

MODEL ADSORPSI TIMBAL (Pb) DAN SENG (Zn) DALAM SISTEM AIR-SEDIMEN DI WADUK RIAM KANAN KALIMANTAN SELATAN

Chatimatun Nisa^{1)*}, Utami Irawati²⁾, Sunardi²⁾

1) Pelaksana pada Baristand Industri Banjarbaru

2) Staf Pengajar Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat

*E-mail corresponding author: chatimatunnisa@yahoo.co.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 12-01-2013 Received in revised form: 20-02-2013 Accepted: 10-03-2013 Published: 01-04-2013</p> <p><i>Keywords:</i> Adsorption model Heavy metal (Pb and Zn) Water Sediment</p>	<p><i>Heavy metals are often considered as main contaminant in water pollution and its highly dangerous for living organisms in the contaminated area. The aim of this research is to predict the movement pattern of Pb and Zn metal ions from water onto sediment in the Riam Kanan Reservoir, Aranio Sub-district, Banjar District. In addition, this study is expected to give information on the initial condition of Riam Kanan reservoir; dynamics; and the fate of Pb and Zn ions from upstream to downstream. The samples were analysed using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) based on the Indonesian National Standard (SNI). Result of laboratory analysis showed that in the water, contents of metal Pb were 0.0494 ppm – 0.2582 ppm, Zn 0.0002 ppm – 0.0370 ppm. In the sediment, contents of Pb were 0.8311 mg/kg – 21.1756 mg/kg and Zn 3.3778 mg/kg – 28.3522 mg/kg. Based on the experimental data, it was found that the displacement of Pb and Zn onto sediment complies with Langmuir adsorption model where the determination coefficient (R^2) were 0.8167 and 0.8801 respectively.</i></p>

Abstrak-Logam berat merupakan unsur yang seringkali menjadi polutan utama dalam pencemaran air dan dapat membahayakan kehidupan organisme. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi pola perpindahan ion logam Pb dan Zn dari badan air ke sedimen berdasarkan fenomena adsorpsi isoterm di waduk Riam Kanan Kecamatan Aranio Kabupaten Banjar. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terhadap rona awal waduk Riam Kanan, dinamika, dan keadaan ion logam Pb dan Zn di sepanjang waduk Riam Kanan dari hulu hingga hilir. Metode yang digunakan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Hasil analisis laboratorium diperoleh rata-rata kandungan Pb di air sebesar 0,0494 ppm – 0,2582 ppm, Zn sebesar 0,0002 ppm – 0,0370 ppm, sedangkan sedimen Pb sebesar 6,8311 mg/kg – 21,1756 mg/kg dan Zn 3,3778 mg/kg – 28,3522 mg/kg. Berdasarkan data percobaan ternyata perpindahan ion logam Pb dan Zn ke sedimen akan mengikuti model adsorpsi Langmuir dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8167 dan 0,8801.

Keywords: Model adsorpsi, logam berat (Pb dan Zn), air, sedimen

PENDAHULUAN

Model lingkungan pada dasarnya menggambarkan suatu sistem/fenomena lingkungan ke dalam bentuk yang lebih sederhana. Permodelan lingkungan merupakan upaya awal untuk mengumpulkan dan mengevaluasi logam berat dalam rangka untuk menilai kualitas air dan sedimen (Karageorgis, 2003) waduk Riam Kanan dan dapat dipergunakan untuk memprediksi

keberadaan dan transportasi jejak logam (Wu *et al.*, 2005). Permodelan lingkungan membantu menjelaskan fenomena yang mungkin terjadi dalam proses tersebut.

Waduk Riam Kanan mempunyai nilai strategis bagi kesejahteraan penduduk Kalimantan Selatan, yaitu sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, penyedia air minum, pengendali banjir, pertanian, budidaya perikanan, perkebunan,

pengembangan wisata (Dephut, 2006). Menurut Obasohan (2008) adanya aktivitas penambangan emas dapat menyebabkan perairan tercemar logam berat seperti merkuri (Hg) pada air dan sedimen. Kandungan merkuri yang tinggi di sekitar waduk Riam Kanan tepatnya di desa Tiwingan Baru Kecamatan Aranio diakibatkan oleh penambangan emas ilegal (B.Post, 2011). Kenaikan kadar merkuri dalam tambang emas rakyat juga memiliki korelasi positif dengan kenaikan kadar logam dasar, khususnya Pb. Kadar logam Pb tersebut berhubungan langsung dengan proses pengolahan emas dengan cara amalgamasi dimana mineral sulfida logam, khususnya Pb bersama dengan merkuri terbuang sebagai material tailing (Setiabudi, 2005).

Penyebaran limbah logam pertambangan ke dalam sistem tangkapan air dapat mempengaruhi ekologi fungsi sistem saluran air (Miller *et al.*, 2004). Selain penyebaran limbah logam tambang pada sedimen dari sistem tailing langsung ke sistem sungai meningkat (Knighton, 1989., 1991), logam berat seperti Pb dan Zn juga dapat menyebabkan perubahan morfologi sungai (Taylor, 2006) dan telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan polusi air dan terakumulasi dalam sedimen (Yang, 2009).

Selain dari proses tailing, Pb juga bersumber dari hasil pembakaran dari bahan tambahan (*aditive*) Pb pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi Pb. Pb yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli melalui proses di dalam mesin dan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya dan mengalami peningkatan ketika melibatkan atmosfer dan kemudian mencemari tanah serta tanaman (Sudarmadji *et al.*, 2006). Peningkatan Pb yang mencemari tanah kemudian akan terbawa ke sungai melalui siklus hidrologi (Sutamihardja *et al.*, 1999).

Sumber utama pemasukan logam Zn ke dalam lingkungan selain berasal dari proses tailing juga berasal dari buangan limbah rumah tangga yang mengandung logam Zn seperti korosi pipa-pipa air dan produk-produk konsumen (misalnya formula detergen) yang tidak diperhatikan sarana

pembuangannya (Connel dan Miller, 1991 dalam Al-Harisi 2008).

Logam di perairan umumnya ada dalam dua fasa, yaitu fasa terlarut di dalam air dan fasa partikulat teradsorpsi pada sedimen. Jejak logam di perairan sangat dipengaruhi oleh adsorpsi partikel organik dan anorganik. Fraksi terlarut dari logam dapat diangkut melalui air melalui proses adveksi dan dispersi, sementara fraksi partikulat teradsorpsi dapat diangkut dengan sedimen (Wu *et al.*, 2005).

Konsentrasi logam berat yang terkandung pada air sungai dan sedimen dapat digunakan sebagai indikator pencemaran sungai, dengan demikian kualitas suatu sungai dapat diketahui. Selanjutnya laporan data konsentrasi logam yang terdapat di sepanjang sungai dapat dikembangkan menjadi laporan ilmiah yang menarik, seperti perpindahan ion logam dari badan air ke dalam sedimen (Goegoen & Domini, 2003). Perjalanan perpindahan ion logam dari air ke dalam sedimen terutama yang utama melalui proses partisi air-sedimen yaitu perpindahan logam dari bentuk terlarut dalam air ke dalam sedimen dengan melalui proses fenomena adsorpsi (Schnoor, 1996).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui fenomena model adsorpsi ion logam timbal dan seng dalam sistem air-sedimen di waduk Riam Kanan Kecamatan Aranio, Kabupaten Banjar. Dipilihnya logam-logam tersebut karena Pb dan Zn bersama dengan merkuri terbuang sebagai material tailing pada proses penambangan emas sehingga dapat mencemari lingkungan perairan waduk Riam Kanan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan dengan mengambil 10 lokasi pada waduk Riam Kanan dengan letak geografis yang diukur dengan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*) buatan *Garmin* yang diukur langsung di lokasi lapangan, dengan hasil posisi letak bujur timur dan lintang selatan dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ini.



Gambar 1. Peta waduk Riam Kanan tempat lokasi pengambilan sampel

Tabel 1. Posisi geografis lokasi pengambilan sampel air dan sedimen di waduk Riam Kanan kecamatan Aranio.

Stasiun	Lokasi	Bujur Timur	Lintang Selatan
1	Wilayah Kala'an	115°06'08.93"	3°33'02.67"
2	Wilayah Kala'an	115°05'35.10"	3°32'53.08"
3	Wilayah Kala'an	115°05'06.85"	3°32'42.99"
4	Wilayah Kala'an	115°04'39.24"	3°32'17.09"
5	Wilayah Tiwingan Lama	115°04'09.32"	3°32'13.84"
6	Wilayah Tiwingan Lama	115°03'38.47"	3°32'05.82"
7	Wilayah Hutan Pinus	115°03'07.00"	3°31'55.55"
8	Wilayah Hutan Pinus / Sabak	115°02'28.26"	3°32'01.60"
9	Wilayah Lubang Taoman	115°01'50.56"	3°32'01.23"
10	Wilayah Lubang Taoman	115°01'25.98"	3°31'39.44"

Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan antara lain GPS (Global Positioning System) tipe "Garmin, alat pengambil sampel, peralatan gelas, penangas air, batang pengaduk, seperangkat instrumen AAS tipe GBC Avanta untuk identifikasi logam, dan kertas saring Whattman. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air dan sedimen waduk Riam Kanan kecamatan Aranio masing-masing sebanyak 5 L/lokasi untuk air dan 1 kg/lokasi untuk sedimen, Standar logam Pb, Standar logam Zn, HNO₃ pekat, HClO₄ dan aquades.

Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan secara komposit. Alat pengambil sampel disiapkan sesuai dengan keadaan sumber air. Kemudian dibilas dengan sampel yang akan diambil sebanyak 3 kali. Setelah itu sampel sebanyak 5 liter diambil dan dimasukkan ke dalam jerigen dan ditambahkan HNO₃ pekat hingga pH < 2.

Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menurunkan *grab sampler*. *Grab sampler* harus dalam posisi terbuka dan lurus, setelah itu *grab sampler* diturunkan secara perlahan hingga dirasa telah menyentuh dasar sungai. Kemudian *grab sampler* sedikit digoyangkan agar mulutnya menutup dan secara cepat ditarik kembali ke atas. *Grab sampler* kemudian dibuka dan sampel sedimen yang ada di dalamnya dituangkan ke dalam sebuah wadah kemudian air yang ada di dalam wadah tersebut dibuang sehingga yang tersisa adalah sedimen. Sedimen tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label sesuai dengan kode lokasi.

Preparasi Sampel Air

Contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO₃ pekat sampai pH kurang dari 2 dengan waktu simpan maksimal 6 bulan dalam botol

plastik (polyethylene) atau botol gelas. (SNI 06-6989.7 2004).

Preparasi Sampel Sedimen

Sampel sedimen dibersihkan dari benda-benda asing seperti potongan plastik, daun atau bahan lain yang bukan contoh uji. Kemudian dikering udarakan pada suhu ruangan. Setelah itu sedimen kering digerus dan dihomogenkan lalu disimpan dalam botol gelas atau polietilen.

Cara Uji Timbal (Pb) pada Air secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala (SNI 6989.8:2009)

Lima puluh ml contoh uji dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml atau Erlenmeyer 100 ml dan ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat, ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 ml – 20 ml. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan lagi 5 ml HNO₃ pekat dan ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan lagi (tidak mendidih). Proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih. Setelah itu kaca arloji dibilas dan air bilasannya dimasukkan ke dalam gelas piala. Kemudian contoh uji dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml (disaring bila perlu) dan ditambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera kemudian dihomogenkan. Setelah itu dibaca serapannya dengan menggunakan alat AAS.

Cara Uji timbal (Pb) pada Sedimen secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (SNI 06-6992.3-2004)

Contoh uji ditimbang sebanyak $\pm 3,00$ g kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 25 ml aquades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. 5 ml sampai 10 ml HNO₃ pekat ditambahkan dan diaduk hingga bercampur rata. Setelah itu ditambahkan beberapa butir batu didih dan ditutup dengan kaca arloji, kemudian panaskan sampai sisa volumenya 15 ml – 20 ml, diangkat dan didinginkan. Setelah itu ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat dan 1 ml sampai dengan 3 ml HClO₄ tetes demi tetes melalui dinding kaca Erlenmeyer. Contoh uji dipanaskan kembali sampai timbul asap putih dan larutan contoh uji menjadi jernih. Setelah timbul asap putih pemanasan dilanjutkan selama ± 30 menit. Contoh uji kemudian didinginkan dan disaring. Filtrat contoh uji ditempatkan pada labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda tera

kemudian dihomogenkan. Setelah itu dibaca serapannya dengan menggunakan instrumen AAS.

Cara uji Seng (Zn) pada Air secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala (SNI 6989.7:2009)

Lima puluh ml contoh uji dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml atau Erlenmeyer 100 ml dan ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat kemudian dipanaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 ml – 20 ml. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan lagi 5 ml HNO₃ pekat, kemudian dipanaskan lagi (tidak mendidih). Proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih. Setelah itu kaca arloji dibilas dan air bilasannya dimasukkan ke dalam gelas pial. Kemudian contoh uji dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml (disaring bila perlu) dan ditambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera kemudian dihomogenkan. Setelah itu dibaca serapannya dengan menggunakan alat AAS.

Cara Uji Seng (Zn) pada Sedimen secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (SNI 06-6992.8-2004)

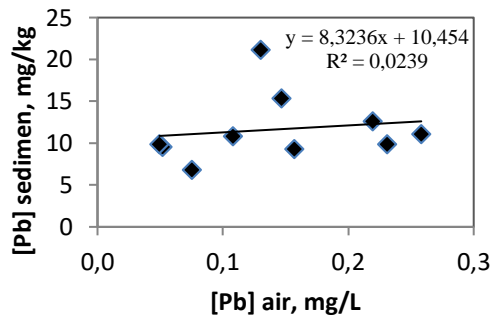
Contoh uji ditimbang sebanyak $\pm 3,00$ g kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 25 ml aquades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. 5 ml sampai 10 ml HNO₃ pekat ditambahkan dan diaduk hingga bercampur rata. Setelah itu ditambahkan beberapa butir batu didih dan ditutup dengan kaca arloji, kemudian dipanaskan pada suhu 105°C -120°C sampai sisa volumenya 10 ml, diangkat dan didinginkan. Setelah itu ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat dan 1 ml sampai dengan 3 ml HClO₄ tetes demi tetes melalui dinding kaca Erlenmeyer. Contoh uji dipanaskan kembali sampai timbul asap putih dan larutan contoh uji menjadi jernih. Setelah timbul asap putih pemanasan dilanjutkan selama ± 30 menit. Contoh uji kemudian didinginkan dan disaring. Filtrat contoh uji ditempatkan pada labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda tera kemudian dihomogenkan. Setelah itu dibaca serapannya dengan menggunakan instrumen AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

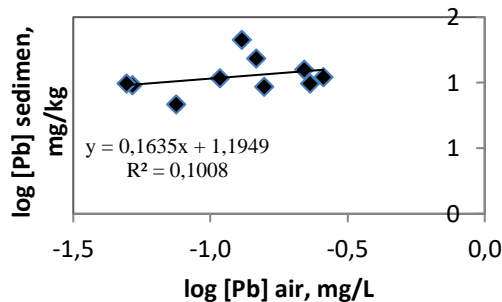
Model Adsorpsi Logam Timbal (Pb) pada waduk Riam Kanan

Dari hasil pengukuran Pb pada air dan sedimen di perairan waduk Riam Kanan, model perpindahan untuk ion logam Pb ke dalam sedimen di sungai Riam Kanan dapat dimodelkan ke dalam

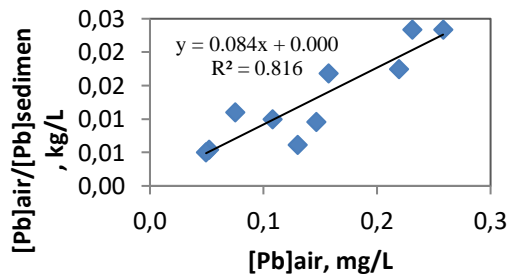
model adsorpsi partisi, Freundlich dan Langmuir yaitu :



Gambar 2. Model adsorpsi partisi logam Pb pada waduk Riam Kanan



Gambar 3. Model adsorpsi Freundlich logam Pb pada waduk Riam Kanan



Gambar 4. Model adsorpsi Langmuir logam Pb pada waduk Riam Kanan

Tabel 2. Harga koefisien determinasi(R²) pada model perpindahan ion logam Pb

No.	Model Adsorpsi	Koefisien Determinasi (R ²)
1.	Partisi	0,0239
2.	Freundlich	0,1008
3.	Langmuir	0,8167

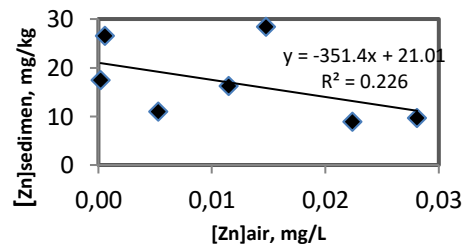
Fenomena perpindahan ion logam dari badan air ke dalam sedimen yang kaya akan bahan

organik biasanya melalui proses adsorpsi. Fenomena adsorpsi ini dapat digambarkan melalui 3 (tiga) macam model adsorpsi yaitu partisi, Freundlich atau Langmuir. Model perpindahan tersebut berlaku untuk ion logam yang berada dekat di dasar sungai, sehingga diperkirakan pengaruh debit air atau arus sungai dapat diabaikan dengan demikian kesetimbangan akan mudah tercapai (Schnoor, 1996).

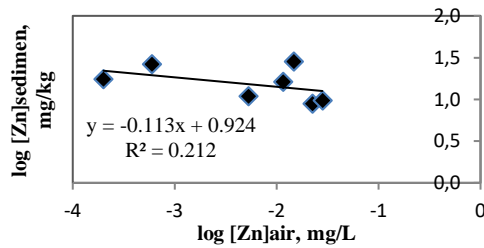
Pada Gambar 2 – 4 dapat ditampilkan hasil pemodelan perpindahan ion logam Pb dari badan air ke dalam sedimen di Waduk Riam Kanan berdasarkan tiga macam model yaitu partisi, Freundlich dan Langmuir. Dari ketiga model tersebut ternyata model Langmuir mempunyai harga koefisien determinasi lebih besar dari 0,6 yaitu sebesar 0,8167. Harga koefisien determinasi untuk model adsorpsi Langmuir juga lebih tinggi dibandingkan harga koefisien determinasi untuk model adsorpsi yang lain. Hasil perhitungan yang menunjukkan bahwa harga koefisien determinasi oleh model adsorpsi Langmuir mengindikasikan bahwa perpindahan logam Pb di air ke sedimen dan sebaliknya cenderung mengikuti asumsi yang berlaku dalam model adsorpsi Langmuir, antara lain adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer), panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, serta semua situs dan permukaannya bersifat homogen (Oscik, 1982). Karena hubungan antara konsentrasi logam dalam air dengan konsentrasi di dalam sedimen cukup signifikan dan linear (Mendenhall & Sincich, 2003), sehingga dapat diperkirakan logam Pb akan berpindah ke sedimen mengikuti pola yang diasumsikan dalam model adsorpsi Langmuir.

Model Adsorpsi Logam Seng (Zn) pada waduk Riam Kanan

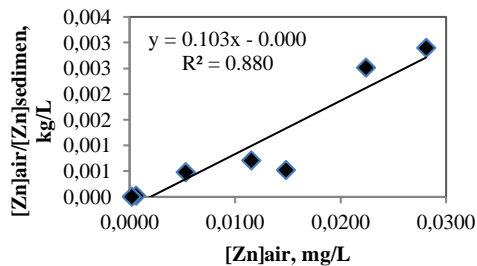
Berdasarkan hasil pengukuran Zn pada air dan sedimen di perairan waduk Riam Kanan, model perpindahan untuk ion logam Zn ke dalam sedimen di waduk Riam Kanan dapat dimodelkan ke dalam model adsorpsi partisi, Freundlich dan Langmuir yaitu :



Gambar 5. Model adsorpsi partisi logam Zn pada waduk Riam Kanan



Gambar 6. Model adsorpsi Freundlich logam Zn pada waduk Riam Kanan



Gambar 7. Model adsorpsi Langmuir logam Zn pada waduk Riam Kanan

Tabel 3. Harga koefisien determinasi (R^2) pada model perpindahan ion logam Zn

No.	Model Adsorpsi	Koefisien Determinasi (R^2)
1.	Partisi	0,2266
2.	Freundlich	0,2128
3.	Langmuir	0,8801

Model perpindahan untuk ion logam Zn ke sedimen pada waduk Riam Kanan juga dapat dimodelkan ke dalam model adsorpsi partisi, Freundlich dan Langmuir. Dari sekian data yang diambil hanya 7 karena mempunyai kelinieran data yang bisa dipertanggung jawabkan. Masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5 – 7. Pada gambar tersebut ternyata model Langmuir mempunyai harga koefisien determinasi lebih besar dari 0,6 yaitu sebesar 0,8801. Harga koefisien determinasi untuk model adsorpsi Langmuir juga lebih tinggi dibandingkan harga koefisien determinasi untuk model adsorpsi yang lain. Akibatnya hubungan antara konsentrasi logam dalam air dengan konsentrasi di dalam sedimen cukup signifikan, sehingga dapat diperkirakan logam Zn akan berpindah ke sedimen. Sama halnya dengan logam Pb, hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi Zn pada sedimen juga mengikuti model adsorpsi Langmuir.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu logam Pb dan Zn lebih banyak terakumulasi di sedimen, tetapi penelitian-penelitian tersebut tidak

menjelaskan fenomena adsorpsi dengan model semacam ini. Mengingat karakteristik sedimen sendiri cukup dinamis, hasil yang diperoleh dalam penelitian ini belum tentu sama dengan penelitian yang dilakukan dalam jangka waktu dan tempat yang berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam timbal (Pb) pada air dan sedimen di waduk Riam Kanan masing-masing berkisar antara 0,0494 ppm – 0,2582 ppm dan 6,8311 mg/kg - 21,1756 mg/kg. Konsentrasi logam seng (Zn) pada air dan sedimen di waduk Riam Kanan masing-masing berkisar antara 0,0002 ppm – 0,0370 ppm dan 3,3778 mg/kg – 28,3522 mg/kg. Sedangkan model adsorpsi yang terjadi pada ion logam Pb dan Zn dari badan air ke sedimen pada Waduk Riam Kanan mengikuti model adsorpsi Langmuir dengan koefisien determinasi (R^2) masing-masing sebesar 0,8167 dan 0,8801.

DAFTAR PUSTAKA

- AFRIZAL, I. 2000. *Kandungan Logam Berat Cd, Pb, Cu, dan Zn dalam Air, sedimen dan beberapa Organisme Benthos di Muara Sungai Asahan, Sumatera Utara*. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor (tidak dipublikasikan).
- AL-HARISI. 2008. *Penetapan Kadar Zn dan Fe di dalam Tahu yang Dibungkus Plastik dan Daun yang Dijual di Pasar Kartasura dengan Menggunakan Metode Pengaktifan Neutron*. <http://etd.eprints.ums.ac.id/989/1.hasprevie/wThumbnailVersion/K100030155.pdf>. Diakses tanggal 13 September 2011.
- AMIN, B. 2002. Distribusi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn pada Sedimen di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. *Jurnal Natur Indonesia*. 5(1):9-16.
- ANONIM, 2010. Menanggulangi Pencemaran Logam Berat. <http://www.ychi.org-ychi.org>. Diakses tanggal 13 September 2011.
- ATKINS, P.W., 1997, *Kimia Fisika Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2006. *Data Kabupaten Banjar dalam angka*. Martapura. <http://Id.Banjarkab.Go.Id/Index.BPS-2006.Php>. Diakses tanggal 13 September 2011.

- Departemen Kehutanan. 2006. *Data Dasar RTL-RLKT Sub-Sub DAS Riam Kanan*. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Barito.
- EDWARD & LESTARI. 2004. Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Kualitas Air Laut dan Sumberdaya Perikanan (Studi Kasus Kematian Massal Ikan-Ikan di Teluk Jakarta). *Jurnal Makara Sains*. 8(2): 52-58.
- EPA-OHIO, 2001, Sediment Sampling Guide and Methodologies 2nd edition, *Environmental Protection Agency*, state of Ohio.
- FLOGEAC, K., E. GUILON, & M. APLINCOURT. 2007. Competitive sorption of metal ions onto a north-eastern France soil. *Isotherms and XAFS studies. Geoderma* 139, 180-189.
- GOEHOEN, C. AND DOMINI, J. 2003. *Appl. Geochem.* 18, 457-470.
- KARAGEORGIS, A. P., N.P. NIKOLAIDIS, H. KARAMANOS, & N. SKOULIKIDIS. 2003. Water and sediment quality assessment of the Axios River and its coastal environment. *Continental Shelf Research* 23 1929-1944.
- KNIGHTON, A.D., 1989. River adjustment to changes in sediment load: the effects of tin mining on the Ringarooma River, Tasmania, 1875–1994. *Earth Surface Processes and Landforms* 14, 333–359.
- KNIGHTON, A.D., 1991. Channel bed adjustment along mine-affected rivers of northeast Tasmania. *Geomorphology* 4, 205–219.
- KURNIAWAN, N. 2011. Tiap 5 Menit Ikan Mati. *Banjarmasin post*. 9 Agustus 2011. Hal 1 (kolom 7-8).
- MENDENHALL, W. & SINCICH, T. 2003. *Statistic for Engineering and the Sciences*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.
- MILLER, J.R., K.A. HUDSON-EDWARDS, P.J. LECHLER, D.PRESTON, & M.G. MACKLIN. 2004. Heavy metal contamination of water, soil, and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolivia. *Science of the Total Environment* 320: 189-209.
- OBASOHAN, E. E. 2008. Bioaccumulation of Chromium, Copper, Manganese, Nickel and Lead in a Freshwater Cichlid, *Hemichromis fasciatus* from Ogba River in Benin City, Nigeria. *African Journal of General Agriculture*. 4(3):30-36.
- OSCIK, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited, England.
- SCHNOOR, J. 1996. *Environmental Modelling*. John Wiley & Son, Inc. New York.
- SETIABUDI, B.T. 2005., *D. I. Yogyakarta*. Subdit Konservasi-Direktorat Inventarisasi sumber Daya Mineral.
- SINGH, K. P., MALIK, A., SINHA, S., SINGH, K., MURTHY, R. C., 2005, *Estimation of Source of Heavy Metal Contamination in Sediments of Gomti River (India) Using Principal Component Analysis*, Water, Air, and Soil Pollution (Springer), Vol 166, pp. 321-341.
- SNI 06-6992.3-2004. *Cara Uji timbal (Pb) secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 06-6992.8-2004. *Cara Uji seng (Zn) secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 6989.59:2008. *Metode Pengambilan Contoh Air dan Air Limbah*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 6989.7:2009. *Cara Uji seng (Zn) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 6989.8:2009. *Cara Uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SUDARMADJI, J. MUKONO, & I. P. CORIE. 2006. *Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan*. Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Airlangga.
- SUKARJO. 1990. *Kimia Anorganik*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- SUSANTO, D. 2011. *Riam Kanan Sumber Kehidupan*. <http://dennymedia.wordpress.com/2011/04/30/waduk-riam-kanan>. Diakses tanggal 28 Nopember 2011.
- SUTAMIHARDJA, P. Deny & J. Rany. 1999. *Sifat Logam Berat*. BPLH. Jawa Barat. <http://www.bplhdjabar.go.id/index.php.bidang-konservasi>. Diakses tanggal 15 September 2011.
- TAYLOR, M.P. 2006. Distribution and storage of sediment-associated heavy metals downstream of the remediated Rum Jungle Mine on the East Branch of the Finniss River, Northern Territory, Australia. *Journal of Geochemical Exploration* 92 55–72.

- US-EPA, 2004, *The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States, National Sediment Quality Survey: Second Edition*, United States Environmental Protection Agency, Standards and Health Protection Division, Washington, DC 20460.
- VIDAL, M., M.J. SANTOS, T. ABRAO, J. RODRIGUEZ, & A. RIGOL. 2009. Modeling Competitive metal sorption in a mineral soil. *Geoderma* 149 189-198.
- WIDOWATI, W., A. SASTIONO, & R. JUSUF. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- WU, Y., R. FALCONER, & B. LIN. 2005. Modelling trace metal concentration distributions in estuarine waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64 699-709.
- YANG, Z., YINWANG, Z. SHEN, J. NIU, & Z. TANG . 2009. Distribution and speciation of heavy metals in sediments from the mainstream, tributaries, and lakes of the Yangtze River catchment of Wuhan, China. *Journal of Hazardous Materials* 166 1186–1194.