

Concentration of Heavy Metals Pb and Cu in some parts of Mudskipper (*Periophthalmus* sp) in The Strait Waters of Rupert, Riau Province

By

Wage Pranowo¹⁾, Syahril Nedi²⁾ and Yusni Ikhwan²⁾
wage.pranowo@gmail.com

Abstract

Heavy metals pollution has become problem in coastal waters due to anthropogenic activities such as disposal of industrial waste, sailing and mining. The research of heavy metals concentration Pb and Cu on mudskipper's organ systems (muscles, gills and bones) was conducted. It is found that the content of Pb in muscles, gills and bones is in the range 4,6563 – 5,4231 ($\mu\text{g/g}$), 3,0857 – 4,1851 ($\mu\text{g/g}$), and 2,7716 – 4,1205 ($\mu\text{g/g}$). While the content of Cu in the muscles, gills and bones is in the range 3,0317 – 3,3333 ($\mu\text{g/g}$), 1,7619 – 2,8810 ($\mu\text{g/g}$), and 1,9762 – 3,0159 ($\mu\text{g/g}$). There is a clear difference on the concentration of Pb and Cu in muscles, gills and bones ($P < 0,01$). Based on the accumulation of the heavy metals concentration in Mudskipper, the content of Pb and Cu is higher in the small size of Mudskipper than in the big size of Mudskipper. According to the sampling location, the highest Pb composition found in North Rupert Waters, 4,3838 ($\mu\text{g/g}$) while the highest Cu composition found in Dumai Coastal Waters, 2,6085 ($\mu\text{g/g}$).

Keywords : *Heavy Metals , Mudskipper (Periophthalmus sp), Rupert Strait*

1) Student of Faculty of Fisheries and Marine Sciences University of Riau

2) Lecturer of Faculty of Fisheries and Marine Sciences University of Riau

PENDAHULUAN

Perairan Selat Rupert merupakan selat kecil yang terdapat di Selat Malaka dan secara geografis terletak diantara pesisir Kota Dumai dengan Pulau Rupert Provinsi Riau. Perairan Selat Rupert menjadi salah satu kawasan yang sangat terpengaruh dengan adanya aktivitas antropogenik seperti aktivitas pemukiman, kegiatan industri dan aktivitas pelabuhan yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas perairan seperti meningkatnya jumlah kandungan logam berat.

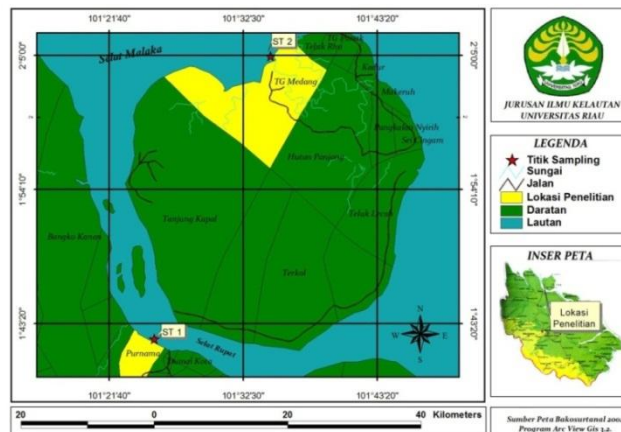
Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang sangat berbahaya karena bersifat toksik apabila dalam jumlah yang besar dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan, baik itu dari aspek biologis maupun aspek ekologis. Logam berat juga terserap dan tertimbun di dalam jaringan ikan (bioakumulasi), dimana pada saat konsentrasi tertentu akan dapat merusak bagian organ dalam jaringan tubuhnya (Alifia *dalam* Fairy, 2008).

Salah satu hal yang perlu dilakukan dalam pengendalian dan pemantauan dampak lingkungan adalah melakukan analisis unsur-unsur logam berat pada biota air seperti ikan, karena di dalam tubuh ikan unsur logam yang berlebihan akan mengalami detoksifikasi. Ikan juga merupakan indikator yang baik untuk pemantauan akumulasi logam berat dalam lingkungan laut untuk jangka panjang (Palar *dalam* Supriyanto *et al*, 2007). Ikan Tembakul merupakan salah satu jenis ikan yang diketahui hidup dan menetap di daerah pantai yang ditumbuhi oleh hutan mangrove. Jenis ikan ini merupakan salah satu biota laut yang cocok untuk dijadikan sebagai bioindikator pencemaran lingkungan yang ditempatinya. Habitat hidup ikan Tembakul menetap atau sifat bioakumulasinya terhadap logam berat (Darmono, 2001).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Pb dan Cu yang terakumulasi pada ikan Tembakul berdasarkan ukuran yang berbeda, mengetahui perbandingan konsentrasi Pb dan Cu pada ikan Tembakul dengan dua stasiun yang berbeda aktivitas disekitar Perairan Selat Rupas dan mengetahui distribusi dan rata-rata konsentrasi Pb dan Cu pada daging, insang dan tulang ikan Tembakul di Perairan Selat Rupas. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini mendapatkan informasi tentang kandungan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang terdapat pada daging, insang dan tulang ikan Tembakul dengan ukuran yang berbeda di perairan Selat Rupas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015. Survei dan pengambilan sampel ikan Tembakul dilakukan di perairan pantai Kota Dumai dan perairan Rupas Utara Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Proses analisis konsentrasi logam berat dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei. Analisis kandungan logam berat pada bagian tubuh ikan Tembakul dilakukan dengan metode kering berdasarkan prosedur Yap *et al*, (2003). Uji T digunakan untuk membandingkan kandungan logam berat antar

stasiun pengambilan sampel dan antar ukuran ikan Tembakul. Uji Anova digunakan untuk membandingkan kandungan logam berat Pb dan Cu berdasarkan bagian tubuh ikan Tembakul dan dilanjutkan dengan Uji lanjut LSD (*Least Significance Different*). Untuk pengolahan data dibuat dengan bantuan software *Microsoft Excel* dan *Statistical Package for Social Science (SPSS)* versi 16.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Perairan

Parameter kualitas perairan yang diukur pada penelitian ini yaitu berupa suhu, salinitas, pH, kecepatan arus, dan kecerahan. Hasil pengukuran parameter lingkungan perairan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan Perairan

Stasiun	Parameter Lingkungan				
	Suhu °C	pH	Salinitas (ppt)	Kecerahan (cm)	Kecepatan Arus (m/det)
I	32	7	30	40	0,11
II	29	7	32	45	0,11

Keterangan: St I : Dumai dan St II : Rupal Utara

Dari hasil pengukuran parameter kualitas perairan Selat Rupal diperoleh sekitar suhu sekitar 29-32° C, pH 7, salinitas 30-32 ‰, kecerahan 40-45 cm dan kecepatan arus 0,11 m/det . Pengukuran dilakukan pada permukaan perairan pada saat pasang yang bertujuan untuk mengetahui keadaan perairan saat penelitian dilaksanakan.

Kandungan Logam Pb dan Cu Pada Bagian Tubuh Ikan Tembakul (*Periophthalmus* sp) Berdasarkan Ukuran Tubuh dan Stasiun

Kandungan logam berat Pb dan Cu pada beberapa bagian tubuh ikan Tembakul dari setiap stasiun (Tabel 2 dan 3). Untuk Kandungan logam berat Pb dan Cu pada setiap stasiun (Tabel 4).

Tabel 2. Kandungan (Rata-rata \pm Standar Deviasi) Logam Pb pada Beberapa Bagian Tubuh Ikan Tembakul

Ukuran Tubuh	Bagian Tubuh	Kandungan Logam Pb ($\mu\text{g}/\text{g}$)	
		Stasiun I	Stasiun II
Kecil	Daging	4,4993 \pm 0,2107	4,6563 \pm 0,3174
	Insang	3,7786 \pm 0,8900	4,1851 \pm 1,1565
	Tulang	3,8710 \pm 1,0373	4,1112 \pm 0,5175
Besar	Daging	4,8411 \pm 0,5271	5,4231 \pm 0,6134
	Insang	3,0857 \pm 0,4448	3,8064 \pm 0,4191
	Tulang	2,7716 \pm 0,7413	4,1205 \pm 0,4411

Keterangan: St I : Dumai dan St II : Rupal Utara

Tabel 3. Kandungan (Rata-rata \pm Standar Deviasi) Logam Cu pada Beberapa Bagian Tubuh Ikan Tembakul

Ukuran Tubuh	Bagian Tubuh	Kandungan Logam Cu ($\mu\text{g/g}$)	
		Stasiun I	Stasiun II
Kecil	Daging	$3,0317 \pm 0,5707$	$3,3333 \pm 0,3669$
	Insang	$2,8810 \pm 0,9258$	$2,0238 \pm 0,3560$
	Tulang	$2,3968 \pm 1,0705$	$3,0159 \pm 1,1374$
Besar	Daging	$3,2937 \pm 0,3637$	$3,0476 \pm 0,3576$
	Insang	$1,7619 \pm 0,2924$	$2,0000 \pm 0,2924$
	Tulang	$2,2857 \pm 0,9355$	$1,9762 \pm 0,2962$

Keterangan: St I : Dumai dan St II : Rupat Utara

Tabel 4. Kandungan Logam Pb dan Cu pada Ikan Tembakul Antar Stasiun

Stasiun	Kandungan Logam ($\mu\text{g/g}$)	
	Pb	Cu
I	$3,8079 \pm 0,6419$	$2,6085 \pm 0,6931$
II	$4,3838 \pm 0,5775$	$2,5661 \pm 0,4678$

Keterangan: St I : Dumai dan St II : Rupat Utara

Hasil pengukuran kandungan logam berat Pb dan Cu pada beberapa bagian tubuh ikan Tembakul dari setiap stasiun muncul bahwa kandungan logam Pb tertinggi di Stasiun I terdapat pada daging ikan Tembakul yang berukuran besar. Sedangkan kandungan logam Pb terendah terdapat pada tulang ikan Tembakul yang berukuran besar. Untuk Stasiun II kandungan logam Pb tertinggi terdapat pada daging ikan Tembakul berukuran besar. Sedangkan kandungan logam Pb terendah terdapat pada insang ikan Tembakul yang berukuran besar.

Tinggi dan rendahnya kandungan logam Pb yang terdapat pada tubuh ikan Tembakul (*Periophthalmus* sp) disebabkan karena logam Pb bersifat logam non essensial yang berarti logam ini tidak dibutuhkan didalam tubuh organisme, akan tetapi logam tersebut dalam jaringan tubuh akan terus naik jika terjadi kenaikan konsentrasi logam berat didalam badan perairan. Hal ini sesuai dengan pendapat Darmono (dalam Japaruddin, 2010) yang menyatakan bahwa golongan logam-logam non essensial yang terkandung dalam jaringan tubuh organisme akan terus naik sesuai dengan kenaikan logam dalam badan perairan.

Tingginya konsentrasi logam Pb yang terakumulasi didalam daging daripada konsentrasi logam Pb yang terakumulasi pada tulang dan insang dari hasil penelitian ini juga kemungkinan disebabkan oleh peran fisiologis ikan Tembakul tersebut. Sebagaimana Khaled (2004) menyatakan bahwa tinggi dan rendahnya konsentrasi logam berat didalam daging pada suatu organisme ada kaitannya dengan peran fisiologis dalam metabolisme organisme tersebut.

Nilai kandungan logam Cu tertinggi di Stasiun I terdapat pada daging ikan Tembakul yang berukuran besar. Sedangkan kandungan logam Cu terendah terdapat pada insang ikan Tembakul yang berukuran besar. Untuk Stasiun II

kandungan logam Cu tertinggi terdapat pada daging ikan Tembakul berukuran kecil. Sedangkan kandungan logam Cu terendah terdapat pada tulang ikan Tembakul yang berukuran besar.

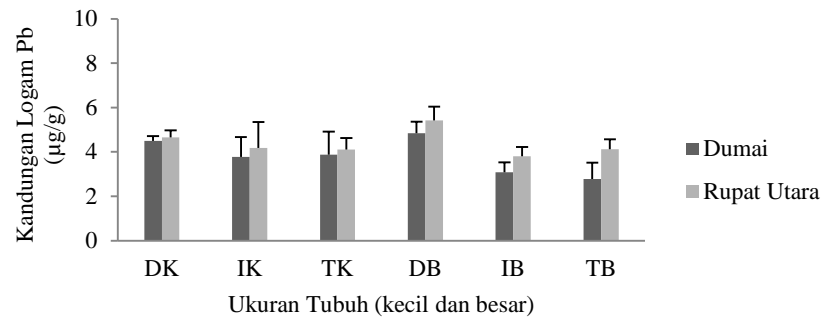
Tinggi dan rendahnya kandungan logam Cu yang terdapat pada tubuh ikan Tembakul (*Periophthalmus* sp) disebabkan karena logam Cu bersifat logam esensial yang berarti logam ini dibutuhkan di dalam tubuh organisme. Hal ini sesuai dengan pendapat Jhonson (*dalam* Sachira, 2005) yang menyatakan bahwa organisme perairan memerlukan Cu untuk proses fisiologis sebagai metal kofaktor dalam fisiologis enzim, dimana logam Cu berperan sebagai haemosianin dan otochrom bersama-sama dengan Fe dan Zn sebagai karbonik anhidrase. Akan tetapi rendahnya konsentrasi Cu bisa disebabkan karena kandungan logam berat Cu yang berada di lingkungan tersebut konsentrasinya lebih rendah dibandingkan dengan logam berat yang lain.

Tingginya konsentrasi logam Cu yang terakumulasi di dalam daging daripada konsentrasi logam Cu yang terakumulasi pada tulang dan insang dari hasil penelitian ini juga kemungkinan disebabkan oleh peran fisiologis, kemampuan dan fungsi regulasi ikan Tembakul tersebut. Sebagaimana Karuppasamy (*dalam* Murugan, 2008) yang menyatakan bahwa perbedaan dalam tingkat akumulasi pada organ-organ yang berbeda dari ikan yang diteliti dapat disebabkan oleh perbedaan dalam peran fisiologis dari setiap organ tersebut. Kemampuan dan fungsi regulasi juga menjadi faktor lain yang dapat mempengaruhi perbedaan akumulasi dalam berbagai jaringan (Romanenko *et al*, *dalam* Murugan, 2008).

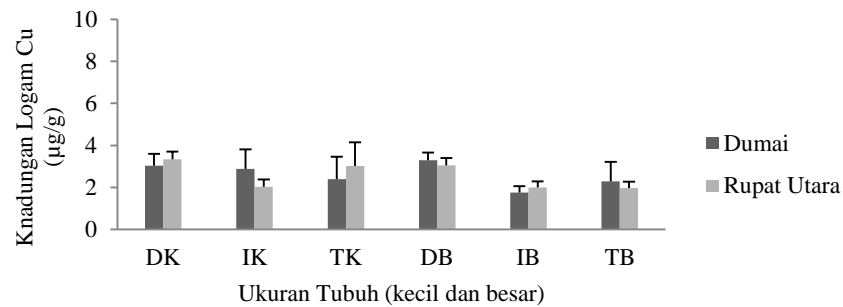
Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa nilai kandungan logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun II. Tingginya kandungan logam berat Pb pada Stasiun II kemungkinan disebabkan karena aktivitas antropogenik yang ada disekitar lokasi pengambilan sampel seperti pembuangan limbah rumah tangga, pelabuhan dan aktivitas pertambangan. Connel dan Miller (2006) yang menyatakan bahwa pemasukan logam Pb di perairan laut dapat berasal dari aktivitas pertambangan, korosi, dan limbah rumah tangga seperti kaleng makanan dan deterjen.

Tingginya kandungan logam Cu pada Stasiun I kemungkinan disebabkan karena banyaknya aktivitas antropogenik yang terdapat disekitar kawasan pesisir kota Dumai seperti kegiatan pelabuhan dan kegiatan industri. Arisandi (2004) menyatakan bahwa logam Cu dapat berasal dari aktivitas antropogenik seperti industri, pertambangan Cu, galangan kapal dan kegiatan pelabuhan. Rendahnya kandungan logam Cu pada Stasiun II juga disebabkan karena karakteristik dari daerah pengambilan sampel ikan Tembakul banyak ditumbuhi hutan mangrove. Widiowati *et al*, (2008) menyatakan bahwa pohon bakau dapat mengakumulasi logam Cu, Mn dan Zn.

Perbandingan kandungan logam Pb dan Cu pada daging, insang dan tulang ikan Tembakul berdasarkan panjang tubuh (Gambar 2 dan 3).



Gambar 2. Kandungan Logam Pb (Rata-rata \pm Standar Deviasi) Pada Ukuran Tubuh Ikan Tembakul di Perairan Selat Rupat.



Gambar 3. Kandungan Logam Cu (Rata-rata \pm Standar Deviasi) Pada Ukuran Tubuh Ikan Tembakul di Perairan Selat Rupat.

Keterangan: DK : Daging Ikan yang Berukuran Kecil
 IK : Insang Ikan yang Berukuran Kecil
 TK : Tulang Ikan yang Berukuran Kecil
 DB : Daging Ikan yang Berukuran Besar
 IK : Insang Ikan yang Berukuran Besar
 TK : Tulang Ikan yang Berukuran Besar

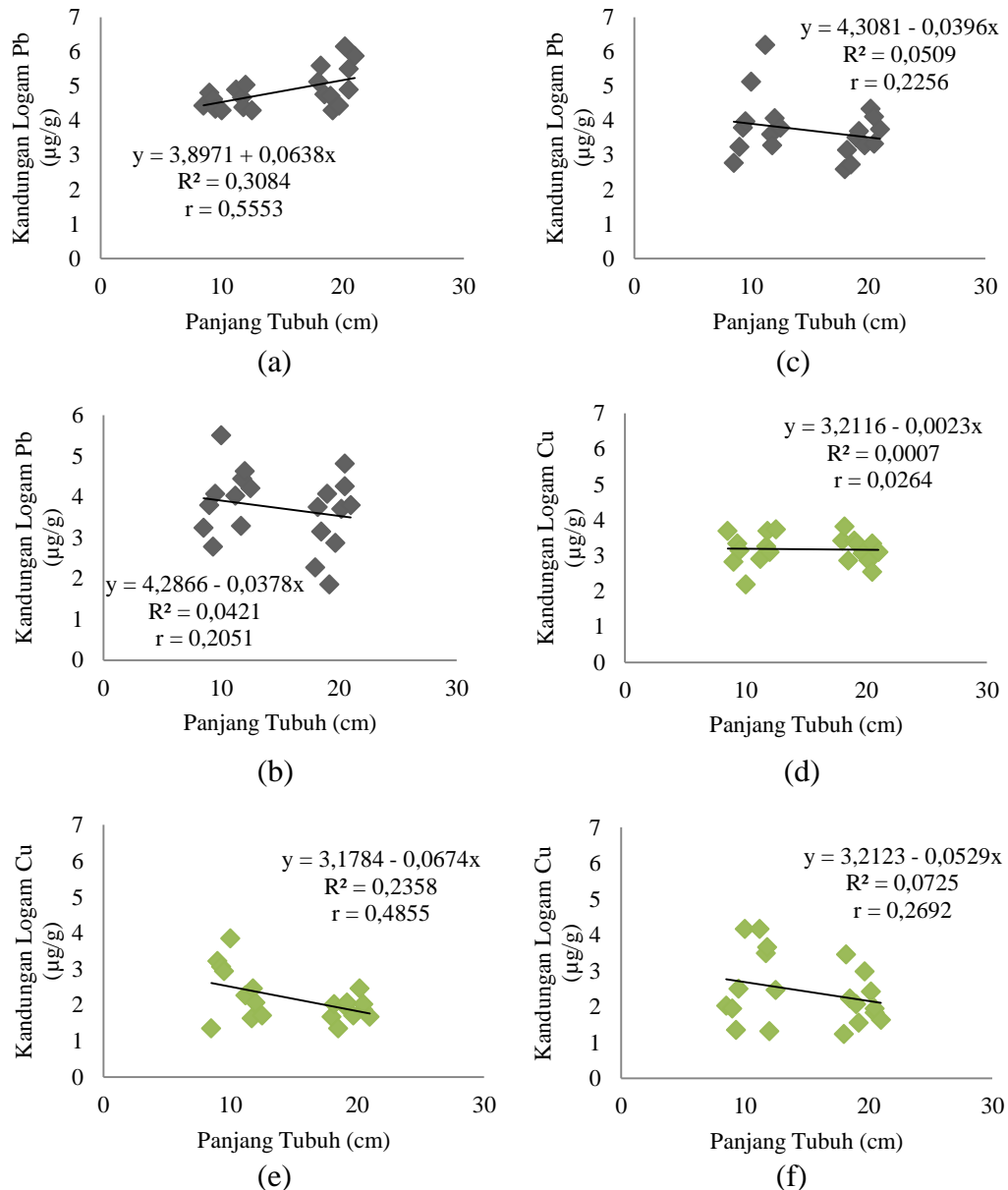
Berdasarkan Gambar 2 didapatkan bahwa secara umum rata-rata kandungan logam Pb pada daging, insang dan tulang ikan Tembakul lebih tinggi terakumulasi pada ikan yang berukuran kecil bila dibandingkan dengan ikan yang berukuran lebih besar. Rendahnya kandungan logam Pb pada daging, insang dan tulang ikan Tembakul yang berukuran besar disebabkan karena pertambahan ukuran tubuh dari laju pertumbuhan, hal ini sesuai dengan pendapat Leung *et al*, (dalam Panjaitan, 2006) yang menyatakan bahwa kecilnya kandungan logam berat yang terakumulasi pada suatu organisme yang berukuran besar disebabkan beberapa faktor, seperti perbedaan laju pertumbuhan, kecepatan metabolisme, tingkat sensitifitas tubuh terhadap pemasukan logam berat tertentu dan kebutuhan fisiologis terhadap logam berat. Nussey *et al*, (2000) juga menemukan adanya penumpukan logam Pb akan menurun dengan bertambahnya ukuran panjang ikan.

Berdasarkan Gambar 3 rendahnya kandungan logam Cu pada daging, insang dan tulang ikan Tembakul yang berukuran besar disebabkan karena logam Cu merupakan logam essential yang digunakan dalam proses metabolisme dan

membantu pertumbuhan. Halang (2007) menyatakan bahwa, logam Cu ini terus dimanfaatkan oleh beberapa organisme perairan untuk pertumbuhan makhluk hidup. Sehingga logam Cu didalam tubuh akan terus berkurang.

Hubungan Konsentrasi Logam Berat Pada Organ Tubuh Ikan Tembakul Dengan Panjang Tubuh Berbeda

Hasil analisis regresi linier antara kandungan logam berat Pb dan pada ikan Tembakul dengan bagian tubuh dan panjang tubuh yang berbeda (Gambar 4).



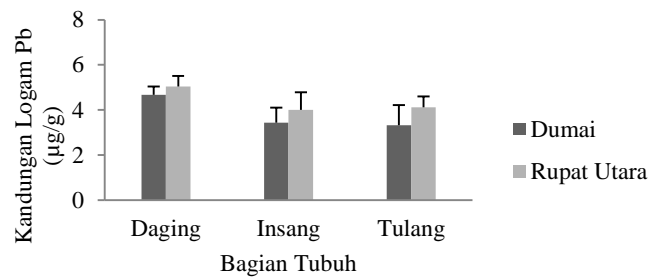
Gambar 4. Hubungan Logam Pb dan Cu pada Organ Tubuh dengan Panjang Tubuh Berbeda

Berdasarkan hasil uji regresi linear sederhana pada panjang ikan Tembakul terhadap kandungan logam Pb dan Cu di Perairan Selat Rupas menunjukkan hubungan yang negatif, dimana kandungan logam berat dalam daging, insang dan

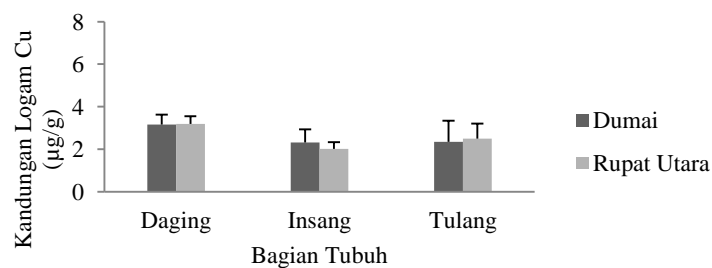
tulang ikan Tembakul dengan konsentrasi tinggi ditemukan pada ukuran ikan Tembakul yang lebih kecil. Pada ikan yang berukuran besar konsentrasi logam beratnya lebih kecil disebabkan karena logam berat yang masuk kedalam tubuh ikan akan mengalami proses pengenceran melalui proses pertumbuhan, sehingga peningkatan logam berat dalam tubuh ikan akan semakin berkurang seiring dengan penambahan ukuran tubuh individu. Canli *et al*, (2003) mengemukakan adanya hubungan antara konsentrasi logam berat Pb dan Cu dengan ukuran ikan dan menemukan adanya penurunan secara signifikan konsentrasi logam dengan peningkatan ukuran ikan.

Distribusi Logam Berat pada Tubuh Ikan Tembakul

Dari hasil rata-rata konsentrasi logam berat menunjukkan adanya variasi distribusi pada setiap bagian tubuh ikan Tembakul di perairan Selat Rupat untuk masing-masing logam berat. Untuk logam Pb di dalam daging berkisar antara 4,6563 – 5,4231 ($\mu\text{g/g}$), di dalam insang berkisar antara 3,0857 – 4,1851($\mu\text{g/g}$), dan tulang berkisar antara 2,7716 – 4,1205 ($\mu\text{g/g}$). Selanjutnya untuk logam Cu di dalam daging berkisar antara 3,0317 – 3,3333 ($\mu\text{g/g}$), di dalam insang berkisar antara 1,7619 – 2,8810 ($\mu\text{g/g}$), dan tulang berkisar antara 1,9762 – 3,0159 ($\mu\text{g/g}$). Untuk lebih jelasnya rata-rata kandungan logam berat pada masing-masing bagian tubuh ikan Tembakul dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Distribusi Logam Berat Pb pada Tubuh Ikan Tembakul



Gambar 11. Distribusi Logam Berat Cu pada Tubuh Ikan Tembakul

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis kandungan logam berat berdasarkan tingkat akumulasi pada ukuran ikan tembakul, kandungan Pb dan Cu lebih tinggi pada ukuran yang kecil dibandingkan dengan yang berukuran besar. Berdasarkan lokasi pengambilan sampel kandungan Pb tertinggi terdapat pada Stasiun II (Rupert Utara) dan

kandungan Cu tertinggi terdapat pada Stasiun I (Dumai). Hasil dari analisis kandungan logam berat Pb dan Cu pada bagian tubuh ikan Tembakul yang didapatkan yaitu nilai kandungan logam Pb tertinggi terdapat pada daging dan yang terendah terdapat pada bagian tulang. Selanjutnya untuk kandungan logam Cu tertinggi terdapat pada bagian daging dan yang terendah terdapat pada insang. Penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan mengenai analisis kandungan logam berat yang lain pada ikan Tembakul dengan memperbanyak stasiun pengambilan sampel disekitar perairan Selat Rupat untuk menambah informasi data mengenai status pencemaran di perairan Selat Rupat terhadap ikan Tembakul.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, P. 2004. Mewaspadaai Bahaya Timbal di Surabaya. <http://www.ecoton.or.id>. Diakses pada tanggal 08 April 2015 pukul 21.13 WIB.
- Canli, M. dan G. Atli. 2003. The Relationship Between Heavy Metals and Their Compounds. in O. Kinne (ed). *Marine Ecology*. Vol 5. Jhon Willey and Sons Ltd, London. 1289-1431 p.
- Connel, W. D., and J. G. Miller. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Terjemahan Koestoer Y. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 520 hal.
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 167 hal.
- Fairy, T. I. 2008. Kandungan Logam Berat Pb dan Cu pada Ikan Gulama (*Sciaenaa ruselli*) Dengan Ukuran yang Berbeda. Skripsi Ilmu Kelautan Faperika Universitas Riau. Pekanbaru (Tidak diterbitkan).
- Halang, B. 2007. Kandungan Cu dan Pb pada Air dan Ikan Puyau (*Puntius huguenini*) di Bendungan Sungai Tabaniao Desa Bajuin Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut. FKIP – Biologi Universitas Labung Mangkurat. http://www.bioscientiae.unlam.ac.id/v4n1/v4n1_halang.pdf. Diakses pada tanggal 20 November 2015 pada pukul 23.42 WIB.
- Japaruddin, J. 2010. Kandungan Logam Berat Cd, Cu, Pb dan Zn Pada Daging dan Tulang Ikan Gulama (*Sciaena russelli*) Dengan Ukuran yang Berbeda Di Perairan Dumai. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. (Tidak diterbitkan).
- Khaled, A. 2004. Heavy Metal Concentrations In Certain Tissues of Five Commercially Important Fishes From El-Mex Bay, Al-Water, Egypt. pp 1-11.

- Murugan, S. S., R. Karuppasamy, K. Poongodi, S. Puvaneswari. 2008. Bioaccumulation Pattern of Zn In Fresh Water Fish *Channa punctatus* (Bloch). After Chronic Exposure. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8: 55-59.
- Nussey, G., J. H. J. Van Vuren dan H. H. Du Preez. 2000. Bioaccumulation of Chromium, Manganese, Nickel and Lead in the Tissues of the Moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae), from Withbank Dam, Mpumalanga; Sea Water, *Environmental Pollution*, 121: 129-136.
- Panjaitan, J. 2006. Kandungan Logam Berat Cu Terhadap Faktor Skala Berat Jaringan Lunak *Anadara infranta* di Perairan Belawan Sumatera Utara. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru (tidak diterbitkan).
- Sachira, Y. 2005. Kandungan Logam Berat pada Cd, Cu, Pb dan Zn *Telescopium telescopium* di Kawasan Mangrove Pesisir Dumai. Skripsi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. (tidak diterbitkan).
- Supriyanto C., Z. Samin, dan Kamal. 2007. Analisis Pencemaran Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). www.pdf-search-engine.com. Diakses pada tanggal 12 April 2015 pukul 21.30 WIB.
- Widiowati, W., A. R. J. Sastiono dan Rumampuk. 2008. Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Ed 1. Andi. Yogyakarta. 193-194 hal.
- Yap, C.K., A. Ismail dan S.G. Tan. 2003. Concentration of Cu, Pb, Zn in the Green-Lipped Mussel *Verna viridis* (Linnaeus) from Peninsula Malaysia. Marine Pollution Buletin. 46: 1035-1048.