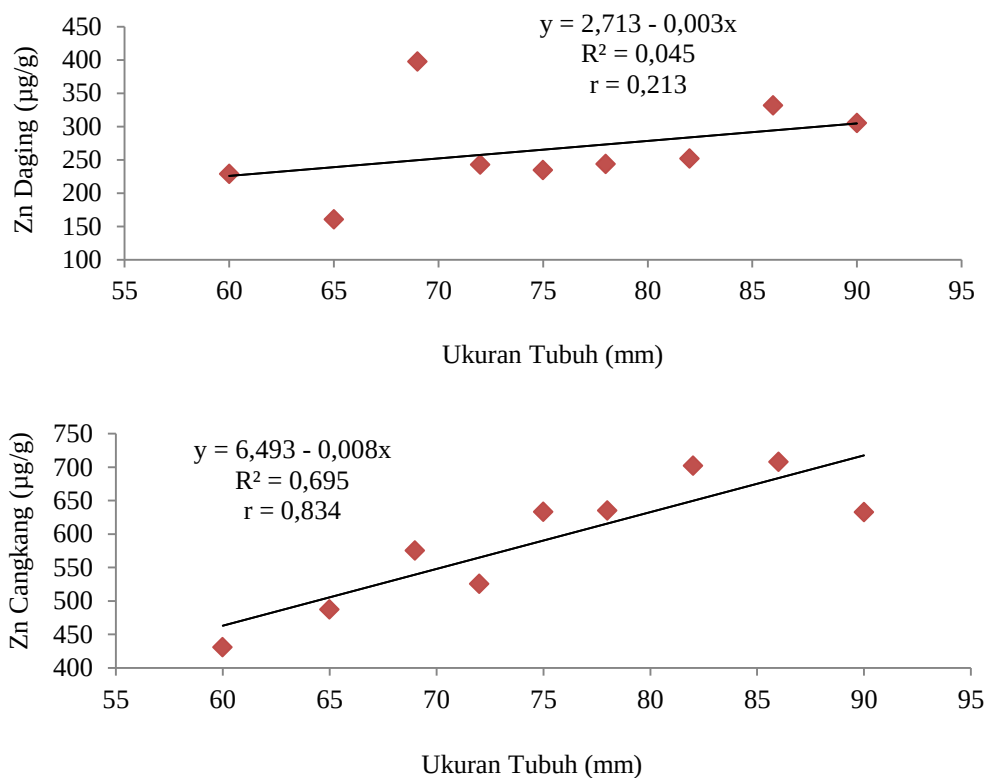
Uji regresi sederhana antara kandungan Cu pada daging dengan ukuran tubuh menunjukkan hubungan yang positif dengan persamaan $y = 2,286 - 0,034x$, $R^2 = 0,003$ dan $r = 0,057$. Tanda negatif menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran daging maka semakin tinggi kandungan logam beratnya. Nilai koefisien korelasi didapat sebesar 0,057 atau hubungan sangat lemah (Gambar 6). Kandungan logam Cu pada cangkang dengan ukuran tubuh menunjukkan hubungan positif, dengan persamaan $y = 0,558 + 0,100x$, $R^2 = 0,296$ dan $r = 0,544$. Tanda positif menunjukkan bahwa ukuran cangkang yang kecil terdapat kandungan logam berat Cu yang lebih tinggi. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,544 atau hubungan sedang (Gambar 2).





Gambar 2. Grafik Hubungan Kandungan Logam Cu pada Daging dan Cangkgang dengan Ukuran yang Berbeda

Uji regresi sederhana antara kandungan Zn pada daging dengan ukuran adalah lemah. Artinya semakin besar ukuran daging maka kandungan logam berat akan semakin tinggi, dengan persamaan $y = 2,713 - 0,003x$, $R^2 = 0,045$ dan $r = 0,213$. Kandungan Zn pada cangkang dengan ukuran tubuh memiliki persamaan $y = 6,493 - 0,008x$, $R^2 = 0,695$ dan $r = 0,834$. Tanda negatif menunjukkan bahwa semakin besar ukuran cangkang maka semakin tinggi kandungan logam beratnya. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,834 atau memiliki hubungan kuat (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Hubungan Kandungan Logam Zn pada Daging dan Cangkgang dengan Ukuran yang Berbeda

Kelayakan Konsumsi Kerang Hijau (*P. viridis*)

Untuk mengetahui keamanan dalam mengkonsumsi *P. viridis* dari perairan Tanjung Balai Asahan, maka dilakukan pendugaan resiko konsumsi kerang melalui perhitungan PTWI (*Provisional Tolerable Weekly Intake*). FAO/WHO (2004) menyatakan PTWI tergantung pada jumlah, jangka waktu konsumsi dan tingkat kontaminasi makanan yang dikonsumsi oleh manusia.

Nilai PTWI akan tercapai apabila masyarakat dengan berat tubuh 70 kg mengkonsumsi *P. viridis* sebanyak 6,73 kg/minggu untuk logam Pb, 116,11 kg/minggu untuk logam Cu dan 7,36 kg/minggu untuk logam Zn. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *P. viridis* dari perairan Tanjung Balai Asahan masih dapat dikonsumsi selama tidak melampaui batas yang telah ditetapkan tersebut.

Perbandingan Rata-rata Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Zn Dengan Beberapa Penelitian Pada Bivalvia Dari Perairan Lain

Tabel 5. Perbandingan Logam Pb, Cu, Zn pada Beberapa Bivalvia Dari Perairan Lain

Perairan	Biota	Kandungan Logam ($\mu\text{g/g}$)			Referensi
		Pb	Cu	Zn	
Southern Baltic	<i>M. edulis</i>	0,80	23,20	-	Szefer (1991)
Western Baltic	<i>M. edulis</i>	2,07	17,80	-	Struck <i>et al.</i> , (1997)
Paninsular Malaysia	<i>P. viridis</i>	3,49-31,10	1,16-18,60	60,50-119,50	Yap <i>et al.</i> , (2003)
Thailand	<i>M. edulis</i>	1,41	8,75	-	Philips & Muttarasin (1985)
Thailand	<i>P. viridis</i>	6,67	133,00	667,00	MPHT (1986)
Australia	<i>P. viridis</i>	-	350,00	750,00	NHMRC (1987)
Tanjung Balai Asahan	<i>P. viridis</i>	1,04	8,46	266,01	Ompusunggu (2014)**

Keterangan : (**) Penelitian ini
(-) Tidak dianalisis

Perbandingan kandungan Pb, Cu pada *P. viridis* tidaklah jauh berbeda dengan kandungan Pb, Cu pada jenis bivalva lain seperti *M. edulis* di perairan Southern Baltic dan Western Baltic. Pada penelitian lain *P. viridis* di perairan Thailand dan Australia kandungan Cu dan Zn sangat tinggi dibandingkan penelitian ini. Hal ini tidak terlepas dari kemampuan organisme dalam mengakumulasi logam berat dan perbedaan aktivitas antropogenik yang ada di perairan tersebut (Tabel 5).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan kandungan Pb, Cu, Zn yang terdapat pada daging dan cangkang berbeda-beda. Kandungan logam Pb, Cu, Zn lebih tinggi terdapat pada cangkang dibandingkan daging.

Kandungan Pb, Cu, Zn berdasarkan ukuran tubuh didapat hasil Pb pada daging lebih tinggi pada ukuran kecil, Cu cenderung lebih tinggi pada ukuran sedang dan Zn lebih tinggi pada ukuran besar. Pada cangkang kandungan Cu lebih

tinggi pada ukuran kecil, Pb lebih tinggi pada ukuran sedang dan Zn tinggi pada ukuran besar.

Berdasarkan ukuran tubuh kerang hijau, kandungan logam berat yang terdapat di dalam daging diketahui logam Pb memiliki korelasi positif dengan ukuran panjang sedangkan logam Cu dan Zn berkorelasi negatif dengan ukuran panjang. Kandungan logam berat pada cangkang berdasarkan ukuran tubuh kerang hijau diketahui logam Zn memiliki korelasi negatif dengan ukuran panjang sedangkan logam Pb dan Cu berkorelasi positif dengan ukuran panjang.

Nilai PTWI akan tercapai apabila masyarakat dengan berat tubuh 70 kg mengkonsumsi *P. viridis* sebanyak 6,73 kg/minggunya untuk logam Pb, untuk logam Cu sebanyak 116,11 kg/minggunya dan 7,36 kg/minggunya untuk logam Zn. Dengan demikian *P. viridis* dari perairan Tanjung Balai Asahan masih dapat dikonsumsi selama tidak melampaui batas yang telah ditetapkan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Weher, S. M., 2008. Levels of Heavy Metal Cd, Cu and Zn in Three Fish Species Collected from the Northern Jordan Valley, Jordan. *Jordan Journal of Biological Sciences*. Vol 1: 41-46
- Aunurohim, G. Radenac, D. Fichet., 2006. Konsentrasi Logam Berat pada Makrofauna Bentik di Kepulauan Kangean Madura. *Berkala Penelitian Hayati*. 12 (1): 79-85.
- Azhar, H. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Simping (*Amusium pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak Serta Analisis Maksimum Tolerable Intake pada Manusia. *Journal of Marine Research*. 1(2): 35-44
- Bat, L and Oztork, M., 1999. Copper, Zinc, Lead and Cadmium Concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819 from the Sinop Coast of the Black Sea. *Tr.J. of Zoology*. 23: 321-326.
- FAO/WHO, 2004. Summary of Evaluations Ferformade by the Jint FAO/WHO Expert Committe of Food Additives (JECFA 1956-2003), ILSI Press International Life Sciences Institute.
- Inswiasri., Lubis, A. T., 1995. Kandungan Logam Berat Kadmium dalam Biota Laut Jenis Kerang-Kerangan dari teluk Jakarta. *Majalah Cermin Dunia Kedokteran* no 103.
- Lares, M. L. dan K. J. Orians, 2001. Differences in Cd Elimination From *Mytilus californianus* and *Mytilus trossulus* Soft Tissues. *Environmental Pollution*. 112: 201-207.
- MPHT (Ministry of Public Health, Thailand). 1986. Residues in foods. Part 23, 103: 1123-1124. Special Issue, 16 February. The Goverment Gazette, Bangkok, Thailand.
- NHMRC (National Health and Medical Research Council). 1987. National food standard A 12: Metal and contaminants in food. Canberra, Australia: Australian Government Publishing Services.

- Nicula, M., P., Negrea, I., Gergen, M., Harmanescu, Gogoasai, M., Lunca. 2008. Mercury Bioaccumulation in Tissues of Fresh Water Fish *Carassius auratus gibelio* (Silver Crucian Carp) After Chronic Mercury Intoxication. *Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Iasi Lucrari Stiintifice*. 52: 676-679
- Pechenik, J, A., 2000. *Biology of the Invertebrates*. McGraw Hill company, New York, USA.
- Philips, D. J. H and Muttarasin, K.1985. Trace Metals in Bivalve Molluscs from Thailand. *Marine Environmental Research*. 15 (3): 215-234.
- Roesijadi, G. And W. E. Robinson, 1994. Metal Regulation in Aquatic Animals; Mechanisms of Uptake, Accumulation and Release. in D.C. Matins and G.K. Ostrander (Eds), *Aquatic Toxicology: Molecular Biochemical and Cellular Perspectives* (p.387-420). Boca Raton: Lewis Publishers.
- Rudiyanti, S. 2007. Biokonsentrasi Kerang Darah (*Anadara granosa*) terhadap logam berat Cd yang Terkandung Dalam Media Pemeliharaan yang Berasal dari Perairan Kaliwungu, Kendal. *Jurnal Penelitian*. Universitas Diponegoro Semarang. 12 hal.
- Sanusi, H. S. 2006. Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Prartono T, Supriyono E, editor. Institut Pertanian Bogor. 188 hlm.
- Struck, B.D., Pelzer, R., Ostapczuk, P., Emons, H., Mohl, C., 1997. Statistical Evaluation of Ecosystem Properties Influencing the Uptake of As, Cd, Co, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn in Seaweed (*Fucus vesiculosus*) and Common Mussel (*Mytilus edulis*). *The Science of the Total Environment*. 207: 29-42.
- Sudjana, 2002. *Metode Statistika*. Tarsito. Bandung
- Szefer, P., 1991. Interphase and Trophic Relationship of Metals in a Southern Baltic Ecosystem. *The Science of the Total Environment*. 101: 201-215.
- Waldichuk, M. 1974. Some Biology Concentration in Metal Pollution. In F.J.Verberg (eds). *Pollution and Physiology of Marine Organism*. Academic Press. London. P 1-15.
- Yap, C. K., A. Ismail dan S. G. Tan. 2003. Background Concentrations of Cd, Cu, Pb, Zn in the Green-Lipped Mussel *Perna viridis* (Linnaeus) From Peninsular Malaysia. *Marine Pollution Bulletin* 46 : 1035-1048.