

# KORELASI TIMBAL (Pb), MERCURI (Hg), KADMIUM (Cd) DALAM SEDIMEN DAN POLICHAETA DI WILAYAH MUARA SUNGAI KAHAYAN DAN KATINGAN, KALIMANTAN TENGAH

Edison Harteman

*Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.  
Jl. Yos Sudarso Tunjung Nyaho Palangka Raya 73112.  
E-mail: edيسان@yahoo.com.*

## ABSTRACT

The research was conducted in the estuary Kahayan and Katingan river, Central Kalimantan. The research aims was to evaluate the content of Pb, Hg and Cd in sediment and Polychaete, Bioaccumulation and Contents correlation of heavy metals in the Polychaete to sediments. Sampling of sediment and Polychaete were using Petersen grab. Polychaete samples were using filter scoop net porous 100  $\mu\text{m}$  and Polychaete were take manually. Analysis of Hg, Cd and Pb were using Atomic Absorption Spectrometer (AAS). The results showed that sediment and Polychaete in stations 1 and 2 in the estuary Kahayan and Katingan containing Pb, Hg and Cd. The content of Pb, Hg and Cd in sediment was higher than Polychaete. Bioaccumulation of Pb, Hg and Cd in the Polychaete less than 1 times metals in sediments. The content of Pb, Hg and Cd in the Polychaete sediment at each station varies. Correlation of heavy metals in the sediments to Polychaete positive and significant, while the relatively low contribution.

*Keywords:* contents, correlation, polychaete, mercury (Hg), cadmium (Cd), lead (Pb), estuary.

## PENDAHULUAN

Aktivitas antropogenik di Kalimantan tengah menyebabkan kawasan hutan semakin berkurang setiap tahun. Berkurangnya lahan hutan tersebut terjadi karena pemanfaatan kawasan hutan beralih fungsi menjadi lahan perkebunan sawit, pertanian, pertambangan. Selain itu terjadi karena banyak bekas hak pengusahaan hutan rawa gambut yang terbakar dan dijadikan wilayah pemukiman. Hilangnya hutan alam menyebabkan tanah, gambut di wilayah pedalaman tererosi, sehingga logam berat yang terkandung dalam tanah, gambut dan hutan terangkut aliran air ke sungai hingga muara. Kegiatan pertambangan emas di sungai menyebabkan logam berat dalam sedimen terlepas ke badan air. Hal ini menyebabkan kandungan Pb, Hg dan Cd dalam air sungai sampai muara, sedimen dan biota dasar terpapar. Menurut Ashraf *et al.*, (2012) aliran air permukaan dari lokasi pertambangan mengandung logam berat. Selanjutnya Herman (2006), limbah telling pertambangan mengandung merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan timbal (Pb). Permukaan tanah bekas kebakaran hutan mengandung Hg (Kelly *et al.*, 2006). Hal di atas

menyebabkan perairan terpapar Hg dan Pb (Awalina dan Hartoto, 2000). Pedesaan dan perkotaan disepanjang di daerah aliran sungai berpotensi terpapar logam berat tersebut. Suhu dan curah hujan tropis yang tinggi mempercepat pelapukan batuan, gambut atau humus dan mobilitas logam berat ke perairan muara sungai (Herman, 2006; Sposito, 2008). Menurut Konovalov (1994), semua asam amino dan protein dalam jaringan organ tubuh hewan air mengandung gugus sulfur dan nitrogen yang dapat mengikat logam berat secara kovalen. Masalah paparan logam berat di atas berpotensi menyebabkan lingkungan perairan dan jaringan tubuh Polichaeta terpapar logam berat tersebut.

Polichaeta merupakan organisme bentik yang hidup atas dan di dalam sedimen dasar perairan. Hewan ini menetap dipermukaan, dalam sedimen dan memakan bahan-bahan organik. Polichaeta berperan sangat penting dalam proses mineralisasi sedimen dan sebagai makanan ikan laut. Paparan logam berat dalam sedimen dan Polichaeta menyebabkan populasi menurun. Hal demikian dapat menyebabkan rantai makanan ikan, populasi ikan menurun. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi

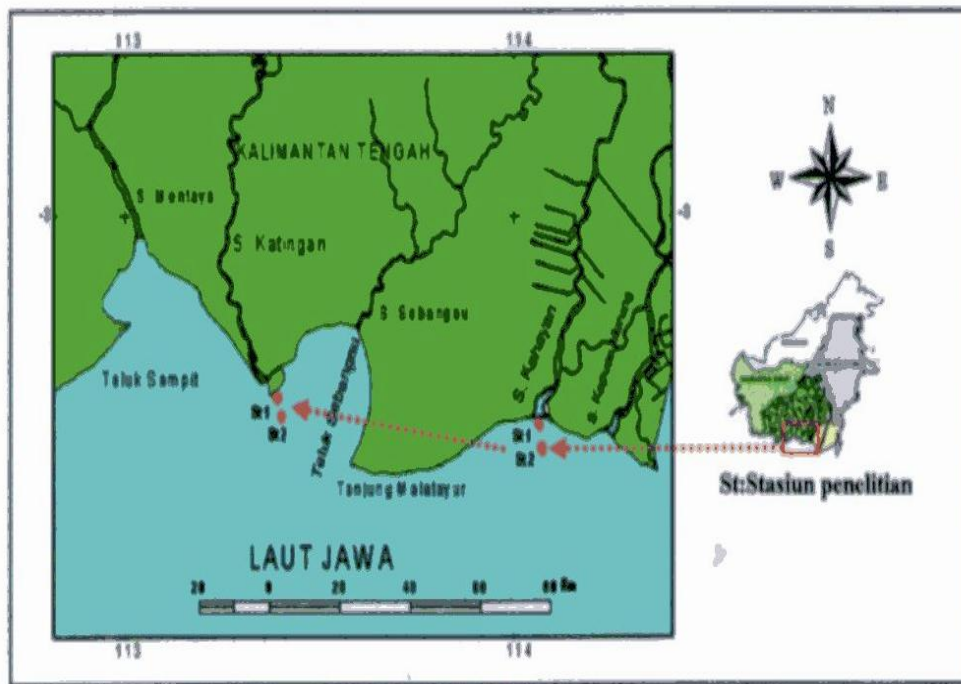
kandungan Hg, Cd dan Pb dalam sedimen dan Polichaeta, bioakumulasi dan korelasi logam berat dalam Polichaeta dan sedimen.

**BAHAN DAN METODE**

Kondisi lokasi penelitian di wilayah muara Sungai Kahayan berbeda dibandingkan muara Sungai Katingan. Bentuk perairan muara Sungai Kahayan menjuruk ke dalam berbentuk teluk, sedangkan bentuk perairan muara Sungai Katingan menjuruk ke laut berbentuk tanjung. Penetapan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan perbedaan salinitas. Salinitas perairan pada wilayah stasiun 1 muara Sungai Kahayan dan Katingan berkisar antara 3-15‰ dan stasiun 2 berkisar antara 15-30‰ (Gambar 1). Pelaksanaan penelitian dilakukan bulan

Agustus, September, Desember 2010 dan Januari 2011.

Titik lokasi pengambilan contoh Polichaeta dilakukan pada bagian tengah alur sungai dan bagian luar sisi kedua alur sungai. Titik koordinat lokasi pengambilan contoh sedimen dan Polichaeta di wilayah stasiun 1 muara Sungai Kahayan dilakukan disekitar 114° 08' 33" BT dan 03° 33' 32" LS; Stasiun 2 sekitar 114° 07' 02" BT dan 03° 35' 06" 'LS. Titik Koordinat lokasi pengambilan contoh sedimen dan Polichaeta di wilayah stasiun 1 muara Sungai Katingan dilakukan sekitar 113° 42' 45" BT dan 03° 26' 32" LS; Stasiun 2 sekitar 113° 40' 06" BT dan 03° 28' 04" LS (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi stasiun (St) pengambilan contoh Polichaeta di wilayah muara Sungai Kahayan dan Katingan, Kalimantan Tengah.

Pengambilan contoh Polichaeta dalam sedimen menggunakan Petersen grab pada masing-masing stasiun pada posisi ditengah alur sungai, diluar kedua sisi sungai diperlukan contoh sebanyak 3-5 gram/titik. Contoh sedimen dan Polichaeta disimpan dalam botol plastik dan didinginkan dalam kotak es pada suhu 4 °C. Pengekstrakan Pb dan Cd dalam sedimen dan Polichaeta diambil 0,5 gram contoh dan dimasukkan ke dalam beker teplon. Ke dalam beker dimasukkan 1,5 ml HNO<sub>3</sub> pekat dan 3,5 ml HClO<sub>4</sub> pekat. Bekor teplon ditutup dan diinkubasi selama 24 jam, dipanaskan dalam waterbath pada suhu sekitar 70°C selama 2-3 jam sampai larutan jernih. Apabila contoh sedimen dan Polichaeta ada yang belum larut, maka ditambah lagi HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub>, ditambah 3 ml air suling bebas ion dan dipanaskan lagi hingga contoh larut. Dinginkan pada suhu kamar, ditambah 1 ml HNO<sub>3</sub> pekat dan diaduk, ditambah 9 ml air suling bebas ion hingga volume 10 ml (Hutagalung, 1997) dan di analisis menggunakan Flame Spektrofotometer Serapan Atom (F-AAS) Shimadzu AA 6800.

Pengekstrak Hg dalam contoh Polichaeta: 5 gram Polichaeta dimasukkan ke dalam beker teplon, ditambah 10 ml HNO<sub>3</sub> dan 30 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, tutup beker teplon, diinkubasi selama 24 jam, dipanaskan pada suhu 70°C selama 2-3 jam dalam waterbath sampai jaringan Polichaeta larut, dinginkan dalam wadah air yang diberi es pada suhu 4°C, masukkan ke dalam tabung reduksi dan pasang aerator, ditambah 5 ml SnCl<sub>2</sub>. Ditambah air suling bebas ion hingga volume 10 ml (Hutagalung, 1997; Ilnat, 2005). dan dianalisis menggunakan Cold Vapor Atomic Absorption Spectrofotometer (CV-AAS) Sanso Seisakusho (Hg-201).

Kapasitas bioakumulasi Pb, Hg dan Cd dalam Polichaeta dianalisis menggunakan faktor bioconcentration factor (BCF). Faktor biokumulasi dianalisis berdasarkan kandungan Pb, Hg dan Cd dalam Polichaeta dibagi dengan kandungan Pb, Hg dan Cd dalam sedimen (Leblanc dan Buchwalter, 2010). Faktor bioakumulasi dihitung dengan rumus (Connell, 1995) sebagai berikut:  $C_B = K_B / C_W$ .  $C_B$  adalah faktor biakumulasi (BCF),  $K_B$  adalah kandungan Pb, Hg dan Cd dalam Polichaeta.  $C_W$  adalah kandungan Pb, Hg dan Cd dalam sedimen. Perbedaan kandungan Pb, Hg dan Cd dalam polichaeta pada stasiun 1 dan 2 dianalisis secara statistika menggunakan uji t pada taraf kepercayaan p<0,05. Korelasi Pb, Hg dan

Cd dalam Polichaeta dengan sedimen dianalisis menggunakan regresi dan korelasi linier (Gaspersz, 1995) dan perangkat lunak statistik minitab 14 for window.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sedimen di wilayah stasiun 1 dan 2 muara Sungai Kahayan dan Katingan mengandung Pb lebih tinggi dibandingkan Cd dan Hg. Kandungan Cd dan Hg dalam Polichaeta di wilayah stasiun 1 muara Sungai Kahayan dan Katingan tidak beda nyata dibandingkan stasiun 2. Kandungan Pb dalam Polichaeta di wilayah stasiun 1 muara Sungai Kahayan dan Katingan beda nyata dibandingkan stasiun 2 (p<0,05). Akumulasi Pb, Hg dan Cd yang terkandung dalam sedimen menyebabkan Polichaeta terpapar (Tabel 1). Kandungan Pb, Hg dan Cd dalam contoh sedimen dan Polichaeta antara stasiun bervariasi. Menurut Macias *et al.* (2007), permukaan sedimen menyerap dan mengakumulasi logam berat yang terkandung dalam air laut. Hal ini menyebabkan sedimen terpapar logam berat. Semakin tinggi logam berat dalam air dan sedimen, maka jaringan tubuh Polichaeta semakin tinggi mengandung logam berat tersebut.

Kandungan Pb, Hg dan Cd dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan Polichaeta. Kondisi demikian terjadi karena bioakumulasi Pb, Hg dan Cd oleh Polichaeta di wilayah stasiun 1 dan 2 muara sungai tersebut sangat rendah (Tabel 1). Menurut Marvin *et al.* (2007), Polichaeta mengakumulasi logam berat yang terkandung dalam air dan sedimen. Polichaeta salah biota laut dengan habitat dasar laut dan berkembangbiak dalam sedimen. Kulit bagian luar biota ini terdiri atas kutikola (*cutin*) yang sangat keras dan dibawah kulit terdapat otot yang sangat tipis. Dalam hal ini, kutikola berperan penting dalam mencegah penetrasi Pb, Hg dan Cd dalam jaringan tubuh Polichaeta. Sedangkan otot yang sangat tipis dibawah kulit tidak dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah besar. Selain itu, sistem pencernaan makanan dan ekskresi feces menyebabkan logam berat terangkut keluar bersama feces. Salinitas dalam air interstisial sedimen berperan penting dalam mengurangi penetrasi logam berat ke dalam jaringan tubuh Polichaeta. Menurut Nam dan Seung (2006), salinitas berperan penting dalam menghambat penetrasi logam berat ke dalam jaringan tubuh biota laut.

Tabel 1 Faktor biokandungan, kandungan logam berat dalam sedimen dan jaringan Polichaeta di wilayah muara Sungai Kahayan dan Katingan.

|                              | Stasiun        | Kandungan (mg/kg berat basah) |                            | Faktor Bioakumulasi (BF) |
|------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                              |                | Rata-rata ±SD                 | Rata-rata ±SD              |                          |
| <b>Muara Sungai Kahayan</b>  |                |                               |                            |                          |
| Pb                           | n = 12<br>St 1 | 7,394 ± 1,261                 | 1,759 ± 0,330 <sup>a</sup> | 0,219                    |
|                              | n = 12<br>St 2 | 6,859 ± 1,404                 | 1,153 ± 0,365 <sup>b</sup> | 0,234                    |
| Hg                           | n = 12<br>St 1 | 0,016 ± 0,004                 | 0,005 ± 0,003 <sup>a</sup> | 0,333                    |
|                              | n = 12<br>St 2 | 0,009 ± 0,004                 | 0,005 ± 0,004 <sup>a</sup> | 0,575                    |
| Cd                           | n = 12<br>St 1 | 0,050 ± 0,011                 | 0,008 ± 0,001 <sup>a</sup> | 0,155                    |
|                              | n = 12<br>St 2 | 0,065 ± 0,008                 | 0,008 ± 0,001 <sup>a</sup> | 0,124                    |
| <b>Muara Sungai Katingan</b> |                |                               |                            |                          |
| Pb                           | n = 12<br>St 1 | 5,508 ± 1,394                 | 1,982 ± 0,217 <sup>a</sup> | 0,373                    |
|                              | n = 12<br>St 2 | 4,983 ± 1,251                 | 1,748 ± 0,194 <sup>b</sup> | 0,369                    |
| Hg                           | n = 12<br>St 1 | 0,014 ± 0,003                 | 0,005 ± 0,001 <sup>a</sup> | 0,345                    |
|                              | n = 12<br>St 2 | 0,012 ± 0,003                 | 0,005 ± 0,001 <sup>a</sup> | 0,407                    |
| Cd                           | n = 12<br>St 1 | 0,068 ± 0,011                 | 0,012 ± 0,002 <sup>a</sup> | 0,181                    |
|                              | n = 12<br>St 2 | 0,057 ± 0,011                 | 0,011 ± 0,002 <sup>a</sup> | 0,190                    |

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata ( $P < 0,05$ ).

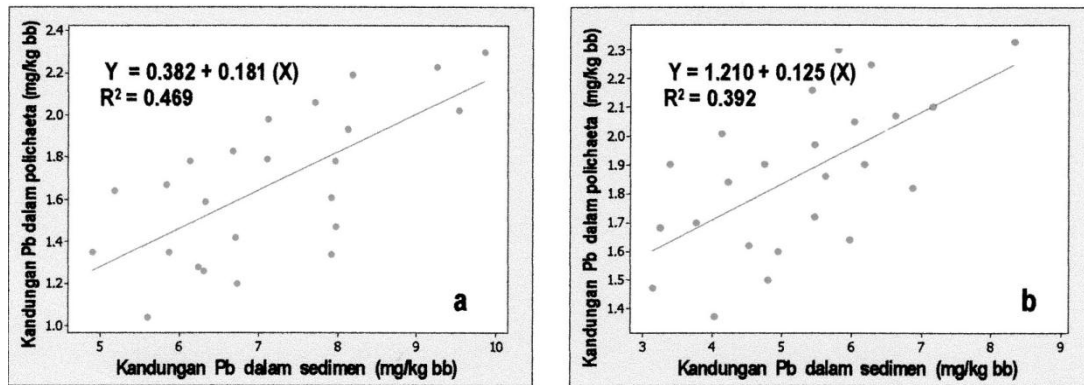
#### Bioakumulasi Logam Berat dalam Polichaeta

Bioakumulasi Pb, Hg dan Cd dalam jaringan tubuh Polichaeta di wilayah stasiun 1 dan 2 muara Sungai Kahayan dan Katingan bervariasi. Kapasitas bioakumulasi Hg dalam jaringan Polichaeta di wilayah stasiun 1 dan 2 muara Sungai Kahayan dan Katingan lebih tinggi dan diikuti Pb dan Cd. Polichaeta di wilayah stasiun 1 dan 2 muara sungai tersebut kurang dari 1 kali Hg, Pb dan Cd yang terkandung di dalam sedimen (Tabel 1). Menurut Konovalov (1994) Hg sangat reaktif dengan gugus sulfhidril -SH dibandingkan Cd dan Pb, sedangkan Pb sangat reaktif dengan gugus amina -NH. Hal ini menyebabkan kandungan Pb, Hg dan Cd dalam Polichaeta bervariasi. Bioakumulasi terjadi karena jaringan tubuh biota yang mengandung gugus asam amino sistein (metalothonin -SH) dan gugus amina (-NH) mengikat Pb, Hg dan Cd secara kovalen. Hal ini menunjukkan bahwa otot disekujur kulit tubuh Polichaeta berperan penting sebagai tempat penetrasi logam berat yang terkandung dalam sedimen. Polichaeta salah satu hewan air yang

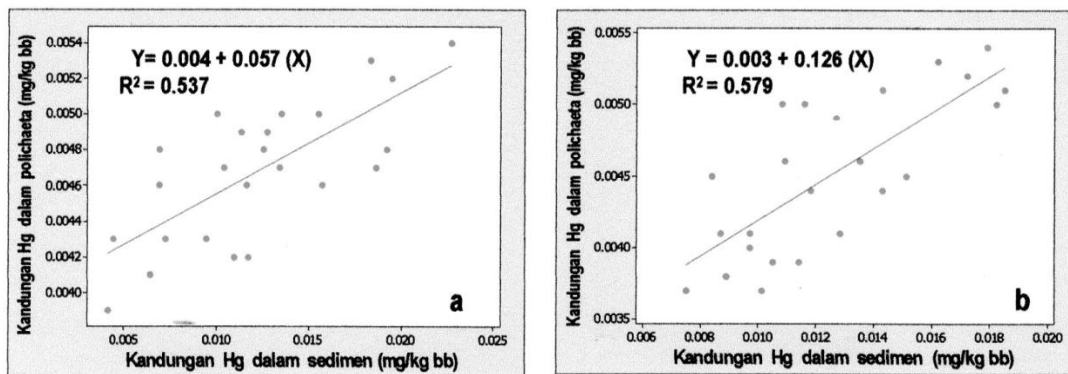
mengandung protein metalothionin sulfhidril -SH dan amina -NH yang berperan tinggi dalam mengikat Pb, Hg dan Cd yang terkandung dalam air dan sedimen.

#### Korelasi Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Kadmium (Cd) dalam Polichaeta dan Sedimen

Koefisien korelasi linier ( $R=0.685$ ) menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam Polichaeta berkorelasi linier positif, kuat dan signifikan dengan sedimen ( $P < 0.05$ ). Kontribusi Pb yang terkandung dalam sedimen pada Polichaeta sebesar 46.9% ( $R^2=0.469$ ) (Gambar 2a). Koefisien korelasi ( $R=0.626$ ) menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam Polichaeta berkorelasi linier positif dan signifikan dengan sedimen ( $P < 0.05$ ). Kontribusi Pb dalam sedimen pada Polichaeta sebesar 39.2% ( $R^2=0.392$ ) (Gambar 2b). Hal demikian menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan Pb dalam Polichaeta menyebabkan kandungan Pb dalam sedimen semakin tinggi. Kontribusi Pb dalam sedimen pada Polichaeta bervariasi. Hal ini tergantung dengan kandungan logam berat dalam sedimen.



Gambar 2. Korelasi Pb dalam Polichaeta (mg/kg bb) dengan sedimen (mg/l) di muara Sungai Kahayan dan Katingan.

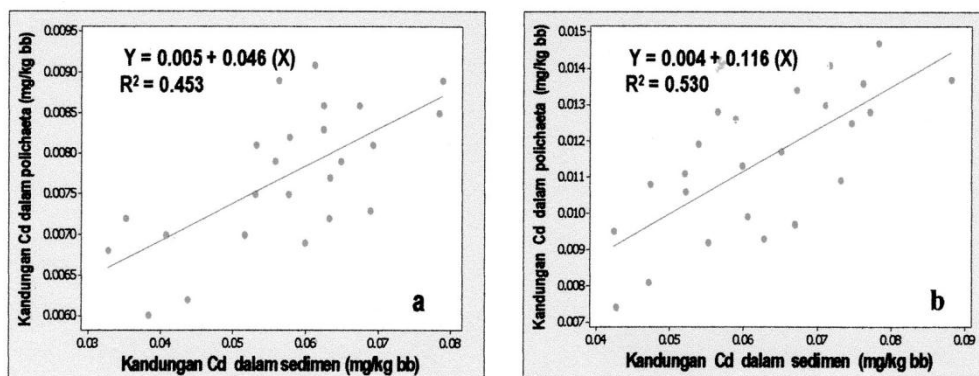


Gambar 3. Korelasi Hg dalam Polichaeta (mg/kg bb) dengan sedimen (mg/l) (a) di wilayah muara Sungai Kahayan dan (b) Sungai Katingan.

Koefisien korelasi ( $R = 0.733$ ) menunjukkan bahwa kandungan Hg dalam Polichaeta berkorelasi linier positif, kuat dan Hg signifikan dengan sedimen ( $P < 0.05$ ). Kontribusi Hg dalam sedimen pada Polichaeta sebesar 53.7% ( $R^2 = 0.537$ ) (Gambar 3a). Koefisien korelasi  $R = 0.761$  menunjukkan bahwa kandungan Hg dalam polichaeta berkorelasi linier positif, kuat dan signifikan dengan sedimen ( $P < 0.05$ ). Kontribusi Hg yang terkandung dalam sedimen pada Polichaeta sebesar 57.9% ( $R^2 = 0.579$ ) (Gambar 3b). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan Hg dalam sedimen, maka kandungan Hg dalam Polichaeta semakin tinggi. Kontribusi Hg dalam sedimen bervariasi, tergantung dengan kandungan logam berat dalam sedimen. Bioakumulasi Hg, Cd dan Pb dalam Polichaeta berkorelasi dengan gugus  $-SH$ ,  $-NH$ . Kelimpahan individu Polichaeta berkorelasi dengan kandungan logam berat dalam sedimen (Kutti *et al.*, 2008). Hal ini terjadi karena Hg yang terakumulasi dalam jaringan organ tubuh Polichaeta bersifat toksik. Makin tinggi akumulasi Hg dalam Polichaeta, maka

toksisitas meningkat, sehingga kelimpahan populasi rendah (Harteman, 2011).

Koefisien korelasi linier  $R = 0.673$  menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam Polichaeta berkorelasi linier positif, kuat dan signifikan dengan sedimen ( $P < 0.05$ ). Kontribusi Cd dalam sedimen pada Polichaeta sebesar 45.3% ( $R^2 = 0.453$ ) (Gambar 4a). Koefisien korelasi linier  $R = 0.7280$  menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam Polichaeta berkorelasi linier positif, kuat dan signifikan dengan sedimen ( $P < 0.05$ ). Kontribusi Cd dalam sedimen pada Polichaeta sebesar 53.0% ( $R^2 = 0.530$ ) (Gambar 4a). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan Cd dalam sedimen menyebabkan kandungan Cd dalam Polichaeta semakin tinggi. Menurut Xu *et al.* (2008), semua biota laut memiliki kapasitas bioakumulasi Pb, Hg dan Cd. Makrobentos mengakumulasi logam berat paling tinggi dan sering digunakan sebagai indikator pencemaran (Soul dan Kleppel, 1988). Polichaeta yang hidup di wilayah muara sungai tersebut mengandung Pb, Hg dan Cd lebih rendah dibandingkan sedimen.



Gambar 4 Korelasi Cd dalam Polichaeta (mg/kg bb) dengan sedimen (mg/l) (a) di wilayah muara Sungai Kahayan dan (b) Sungai Katingan.

## KESIMPULAN

Polichaeta di wilayah stasiun 1 dan 2 muara Sungai Kahayan dan Katingan mengandung Pb lebih tinggi dibandingkan Cd dan Hg, sedangkan bioakumulasi Hg dalam Polichaeta lebih tinggi dibandingkan Cd dan Pb. Kandungan Pb, Hg dan Cd dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan seimen. Kandungan Hg dan Cd di dalam jaringan tubuh Polichaeta di stasiun 1 muara Sungai Kahayan dan Katingan tidak beda nyata dibandingkan stasiun 2, kecuali Polichaeta Hg yang berbeda nyata. Kapasitas bioakumulasi (BCF) Pb, Hg dan Cd dalam Polichaeta di wilayah stasiun 1 dan 2 muara sungai tersebut lebih kecil dari 1 kali logam dalam sedimen.

Kandungan Pb, Hg dan Cd dalam Polichaeta berkorelasi linier positif, kuat dan signifikan dengan sedimen. Kontribusi Pb, Hg dan Cd yang terkandung dalam sedimen pada Polichaeta relatif rendah.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Otoh, Sukarman di Kelurahan Pagatan Hilir Kecamatan Katingan Kuala Kabupaten Katingan yang telah membantu di Lapangan. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak Salundik dan kepada pihak-pihak lain atas bantuan yang telah diberikan sehingga terwujudnya tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Ashraf, M.A., M.J. Maah., & I.Yusoff. 2012. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish

Species Collected from Former Tin Mining Catchment. *Int. J. Environ. Res*, 6(1): 209-218.

Awalina & Hartoto, D.I. 2000. Metals Bioconcentration of Freshwater Fishes in Central Kalimantan as an Evaluation Criteria for Management of Inland water Fishery Reserve. *Berita Biologi.*, 5(3): 303-311.

Connell, W.D. 1995. Biomagnifikasi Senyawaan Lipofilik dalam Sistem Darat dan Perairan. *Di dalam: Des Connell, W. (Ed). Bioakumulasi Senyawaan Xenobiotik.* UI Press, Jakarta. p: 153-196.

Gaspersz V. 1995. Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan. Tarsito, Bandung. 718 pp

Herman, D.Z. 2006. Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Biji Logam. *J. Geologi Indonesia*, 1(1): 31-36.

Hutagalun, H.P. 1997. Penentuan Kadar Logam Berat. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. P3O LIPI, Jakarta. Hal, 59-80.

Ihnat, M. 2005. Agriculture and Agri-Food. In, Metals and Other Elements at Trace Levels In Food. AOAC International. Canada.

Kelly, E.R., Schindler, D.W., Louis, V.L.S., Donald, D.B., & Vladicka, K.E. 2006. Forest Fires Increase Accumulation by Fishes via Food Web Restructuring and Increased

- Mercury inputs. *J. PNAS*, 103(51):19380-19385.
- Konovalov, Y.D. 1994. A Review of Binding of Cadmium and Mercury in Fish by Protein and Low-Molecular-Weight Thiols. *J Hydrobio* 30 (1): 47-56.
- Kutti, T., A. Ervik., & T. Hoisaeter. 2008. Effects of Organic Effluents from a Salmon on Fjord System III. Linking Deposition Rates of Organic Matter and Benthic Productivity. *J. Aquaculture*, 282: 47-53.
- Leblanc, G.A., & D.B. Buchwalter. 2010. *Basics of Environmental Toxicology*. In, A Text- book of Modern Toxicology. Hodgson, E (Ed). 4<sup>th</sup> Ed. A John Wiley & Sons, Inc , Publication. p: 531-447.
- Marvin, C., Chalton, M., Milne, J., Thiessen, L., Schachtschneider, J., Saldella, G, & Sverko, E. 2007. Metal Associated with Suspended Sediments in Lake Erie and Ontario. *J. Environ. Monit. Assess*, 130: 149-161.
- Macias, C.G., Schiffter, I., Cota, D.B.L., Rodriguez, L.M & Vazquez, S.H. 2006. Distribution, Enrichment and Accumulation of Heavy Metals in Coastal Sediments of Salina Cruz Bay, Mexico. *J. Environ. Monit. Assess*, 118: 211-230.
- Nam, Y.D., & Seung, R.L. 2006. Temperature Effect on Migration of Zn and Cd Through Natural Clay. *J. Environ. Monit. Assess*, 118: 267-291.
- Soule, D.F., & G.S. Kleppel. 1988. Marine Organisms as Indicators. Springer-Verbag, Inc. New York. 341 pp.
- Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. Oxpord. Univ. Press. 329 p.
- Xu. H., Caihuan. K., & Wen. X.W. 2008. Bioaccumulation of Silver, Cadmium and Mercury in the Abalone *Haliotis disversicolor* from Water and Food Sources. *J. Aquacultur*, 283: 194-202.

