

# BIOKONSENTRASI LOGAM Fe OLEH CACING AKUATIK DALAM PROSES REDUKSI LUMPUR LIMBAH

## BIOCONCENTRATION OF IRON METALS (Fe) BY AQUATIC WORM DURING SLUDGE REDUCTION PROCESS

Ro'du Dhuha A. <sup>(1)</sup>, Atiek Moesriati <sup>(2)</sup>, Alfian Purnomo <sup>(3)</sup>  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jalan Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111, Indonesia  
Email: rodudhuha@gmail.com

**Abstrak:** *Tubifex sp.* dan *Lumbriculus sp.* mampu mengakumulasi logam secara biologis yang selanjutnya dapat terjadi pengurangan logam berat dalam lumpur. Lumpur hasil pengolahan limbah industri sering mengandung logam berat, polutan organik dan bakteri patogen. Fe (besi) merupakan logam yang mana dalam jumlah besar di lingkungan dapat menyebabkan toksik. Hasil analisis kadar logam dalam salah satu lumpur limbah dari unit secondary treatment mengandung Fe sebesar 17.100 mg/kg. Pengelolaan lumpur menggunakan cacing akuatik merupakan alternatif dalam mengurangi jumlah lumpur yang dihasilkan dari suatu instalasi pengolahan air limbah. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem batch. Sampel lumpur berasal dari hasil pengolahan limbah pada unit instalasi secondary treatment IPAL SIER yang kemudian dimasukan dalam reaktor berisi cacing. Reaktor untuk tiap sampel menggunakan rasio worm/sludge (w/s) 0,4; 0,6; dan 0,8. Akumulasi logam Fe pada cacing dilakukan selama 7 hari dengan pengamatan setiap hari. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini jumlah logam Fe yang terkandung dalam tubuh cacing *Tubifex sp.* dan *Lumbriculus sp.* akibat proses reduksi lumpur masing-masing sebesar 6.198mg/kg atau dan 2.036mg/kg. Worm/sludge dan jenis cacing mempengaruhi akumulasi logam Fe oleh cacing akuatik.

**Kata Kunci :** Bioakumulasi, logam Fe, *Tubifex sp.*, *Lumbriculus sp.*

**Abstract:** *Tubifex sp* and *Lumbriculus sp.* sp biologically able to accumulate metals which can occur subsequent reduction of heavy metals in the sludge. Industrial sewage sludge processing results often contain heavy metals, organic pollutants and pathogens. Fe (iron) is a metal which in large quantities in the environment can cause toxic. The result analysis levels metal in mud from secondary unit treatment containing Fe as much as 17.100 mg/kg. Improper processing can have an impact on the environment and human health. Sludge treatment using aquatic worms are an alternative to reduce the amount of sludge produced from the wastewater treatment plant. This research was conducted in laboratory scale with a batch system. Samples of the mud comes from the results of the installation unit on sewage treatment secondary treatment IPAL SIER wich then inserted in the reactor containing worm. Reactor for each sample used a ratio of worm/sludge (w/s) thas is 0,4; 0,6; dan 0,8. The accumulation of metal in worms carried for 7 days with daily observations. The results obtained from this study the amount of Fe contained in the body of worms *Tubifex sp.* and *Lumbriculus sp.* due to sludge reduction processes respectively at 6.198 mg/kg and 2.036 mg/kg. Worm/sludge and types of worms affecting Fe metal accumulation by aquatic worms.

**Keyword :** Bioaccumulation, iron metals, *Tubifex sp.*, *Lumbriculus sp.*

## PENDAHULUAN

Instalasi pengolahan air limbah pada umumnya memberikan hasil buangan berupa lumpur dari proses pengolahan. Proses pengolahan secara aerobik mengakibatkan jumlah lumpur yang cukup besar (Ellisen, 2006). Lumpur yang dihasilkan dari pengolahan limbah mengandung logam berat, patogen dan mikropolutan organik (Huang *et al.*, 2012). Pengolahan lumpur yang tidak benar dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Lumpur hasil pengolahan menjadi salah satu tantangan serius dalam pengolahan air limbah. Hal tersebut sebagai akibat dari adanya hukum yang mengatur, besarnya biaya dan keresahan masyarakat akibat pembuangan lumpur dari pengolahan limbah (Wei *et al.*, 2008). IPAL SIER merupakan instalasi pengolahan dengan sumber air

limbah berasal dari industri (PT. SIER Persero). Menurut Sanin *et al.* (2011), air limbah industri mengandung logam berat diantaranya adalah Fe

Fe (besi) merupakan logam yang mana dalam jumlah besar di lingkungan dapat menyebabkan toksik. Hasil analisis kadar logam dalam salah satu lumpur limbah dari unit *secondary treatment* mengandung Fe sebesar 17.000 mg/kg. konsentrasi tersebut sangat besar bila dibandingkan dengan baku mutu pupuk organik dan pembenahan tanah yaitu maksimal 400 mg/kg (Peraturan menteri pertanian, 2006). Lumpur yang terkena atau mengandung logam berat perlu pengolahan tambahan untuk mereduksinya (Elissen *et al.*, 2006). Dilain sisi pengolahan tersebut dapat meningkatkan biaya pengolahan. Sebagai contoh, biaya pengolahan lumpur dan pembuangan dapat meningkat hingga 60% dari total biaya operasional instalasi pengolahan air limbah (Wei *et al.*, 2008).

Elissen *et al.* (2006) menemukan sebuah konsep reaktor menggunakan cacing akuatik untuk mereduksi jumlah lumpur. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan reaktor cacing TSS dapat tereduksi sebesar 75%. Cacing akuatik juga dapat mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya hingga kadar maksimum yang dapat diterima (Elissen *et al.*, 2010).

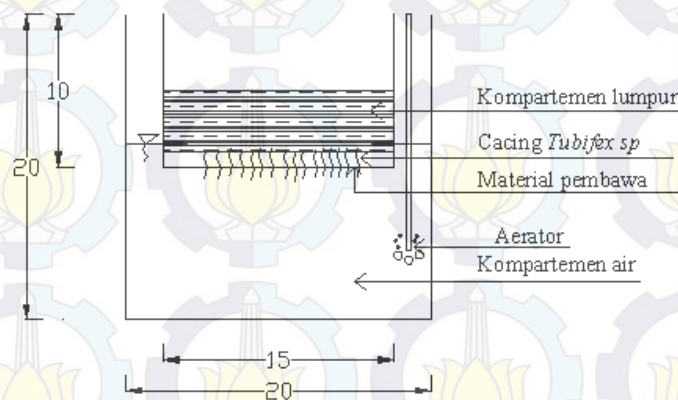
Menurut Zhang (2012), beberapa cacing akuatik ditemukan dalam pengolahan air limbah yang bertujuan untuk mengurangi lumpur, seperti *Tubificidae*, *Lumbriculidae* dan *Aelosomatidae*. *Tubificidae* (misal *Tubifex tubifex*) memiliki tingkat konsumsi tinggi, rentang hidup yang panjang dan kapasitas yang unggul untuk mentolerir polutan dan senyawa beracun dalam ekosistem akuatik. Cacing akuatik golongan oligochaeta merupakan predator alamiah yang diidentifikasi memiliki kemampuan dalam mereduksi lumpur (Buys *et al.*, 2008). Selain *Tubifex sp.*, *Lumbriculus sp.* merupakan cacing akuatik dengan golongan oligochaeta yang mampu mereduksi lumpur dan mengakumulasi logam. *Lumbriculus sp.* merupakan organisme yang toleran terhadap pencemar. *Lumbriculus sp.* pada umumnya digunakan untuk mengukur biokonsentrasi kontaminan pada sedimen (Karlsson, 2013). Cacing-cacing tersebut mengkonsumsi lumpur sebagai makanannya, sehingga mengakumulasi logam Fe yang terkandung dalam lumpur.

Logam Fe dalam limbah cair yang diolah secara konvensional dapat terkandung pada lumpur yang dihasilkan. Pada penelitian ini akan menganalisis kemampuan cacing akuatik (*Tubifex sp.* dan *Lumbriculus sp.*) mengakumulasi logam Fe dalam pengolahan lumpur pada reaktor cacing akuatik.

## METODE

### Alat dan bahan

Direncanakan reaktor cacing memiliki dua kompartemen yaitu kompartemen air dan kompartemen lumpur. Pada kompartemen lumpur berisi lumpur dengan cacing untuk mereduksi lumpur limbah. Kompartemen air berisi air sebagai habitat cacing akuatik. Material pembawa dirangkai didasar kompartemen lumpur yang berfungsi sebagai tempat menempelnya cacing. Lumpur yang digunakan berasal dari lumpur hasil *effluent* pengolahan air limbah. Dimensi reaktor cacing adalah 15 cm x 15 cm x 10 cm untuk kompartemen lumpur dan 20 cm x 20 cm x 20 cm untuk kompartemen air. Gambar dari reaktor dapat dilihat pada Gambar 1. Jenis cacing yang akan digunakan yaitu dari kelas *Oligochaeta* dengan genus *Tubifex sp.* dan *Lumbriculus sp.*



**Gambar 1. Dimensi reaktor rencana**

Konsep reaktor cacing adalah lumpur limbah akan dimanfaatkan oleh cacing sebagai sumber makanan sehingga akan terjadi reduksi lumpur. Hal tersebut akan sejalan dengan penurunan kandungan logam dalam lumpur dan

peningkatan logam pada cacing. Cacing akan mencari oksigen dari kompartemen air, dimana cacing akan menggantungkan badannya pada aterial pembawa dengan posisi ekor berada dibawah.

Mekanisme penelitian

1. Cacing akuatik dibersihkan dari parasit dengan menggunakan air mengalir selama semalam
2. Cacing akuatik yang telah dicuci dimasukkan kedalam reaktor sesuai dengan berat tiap rasio w/s awal (berat kering) 0,4 ; 0,6 dan 0,8.
3. Menganalisis kadar Fe pada lumpur, air dan cacing sebagai analisis awal.
4. Diamati kondisi lingkungan meliputi suhu, pH dan DO
5. Analisis konsentrasi Fe pada cacing dilakukan setiap hari

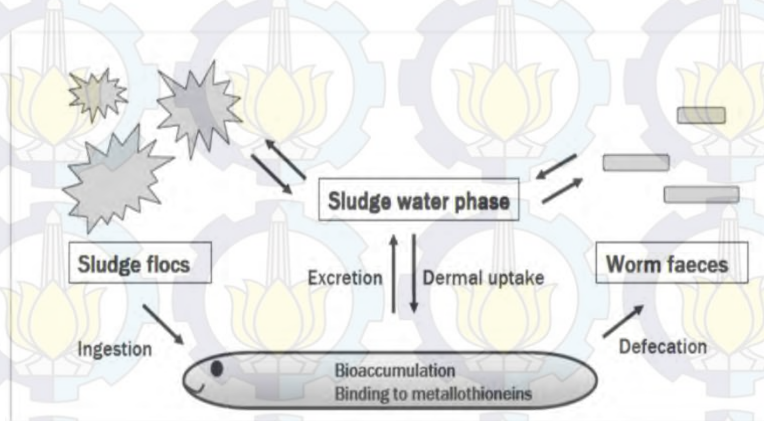
Metode analisis Fe pada cacing

1. Mula-mula spesimen cacing akuatik dipisahkan dari sedimen dan kotoran yang melekat di permukaan tubuhnya. Selanjutnya dicuci dengan air kran, dibilas dengan air mengalir dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Kemudian cacing ditimbang dan dicatat bobot basah nya.
2. Cacing sutera dikeringkan dalam oven suhu 105<sup>0</sup>C hingga berat konstan kemudian dimasukkan ke dalam deksikator untuk persiapan pengujian selanjutnya.
3. Sebanyak 0,1 g sampel kering dimasukkan ke dalam beaker glass, selanjutnya dilarutkan dengan aquades sebanyak 25 ml dan didestruksi menggunakan 1 ml HCl.
4. Larutan yang terbentuk akan dianalisis kandungan Fe menggunakan metode fenantrolin.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Secara morfologi ukuran tubuh *Tubifex sp.* lebih kecil daripada *Lumbriculus sp.* Cacing *Tubifex sp.* yang digunakan untuk penelitian berukuran sekitar 1-3 cm sedangkan cacing *Lumbriculus sp.* yang digunakan berukuran sekitar ±12 cm. Pada penelitian terlihat pergerakan cacing *Tubifex sp.* lebih aktif dan selalu menggerak-gerakkan ekornya Berbeda dengan jenis cacing *Lumbriculus sp.* meskipun memiliki tubuh yang lebih besar dari *Tubifex sp.* , cacing ini memiliki gerak yang pasif dan selalu condong untuk bergerak keluar reaktor. Sehingga pada reaktor variasi jenis cacing kedua diberi isolasi agar cacing tidak dapat keluar.

Selama penelitian terjadi peningkatan konsentrasi pada tubuh cacing . Peningkatan kandungan tersebut akibat dimakannya lumpur yang mengandung Fe atau terserapnya besi melalui lapisan kulit pada seluruh tubuh cacing. Berikut merupakan mekanisme akumulasi logam di dalam tubuh cacing, yang mana dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Ellisen, 2007

**Gambar 2. Mekanisme akumulasi logam dalam tubuh cacing**

Menurut Ellisen (2007), lumpur dalam bentuk flok akan di konsumsi oleh cacing. Selanjutnya terakumulasi dalam tubuh atau di keluarkan melalui feses. Pada tubuh cacing logam Fe yang tidak dibutuhkan akan keluar sebagai feses. Tidak hanya lewat sistem makanan, logam Fe dapat masuk dan terakumulasi pada cacing akibat penyerapan di seluruh permukaan tubuh cacing. Selain penyerapan, terdapat pula ekskresi pada cacing yang juga terjadi di seluruh permukaan kulit. Baik flok maupun feses lumpur dapat menjadi larutan pada fase lumpur dalam air. Cambell *et al.* (2004) menjelaskan bahwa besi dibutuhkan dalam tubuh untuk berikatan dengan protein dan membentuk sel darah merah. Selain itu besi akan berikatan dengan darah untuk menghantarkan oksigen keseluruh tubuh.

Fe merupakan unsur mikronutrien pada cacing. Fe dibutuhkan dalam pembentukan sel darah merah, selain itu Fe akan berikatan dengan sel darah dan dimanfaatkan dalam metabolisme energi (Campbell *et al.*, 2004). Peningkatan jumlah Fe terlalu banyak akan merusak sel jaringan tubuh. Pada umumnya setiap makhluk hidup memiliki batas kemampuan untuk mengakumulasi zat toksik dalam tubuh, namun kemampuan setiap individu





- Huang, W., Shu, Y., Cai, L., Si, S. "Transformation and Migration of Heavy Metals by Aquatic Worms in Wastewater Treatment". *Advanced Materials Research* 573-574 (2012.): 526-533.
- Karlsson, M.V. Uptake of pharmaceuticals and personal care products from sediments into aquatic organism [tesis]. New York: Doctor of Philosophy, University of York, 2013.
- Pennak, R. W. Fresh water invertebrates of the united state, protozoa to mollusca third edition. Colorado: University of Colorado boulder, 1991.
- Sanin, F.D., William, W., Clarkson, P., and Vesilind, A. Sludge Engineering: The Treatment and Disposal of Wastewater Sludges. Pennsylvania : DEStech Publication, Inc, 2011.
- Wei, Y., Zhu, H., Wang, Y., Li, J., Zhang P., Hu J., and Liu J. "Nutrients release and phosphorus distribution during oligochaetes predation on activated sludge". *Biochemical engineering journal* 43 (2008): 239-245.
- Zhang, X., Tian, Y., Wang, Q., Chen, L., and Wang, X. "Heavy metal distribution and speciation during sludge reduction using aquatic worms". *Bioresource Technology* 126 (2012): 41-47.