

KONSENTRASI TIMBAL (Pb) DALAM AIR, SEDIMEN DAN *Tubifex* sp. PADA PERAIRAN YANG TERCEMAR LOGAM

CONCENTRATION OF LEAD (Pb) IN WATER, SEDIMENT AND *Tubifex* sp. IN THE METAL POLLUTED WATERS

Irawati Mei Widiastuti^{1*}, Asus Maizar², Muhammad Musa² and Diana Arfiati²

¹Mahasiswa Program Doktor Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang

*Penulis korespondensi: E-mail : irakarno@yahoo.com

(Diterima Maret 2018 /Disetujui April 2018)

ABSTRAK

Timbal merupakan salah satu logam berat sumber pencemar yang sangat toksik dan tidak bisa terdegradasi sehingga terakumulasi dalam sedimen dan organisme perairan termasuk cacing *Tubifex*. Tujuan penelitian adalah menentukan konsentrasi dan menganalisis korelasi konsentrasi timbal (Pb) yang terkandung di dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex*. Metode penelitian yang digunakan adalah survei. Sampel diambil pada perairan tempat pembuangan limbah. Penetapan konsentrasi timbal (Pb) digunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil pengukuran konsentrasi timbal (Pb) dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex* ditabulasikan dalam bentuk tabel dan grafik, dianalisis secara deskriptif. Untuk membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi Pb dalam cacing *Tubifex* seiring dengan peningkatan kandungan Pb dalam air dan sedimen, digunakan analisis regresi linier sederhana. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Pb di air ($0,4923 \pm 0,0091$ mg/L - $0,6647 \pm 0,0067$ mg/L), di sedimen ($1,3803 \pm 0,0042$ mg/L - $1,4530 \pm 0,0046$ mg/L) dan di cacing *Tubifex* ($0,9213 \pm 0,0032$ mg/L - $0,9767 \pm 0,0060$ mg/L). Konsentrasi Pb pada cacing *Tubifex* mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi Pb di air dan sedimen.

Kata kunci : limbah, timbal (Pb), *Tubifex*

ABSTRACT

Lead is one of the heavy metals of pollutant sources that are highly toxic and can not be degraded thus accumulating in sediments and aquatic organisms including *Tubifex* worms. The objectives of the study were to determine the concentration and to analyze the correlation of lead concentration (Pb) contained in water, sediments and *Tubifex* worms. The research method used is survey. Samples were taken at the waters of the landfill. The determination of lead concentration (Pb) was used by *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) method. The results of measurements of lead concentration (Pb) in water, sediments and *Tubifex* worms tabulated in tables and graphs, were analyzed descriptively. To prove that the increase of Pb concentration in *Tubifex* worms along with the increase of Pb content in water and sediment, a simple linear regression analysis was performed. The results showed the concentration of Pb in water (0.4923 ± 0.0091 mg / L - 0.6647 ± 0.0067 mg / L), in sediments (1.3803 ± 0.0042 mg / L - $1.4530 \pm 0,0046$ mg / L) and in *Tubifex* worms (0.9213 ± 0.0032 mg / L - 0.9767 ± 0.0060 mg / L). The concentration of Pb in the *Tubifex* worm has increased with increasing concentrations of Pb in water and sediment.

Keywords : waste, lead (Pb), *Tubifex*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air yang telah dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai aktifitas dalam kehidupannya. Namun seiring dengan perkembangan industri maka fungsi sungai telah mengalami perubahan. Pada saat ini, sungai dimanfaatkan sebagai tempat pembuangan limbah terutama dari industri-industri besar. Limbah industri mengandung materi yang berbahaya bagi lingkungan dan organisme perairan baik limbah organik maupun anorganik, termasuk logam berat sehingga dapat menimbulkan terjadinya pencemaran perairan.

Perairan yang terletak di Kecamatan Gempol Kabupaten Pasuruan merupakan salah satu perairan yang digunakan sebagai tempat pembuangan limbah pabrik. Berdasarkan hasil survei (2016) bahwa sungai tersebut telah mengalami pencemaran termasuk pencemaran karena logam berat (PP 80, 2001).

Salah satu polutan penyebab pencemaran perairan adalah logam berat yang berasal dari limbah industri yang dibuang ke sungai. Logam berat yang mencemari perairan sungai antara lain merkuri (Hg), kadmium (Cd), krom (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu). Logam-logam tersebut sangat berbahaya bagi organisme karena bersifat toksik (Duruibe, *et al.*, 2007).

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat beracun dan berbahaya. Timbal banyak ditemukan sebagai bahan pencemar dan cenderung mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan (Palar, 2002). Timbal yang masuk ke dalam perairan dapat berasal dari limbah buangan industri kimia, industri percetakan, industri yang menghasilkan logam berat dan industri cat (Sumah dan Anurohim, 2013).

Cacing *Tubifex tubifex* Müll. (Tubificidae, Oligochaeta) merupakan organisme yang sesuai untuk penelitian efek biologis berbagai polutan. *Tubifex tubifex* Müll. (Tubificidae) adalah Oligochaete air tawar yang memiliki distribusi secara luas (Vytačilová, *et al.*, 2004). Salah satu organisme yang hidup di perairan yang tercemar limbah adalah cacing *Tubifex*. Cacing *Tubifex* merupakan indikator pencemaran, yang termasuk kategori pencemaran berat terutama pencemaran bahan organik.

Senyawa logam berat yang masuk ke dalam perairan dapat memberikan respon yang bermacam-macam terhadap organisme perairan antara lain bioakumulasi, perubahan tingkah laku organisme bahkan kematian. Keberadaan logam di dalam perairan berdampak pada perubahan komposisi dan penurunan jumlah atau hilangnya spesies perairan dari komunitasnya (Darmono, 1995).

Hasil studi tentang kualitas perairan (2017) di sungai yang melintasi desa Kejapanan kecamatan Gempol kabupaten Pasuruan menunjukkan bahwa perairan tersebut, termasuk cacing *Tubifex* yang hidup di perairan tersebut mengandung timbal (Pb), merkuri (Hg), cadmium (Cd), seng (Zn) dan tembaga (Cu). Hal ini menunjukkan bahwa cacing *Tubifex*, selain dapat hidup di perairan dengan kandungan bahan organik tinggi namun dapat juga bertahan hidup pada perairan yang tercemar logam berat.

Berdasarkan uraian sebelumnya maka perlu kajian tentang tingkat pencemaran perairan oleh limbah yang mengandung logam berat. Salah satu logam berat yang penting untuk dikaji adalah logam timbal (Pb) karena Pb termasuk logam yang sangat toksik terhadap organisme perairan dan banyak terdapat di perairan..

Tujuan dari penelitian adalah menentukan konsentrasi dan menganalisis korelasi konsentrasi timbal (Pb) yang terkandung dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex* yang berasal dari perairan yang tercemar logam berat.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Gempol Kabupaten Pasuruan selama tiga bulan (Januari - Maret 2017). Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei. Lokasi pengambilan sampel ditentukan secara *purposive sampling* (sebelum saluran pembuangan limbah, tepat di saluran pembuangan limbah dan setelah saluran pembuangan limbah).

Materi dan Metode

Sampel yang diuji adalah sampel air, sedimen dan cacing *Tubifex*. Sampel air diambil secara langsung dan disimpan dalam botol sampel. Sampel sedimen diambil menggunakan pipa paralon yang dimasukkan ke sedimen sedalam 20 cm, disimpan dalam wadah dan dibawa ke laboratorium untuk diukur konsentrasi merkurnya. Sampel cacing *Tubifex* diambil secara langsung dengan substratnya, kemudian disimpan dalam wadah dan dibawa ke laboratorium.

Konsentrasi Pb pada air yang diukur mengacu pada APHA (2005) dengan prosedur sebagai berikut : 50 ml sampel ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat dan dipanaskan sampai volumenya tinggal 15-20 ml. Selanjutnya ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat kemudian dipanaskan lagi; ditambah asam dan dilakukan pemanasan sampai logam larut (sampel air menjadi jernih). Kemudian ditambahkan 2 ml HNO₃ pekat dan dipanaskan selama 10 menit, setelah itu dilakukan proses destruksi. Selanjutnya, dari sampel tersebut diambil 10 ml ditambahkan 1 ml KMnO₄ 0,01N dan dimasukkan ke dalam ASC sesuai dengan nomor urutnya. Hasil pengukuran dalam *Atomic Absorption Spechtrphotometer* (AAS) langsung dinyatakan sebagai hasil konsentrasi logam.

Penetapan konsentrasi Pb pada sampel sedimen yaitu dengan memisahkan sedimen dari kotoran. Sampel dikeringkan pada suhu 105°C selama 3 jam. Sampel yang telah dioven dihaluskan dan ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas piala. Selanjutnya ditambahkan HNO₃ dan H₂SO₄. Setelah itu ditambahkan 20 ml campuran HNO₃/HCl dan didestruksi selama 3 jam pada suhu 120°C. Hasil destruksi disaring dan filtratnya ditampung dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan aquades. Filtrat yang telah dihasilkan kemudian diukur dengan AAS.

Penentuan konsentrasi Pb pada sampel cacing *Tubifex* dilakukan dengan mengambil sampel dan ditimbang, kemudian dioven dengan suhu 300°C. Sampel yang sudah dioven didinginkan, dan ditambahkan larutan HNO₃ 6,5% sebanyak 10 ml, selanjutnya sampel dipanaskan pada hot plate selama 5 menit, diaduk sampai homogen. Kemudian sampel disaring menggunakan kertas saring lalu dicampur dengan aquades sampai larutan mencapai 50 ml dan sampel diukur dengan menggunakan AAS.

Data hasil pengukuran konsentrasi Pb dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex* ditabulasikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dianalisis secara deskriptif. Untuk mengetahui bahwa konsentrasi Pb dalam cacing *Tubifex* dipengaruhi oleh konsentrasi Pb dalam air dan sedimen, digunakan analisis regresi linier sederhana.

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = konsentrasi logam berat dalam tubuh cacing cacing *Tubifex* (mg/l);

X = konsentrasi logam berat pada sedimen/air (mg/l);

a dan b = konstanta

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi timbal (Pb) di air, sedimen dan cacing *Tubifex*

Hasil penentuan konsentrasi Pb menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam sedimen lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi Pb dalam air dan cacing *Tubifex* sp., sedangkan konsentrasi Pb dalam tubuh cacing *Tubifex* sp. lebih tinggi daripada konsentrasi Pb dalam air. Hal ini terjadi pada semua titik pengambilan sampel (TS) (Tabel 1).

Tabel 1. Konsentrasi Pb di air, sedimen dan cacing *Tubifex* sp.

Sampel	Pb air (mg/L)	Pb sedimen (mg/L)	Pb <i>Tubifex</i> (mg/L)
TS 1	0,6307±0,0055	1,4037±0,0057	0,9513±0,0060
TS 2	0,6647±0,0067	1,4530±0,0046	0,9767±0,0060
TS 3	0,5707±0,0085	1,3887±0,0032	0,9253±0,0015
TS 4	0,4923±0,0091	1,3803±0,0042	0,9213±0,0032

Keterangan : TS = titik pengambilan sampel

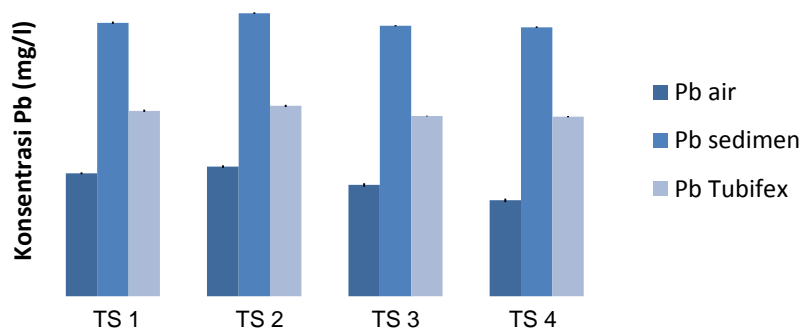
Konsentrasi timbal (Pb) di air merupakan konsentrasi paling rendah apabila dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) dalam sedimen dan cacing *Tubifex*. Konsentrasi timbal (Pb) di air, sedimen dan di cacing *Tubifex* tertinggi pada lokasi pengambilan sampel 2 (TS 2) dan paling rendah pada lokasi pengambilan sampel 4 (TS 4). Konsentrasi timbal (Pb) pada lokasi pengambilan sampel 1 (TS 1) lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) pada lokasi pengambilan sampel 3 (TS 3) (Gambar 1).

Konsentrasi Pb dalam air paling rendah apabila dibandingkan dengan konsentrasi Pb di sedimen dan dalam tubuh cacing *Tubifex*. Hal ini disebabkan karena sifat air yang mengalir secara terus menerus sehingga timbal (Pb) yang masuk ke dalam perairan terbawa oleh aliran air. Sedangkan konsentrasi timbal (Pb) dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) dalam air dan cacing *Tubifex*. Hal ini berkaitan dengan sifat logam berat yang tidak bisa terurai dan bersifat akumulatif sehingga timbal (Pb) yang masuk ke perairan selain terikut aliran air, juga terakumulasi dalam sedimen dan dalam tubuh cacing *Tubifex*. Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang bersifat tidak hanya larut dalam air tetapi akan terabsorpsi oleh partikel-partikel tersuspensi (Clark, 1989).

Konsentrasi Pb di sungai tempat pengambilan sampel (TS1, TS2, TS3, TS4) berkisar antara $0,4923 \pm 0,0091 \text{ mg/L}$ - $1,4530 \pm 0,0046 \text{ mg/L}$. Apabila merujuk pada nilai ambang batas yang direkomendasikan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran, bahwa nilai maksimum Pb dalam air yang direkomendasikan sebesar $0,03 \text{ mg/L}$, maka konsentrasi Pb di perairan tersebut telah melebihi ambang batas yang direkomendasikan.

Konsentrasi Pb dalam sedimen berdasarkan baku mutu konsentrasi logam berat dalam sedimen dari *International Association of Draging Companies / Central Dreging Association* (IACD/CEDA) (1997) sebesar 85 mg/L - 1000 mg/L . Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Pb dalam sedimen sebesar $0,4923 \pm 0,0091 \text{ mg/L}$ - $1,4530 \pm 0,0046 \text{ mg/L}$, masih di bawah level target (Pb=85 mg/L) yang artinya bahwa jika konsentrasi kontaminan pada sedimen memiliki nilai lebih kecil dari nilai level target, kontaminan dalam sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan.

Konsentrasi Pb di dalam tubuh cacing *Tubifex* sp. sangat ditentukan oleh konsentrasi Pb dalam air dan sedimen. Hal ini berkaitan dengan sifat cacing *Tubifex* yang dapat mengabsorpsi logam berat melalui kulitnya seiring dengan proses pernapasan pada cacing *Tubifex* sp. (Gambar 3 dan 4). Pada lingkungan akuatik, kontaminan masuk ke dalam jaringan organisme dengan cara absorpsi langsung dan tidak langsung (Kostnett, 2007; Soemirat, 2005). Logam berat termasuk Pb masuk ke dalam tubuh organisme melalui rantai makanan. Hewan dengan mudah menyerap Pb dari makanan yang dalam jangka waktu panjang terakumulasi pada jaringan seperti hati, ginjal dan alat reproduksi (Kostnett, 2007).

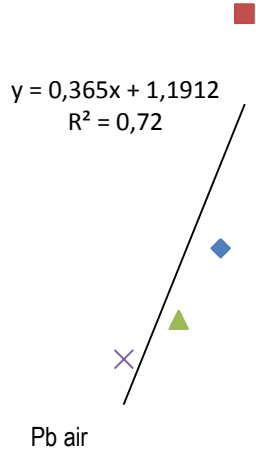


Gambar 1. Konsentrasi Pb dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex*

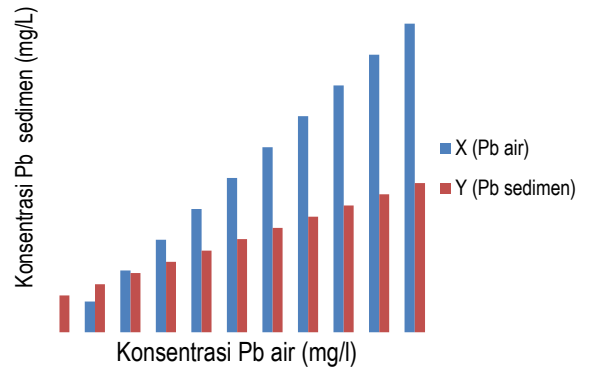
- Korelasi konsentrasi Pb

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex* saling berkorelasi. Konsentrasi Pb di air mempengaruhi konsentrasi Pb di sedimen dan di *Tubifex*. Korelasi antara konsentrasi Pb dalam air, sedimen dan cacing *Tubifex* terlihat pada Gambar 2, 3 dan 4.

Korelasi Pb air dan Pb sedimen

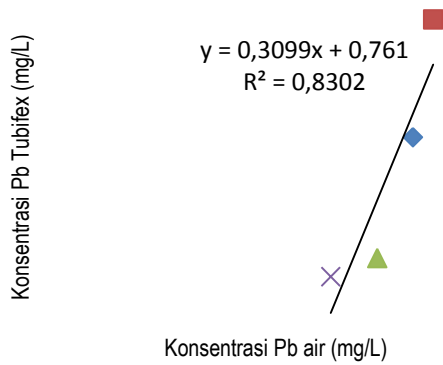


Konsentrasi Pb air dan sedimen

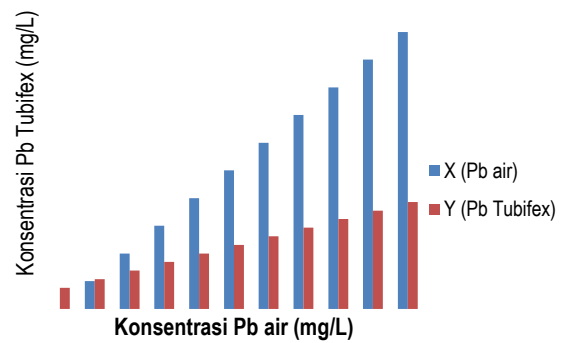


Gambar 2. Korelasi antara Pb di air dan sedimen

Korelasi antara Pb di air dan Tubifex

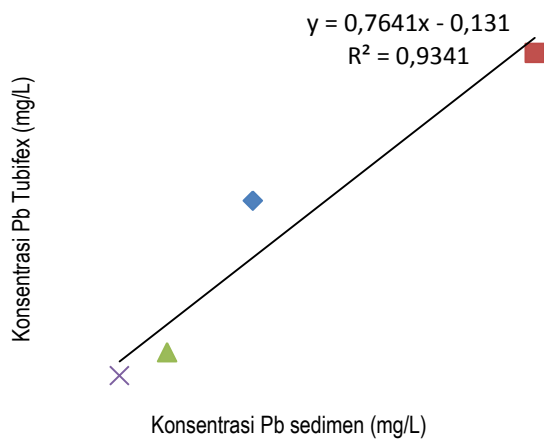


Konsentrasi Pb air dan Tubifex

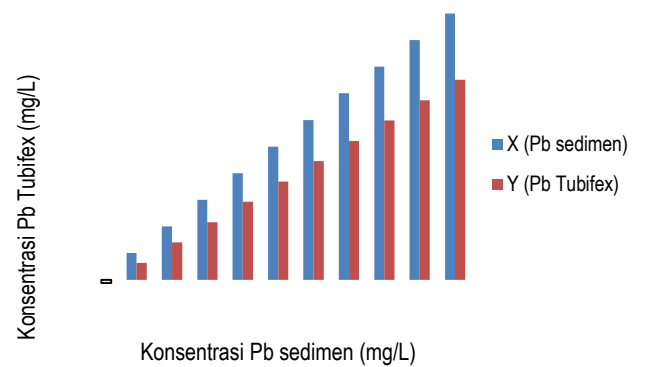


Gambar 3. Korelasi antara Hg di air dan cacing *Tubifex* sp.

Korelasi antara Pb di sedimen dan Tubifex



Konsentrasi Pb sedimen dan Tubifex



Gambar 4. Korelasi Hg di sedimen dan cacing *Tubifex*

Timbal (Pb) dalam air dan sedimen menunjukkan korelasi positif dengan persamaan $Y=0,365X - 1,1912$ dan nilai $R^2 = 0,72$. Koefisien korelasi (R) sebesar 0,8485, hal ini berarti 84,85% konsentrasi Pb di air mempengaruhi konsentrasi Pb di sedimen.

Timbal (Pb) dalam air berkorelasi positif dengan konsentrasi merkuri dalam cacing *Tubifex* dengan persamaan $Y = 0,3099X + 0,761$ dan nilai $R^2 = 0,8302$. Konsentrasi Pb dalam air mempengaruhi konsentrasi Pb dalam cacing *Tubifex* sebesar 91,11%. Konsentrasi Pb dalam sedimen berkorelasi positif juga dengan konsentrasi Pb dalam tubuh cacing *Tubifex*, dengan persamaan $Y = 0,7641X - 0,131$ dan nilai $R^2 = 0,9341$. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Pb di sedimen memberikan kontribusi terhadap konsentrasi Pb pada cacing *Tubifex* sebesar 96,65%.

Korelasi antara konsentrasi Pb dalam air dan sedimen lebih rendah (84,85%) apabila dibandingkan dengan korelasi antara konsentrasi Pb dalam air dan dalam tubuh cacing *Tubifex* (91,11%); dan korelasi antara konsentrasi Pb di sedimen dan dalam tubuh cacing *Tubifex* (96,65%). Hal ini berkaitan dengan aliran air yang terjadi secara terus menerus, sehingga sebagian Pb terikut aliran air dan sebagian yang lain terakumulasi dalam sedimen.

Konsentrasi Pb dalam air dan sedimen sangat mempengaruhi konsentrasi Pb dalam tubuh cacing *Tubifex*. Apabila konsentrasi Pb dalam air dan sedimen meningkat maka konsentrasi Pb dalam cacing *Tubifex* juga meningkat. Hal ini berkaitan dengan tempat hidup (habitat) cacing *Tubifex* yang hidup dan berkembangbiak di sedimen dan sifat cacing *Tubifex* yang melakukan proses pernapasan melalui kulit sehingga berpotensi untuk mengakumulasi Pb yang terabsorpsi ke dalam tubuhnya. Cacing *Tubifex* merupakan salah satu cacing dari phylum annelida yang melakukan proses pertukaran gas melalui permukaan kulit, oleh karena itu bersamaan dengan proses pernapasan, logam berat ikut terabsorpsi ke dalam tubuh cacing *Tubifex*. Masuknya logam berat ke dalam tubuh organisme perairan ada tiga cara yaitu melalui makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit (Sahetapy, 2011).

Korelasi antara konsentrasi Pb di air dan sedimen dengan konsentrasi Pb dalam cacing *Tubifex* sangat tinggi, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam air dan sedimen sangat mempengaruhi perubahan konsentrasi Pb dalam tubuh cacing *Tubifex*. Hal ini terlihat dengan meningkatnya konsentrasi Pb dalam air dan sedimen maka meningkat pula konsentrasi Pb dalam tubuh cacing *Tubifex*.

Jumlah logam berat yang terkandung di dalam sedimen menunjukkan tingkat pencemaran bagi badan air. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut (Chen, *et al.*, 2012). Secara umum, kandungan logam berat di sedimen lebih tinggi daripada di air. Hal ini disebabkan karena logam berat mempunyai sifat mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen (Harahap, 1991).

Fraksi sedimen juga mempengaruhi kemampuan sedimen untuk menyerap merkuri. Konsentrasi logam berat meningkat seiring dengan semakin halusanya sedimen (Koorzeniewski dan Neugabieuer, 1991). Menurut Koneiewski & Neugabieuer (1991) dalam Amin (2002) tipe sedimen dapat mempengaruhi kandungan logam berat dalam sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir.

Logam berat mempunyai sifat yang mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen jauh lebih tinggi dibandingkan di air (Hutagalung, *et al.*, 1997). Menurut Rochyatun, *et al.*, (2006) bahwa kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat dalam air. Hal ini menunjukkan terjadinya akumulasi logam berat dalam sedimen yang disebabkan logam berat di air mengalami proses pengenceran dengan adanya pengaruh pola arus.

Fraksi sedimen di titik pengambilan sampel adalah *silty loam* yang merupakan campuran pasir, debu dan liat dengan perbandingan 16% : 62% : 22%. Tekstur sedimen *silty loam* dengan persentase debu lebih besar daripada persentase pasir dan liat. Hal ini mempermudah logam berat merkuri untuk terakumulasi dalam sedimen karena ukuran partikel debu yang sangat halus. Tipe sedimen lempung berlumpur atau lempung berdebu akan meningkatkan akumulasi logam karena sedimen dengan fraksi lumpur/debu yang tinggi dapat mengikat logam lebih lama. Hal ini disebabkan adanya gaya tarik menarik elektrokimia antara partikel sedimen dengan partikel logam, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme (Meregalli, *et al.*, 2004).

KESIMPULAN

Konsentrasi timbal (Pb) di perairan yang tercemar limbah pabrik tertinggi pada lokasi pembuangan limbah. Akumulasi Pb tertinggi di sedimen > cacing Tubifex > air. Konsentrasi Pb dalam air mempengaruhi Pb dalam sedimen sebesar 84,85%. Konsentrasi Pb di air mempengaruhi 91,11% Pb dalam Tubifex. Konsentrasi Pb di sedimen mempengaruhi konsentrasi Pb di Tubifex sebesar 96,65%. Konsentrasi Pb dalam cacing *Tubifex* mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya Pb di air dan sedimen.

PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA)*. 2005. *Standard Methods for The examination of Water and Waste Water, 21st Edition*. Eaton. ADLS Clesceri, Ew Rice., AE Greenberg (eds). APHA, *American Water Works Association (AWWA)*, and *Water Environment Federation (WEF)*, Washington DC.
- Amin, B., 2002. Distribusi logam berat Pb dan Zn di Perairan Telaga Tjuh Karimun Kepulauan Riau. *Jurnal Natur Indonesia* Vol. 5 (1) : 9-16
- Chen, C.W., Chen, C.F., and Dong, C.D., (2012). Contamination and potential ecological of mercury in sediments of Kaohsiung river mouth, Taiwan. *International Journal of Environmental Science and Development* 3(1), 66-71.
- Clark, R.B. 1989. *Marine Pollutuon. Second Edition*. Clarendon Press Oxford. Pp. 1-105
- Darmono, 1995. *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. Universitas Indonesia. Jakarta. p 139.
- Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C., and Egwurugwu, J.N., 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of Physical Sciences* Vol. 2(5), pp 112-118, May 2007.
- Harahap, S., 1991. *Tingkat pencemaran air Kali Cakung Ditinjau dari sifat Fisika-Kimia khususnya logam berat dan keanekaragaman jenis bentos makro*. IPB. 167
- Hutagalung, H.P., Deddy, S., dan Hadi, R., 1997. *Metode Analisa Air laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Puslitbang Oseanologi, LIPI. Jakarta
- International Association of Dredging Companies / Central Dredging Association (IACD/CEDA)*, 1997. *Convension, Codes and Conditions : Marine Disposal Environmental Aspect Dredging*
- Koorzeniewski, K. dan Neugabieuer, E. 1991. Heavy Metal Contamination in Fish The Polish Zone at Southern Baltic. *Mar. Poll. Bull.* 23: 687-689
- Kosnett, M.J., 2007. *Heavy Metal Intoxication & Chelators*. In Katzung B.G. (ed) : *Basic & Clinical Pharmacology*, 10th Ed (International Ed), Boston, New Yoork : Mc Graw Hill p. 970-981.
- Meregalli, G., A.C. Vermeullen and F. Ollivier. 2004. The Use of Chironomid in an Insitu Test for Sediment Toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Savety* 47:231-238.
- Palar, H., 2002. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 80 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran
- Rochyatun, E., Taufik, K., dan Abdul, R., 2006. *Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di Perairan Kamal Muara*, Jakarta Utara. IPB. Bogor.

- Sahetapy, J.M., 2011. *Toksisitas Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya pada Konsumsi Oksigen dan Respon Hematologi Juvenil Ikan Kerapu Macan*. Thesis. Pasca Sarjana. IPB Bogor.
- Soemirat, J. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sumah, Y., dan Aunurohim, 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan HUBUNGANNYA dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits* Vol. 2, No. 2 (2013) 2337-3520 (2301-928X Print). E-166 – E-170.
- Vytlačilová J., Chobot V. , Jahodář L., Laakso I., Vuorela P. *Tubifex Tubifex* Müll. . Photosensitive Organism. *Cent Eur J Publ Health* 2004; 12, Suppl, p. S89–S93