

# LAJU SERAPAN LOGAM Pb OLEH CATTAIL (*Typha latifolia*) DENGAN METODE HIDROPONIK DAN LAHAN BASAH BUATAN

## THE ABSORPTION RATE OF LEAD IN CATTAIL (*Typha latifolia*) USING HYDROPONIC AND WETLAND TREATMENT

Lieza Corsita<sup>1)</sup> dan Eddy Setiadi Soedjono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>ISTJ Jayapura

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya

### Abstrak

Pengaruh limbah yang mengandung Pb, umur tanaman dan media tanam diteliti terhadap laju serapan absorpsi Pb oleh tumbuhan Cattail melalui rumus Michaelis-Menten. Percobaan dilakukan dengan intensitas penyiraman limbah 2x, 4x, 6x, 8x, dan 10x. Parameter yang diperiksa adalah kadar Pb dalam tanah, akar, batang dan daun tanaman. Pengukuran dilakukan 4 hari sekali. Hasil yang diperoleh adalah laju pertumbuhan Cattail menggunakan tanah dan pasir untuk tanaman umur 3 bulan mengalami penurunan namun berbanding terbalik terhadap laju penyerapan Pb dengan nilai  $V_{max}=22,573$  mg/kg/hari dan  $K_m=3,562$  l/hari. Umur tanaman, konsentrasi limbah, dan jenis media tanam mempengaruhi penyerapan Pb secara signifikan ( $P = 0,004$ ).

Kata kunci : cattail (*typha latifolia*), hidroponik, lahan basah, logam pb

### Abstract

The effect of waste water containing Pb, variations to plant life spans, and variations of soil has been studied to examine the absorption rate of Pb in Cattail by using Michaelis-Menten equation. The plants and sediments removed each four days to examine the Pb content in root, rhizome, and leaf of plant. The experiment showed that the growth rate of 3 months old Cattail using soil and sand were decreased but on the contrary in absorption rate, with  $V_{max}$  at 22,573 mg/kg/day and  $K_m$  at 3,562 l/d. The life spans of plant, waste concentrations and soil has influenced the uptake rate of Pb in plant significantly.

Keywords : cattail (*typha latifolia*), hydroponic, wetland, lead

### 1. PENDAHULUAN

Limbah cair industri khususnya industri otomotif, elektroplating, dan pertambangan biasanya mengandung logam berat yang potensial menimbulkan efek toksik bagi makhluk hidup. Sifat toksik pada konsentrasi tinggi dapat berpengaruh langsung terhadap fungsi fisiologis, biokimiawi dan juga fotosintesa.

Salah satu cara pengolahan air buangan yang mengandung timbal antara lain pengolahan alternatif misalnya dengan sistem wetland yang memanfaatkan zona akar tanaman pada media tanah dan pasir (hidroponik). Jenis tumbuhan yang dapat digunakan adalah dari jenis *Phragmites*, *Typha*, dan *Scirpus*.

Jenis tumbuhan ini mempunyai kemampuan tumbuh pada kondisi aerob dan dapat mentransporta-

sikan oksigen ke akar sehingga mikroorganisme dapat menguraikan materi organik (Novotny dan Olem, 1994). Pemanfaatan *Typha latifolia* sebagai alternatif tanaman macrophyte memiliki kemampuan baik dalam mengasimilasi logam berat yaitu Pb dan Zn dalam jaringan akarnya.

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui laju serapan logam berat Pb oleh *Typha latifolia* dengan menggunakan metoda hidroponik dan metoda lahan basah buatan. Media tanam kedua reaktor dibuat berbeda; pada sistem hidroponik digunakan pasir berkerikil halus dan pada lahan basah buatan digunakan tanah.

Timbal digunakan sebagai bahan baku untuk industri aki, percetakan, cat, bahan bakar, dan pembuatan bahan peledak. Industri aki merupakan konsumen utama timbal diikuti oleh industri minyak bumi. Timbal masuk ke dalam tubuh melalui

inhalasi atau pernapasan, gastro intestinal (saluran pencernaan) dan kulit (Darmono, 1995). Kurang dari 10% timbal yang termakan akan diadsorpsi melalui usus, tetapi 25-50% oleh paru-paru. Setelah diadsorpsi, timbal akan didistribusikan ke seluruh tubuh bersama darah, dimana 80-90% terkandung pada sel darah merah. Pada orang dewasa kadar timbal normal dalam darah adalah 0-0,04 mg/100 ml, sedangkan efek racun terjadi pada 0,04-1 mg/100 ml (Goyer dan Musak, 1997). Efek timbal pada anak-anak adalah mengganggu sistem syaraf sentral sehingga menimbulkan gejala kejang sampai koma, sedangkan pada orang dewasa dapat menimbulkan radang otak yang biasanya muncul bersamaan dengan melemahnya otot-otot (Goyer dan Musak, 1997).

Definisi *wetland* secara umum adalah suatu lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya ditumbuhi komunitas hewan (Brix dan Schierup, 1990).

Keuntungan pengolahan dengan sistem lahan basah adalah biaya pengolahan dan perawatan lebih murah, mampu mengolah air limbah domestik dan industri dimana kualitas efluen yang dihasilkan terbukti baik dan sistem manajemen dan kontrol yang mudah (Grambell, 1994). Sistem lahan basah buatan dikonstruksi sedemikian rupa dan diisi dengan batuan, tanah, dan zat organik untuk mendukung tumbuhan rawa seperti *Thypha*, *Juncus* dan *Scirpus Sp.*

Berdasarkan definisi EPA dan Water Pollution Control Federation, sistem lahan basah buatan dikategorikan menjadi 2 tipe dasar yaitu: Sistem Free Water Surface (FWS) dan Sistem Subsurface Flows (SFS).

Secara umum sistem FWS berupa kolam atau saluran yang dilapisi lapisan impermeabel alami atau tanah liat yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. Kolam-kolam tersebut berisi tanah sebagai tempat hidup tanaman air. Tanaman yang biasanya digunakan dalam sistem ini adalah cattail, reed, sedge dan rush (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Pada sistem ini, pengolahan air limbah terjadi ketika air limbah melalui akar tanaman diserap oleh bakteri dan tanaman. Sedangkan pada sistem SFS, pengolahan terjadi ketika air limbah mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media berpori. Media yang digunakan mempunyai

batasan dari kerikil sampai pasir kasar (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Proses yang terjadi adalah filtrasi, adsorpsi oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik oleh akar tanaman, (Novotny dan Olem, 1994). Jenis tanaman yang digunakan dalam pengolahan sama dengan yang digunakan pada pengolahan sistem FWS.

Ada tiga proses yang menggerakkan logam berat ke akar tumbuhan yaitu intersepsi akar, aliran massa dan difusi (Magdalena, 1997). Pada waktu akar tanaman menyerap unsur hara dari larutan tanah, ion logam berat yang terlarut dalam air bergerak menuju akar tanpa aliran air, tetapi bergerak sebagai akibat hukum difusi, yaitu Bergeraknya suatu zat dari bagian yang berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah

Akumulasi logam total oleh tumbuhan tergantung banyak faktor yaitu : sifat alamiah tumbuhan (spesies, kecepatan tumbuh, ukuran dan kedalaman akar, kecepatan penguapan, kebutuhan nutrisi untuk metabolisme), faktor tanah (pH, kandungan dan sifat alamiah zat organik, status nutrisi, jumlah ion-ion logam dan anion-anion tertentu seperti fosfat, sulfat, kadar mineral lempung dan tipe tanah) serta variabel-variabel lingkungan dan pengelolaan (temperatur, kelembaban, sinar matahari, curah hujan, pemupukan dan lain-lain) (Loac dkk, 1997).

Logam dapat terikat pada berbagai lokasi pada membran sel. Untuk memudahkan perhitungan dalam penelitian, maka digunakan persamaan Michaelis-Menten untuk menentukan kinetika laju serapan secara absorpsi pada tanaman. Penentuan parameter kinetika Michaelis-Menten ditentukan dengan persamaan linier Lineweaver-Burk, pada Persamaan 1.

$$[1/V] = [K_m/V_{max}] \cdot [1/C] + [1/V_{max}] \quad (1)$$

Parameter  $V_{max}$  dan  $K_m$  adalah kapasitas absorpsi dalam satuan mg/kg/hari dan mg/l.

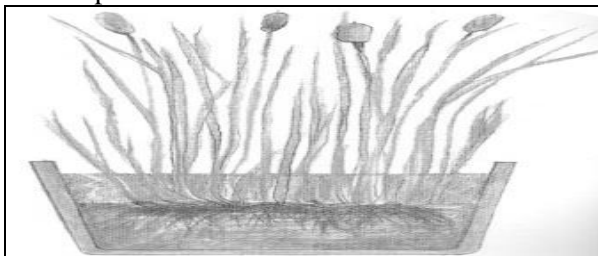
Tujuan secara umum penelitian ini adalah untuk mengetahui laju serapan logam berat Pb pada tanaman *Typha latifolia* dengan metode hidroponik dan lahan basah, sedangkan tujuannya yaitu mengetahui pengaruh konsentrasi limbah, umur tanaman, jenis media tanam dan waktu kontak logam terhadap laju serapan logam Pb pada *Typha latifolia*.

## 2. METODOLOGI

Alat yang dipergunakan dalam percobaan ini terbuat dari jerigen plastik polyetilen ukuran 20 cm x 25 cm x 37 cm. Media tanam berupa tanah dan pasir berkerikil halus (lolos saringan nomor 4) dengan persentase kerikil halus 20 % dan pasir 80 %. Reaktor diisi tanah dan pasir setinggi 27 cm. Untuk reaktor hidroponik diberi tambahan pupuk hijau. Reaktor diletakkan dalam rumah tanaman dari plastik dengan ukuran lebar 2,5 m, panjang 4 m dan tinggi rumah 2,7 m.

Limbah dibuat dari  $Pb(NO_3)_2$  yang dilarutkan dengan akuades untuk larutan stoknya (1000 mg/l). Kuantitas larutan yang digunakan untuk tiap reaktor adalah 1 L per 2 hari dengan variasi konsentrasi 5 mg/l dan 10 mg/l, dengan pH berkisar antara rentang 5,5-6,5. Tanaman diambil dari lokasi yang sama dengan tinggi tanaman 50-70 cm untuk percobaan umur tanaman 1 bulan dan 100-150 cm untuk percobaan tanaman umur 3 bulan. Tanaman diaklimatisasi selama 2 minggu dengan menggunakan air PDAM untuk percobaan dengan umur tanaman 1 bulan.

Tiap reaktor berisi satu rumpun tanaman seperti terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** *Typha latifolia*

Percobaan dilakukan di rumah tanaman dan dibagi dalam dua tahap. Pada tahap pertama digunakan reaktor sebanyak 68 buah yang terbagi atas reaktor kontrol dan reaktor uji. Reaktor kontrol berisi media tanah tanpa ditanami tanaman dan diberi perlakuan limbah sebanyak 12 buah. Sedangkan reaktor uji terbagi atas dua bagian yaitu yang ditanami tanaman umur 1 bulan dan 3 bulan diberi perlakuan limbah sebanyak 48 buah (replikasi) dan yang tanpa diberi perlakuan limbah sebanyak 10 buah. Pengaliran limbah secara batch dimana tanaman disiram limbah sebanyak 1 liter setiap dua hari sekali.

Pengambilan sampel tanaman dan media tanam dilakukan secara random setiap empat hari sekali

yaitu sehabis 2, 4, 6, 8, dan 10 kali penyiraman untuk tanaman uji dan tanah. Selain itu dilakukan pula pengambilan sampel tanah pada reaktor tanpa penyiraman limbah sebagai kontrol atau sebagai sampel awal (0 kali penyiraman limbah). Demikian pula dilakukan pengambilan sampel pada kontrol tanah tanpa diberi limbah.

Pemeriksaan fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Uji Mekanika Tanah jurusan Teknik Sipil ITS dan Laboratorium Teknologi Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Pemeriksaan tanaman dan media tanam dilakukan di Laboratorium Teknologi Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

Pemeriksaan berat kering tanaman dan media tanam dilakukan dengan metoda gravimetri menggunakan timbangan analitis dan oven bersuhu 80°C dan untuk pemeriksaan kandungan logam Pb dalam tanaman dan media tanam dilakukan dengan metoda penetapan kadar serapan atom (spektrofotometri) dengan alat AAS. Pemeriksaan AAS dilakukan di Laboratorium Uji Air Puslitbang PU Surabaya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian dan percobaan yang telah dilakukan didapatkan laju pertumbuhan tanaman perhari pada tanaman percobaan 1 dan 2. Hasil percobaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Laju Pertumbuhan Tanaman Percobaan 1

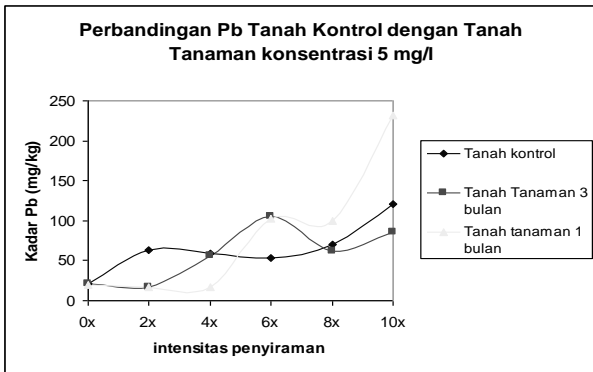
Periode waktu (hari)	Laju pertumbuhan (1/hari)			
	3 bl/5 mg/l	3 bl/10 mg/l	1 bl/5 mg/l	1 bl/10 mg/l
t0 - t4	-0.023	0.066	-0.09	0.107
t4 - t8	0.0056	-0.064	0.56	-0.015
t8 - t12	0.231	0.33	0.026	0.15
t12 - t16	0.232	-0.216	0.036	0.13
t16 - t20	-0.375	0.1	0.765	0.325
t0 - t20	-0.115	0.55	1.8	1.7

**Tabel 2.** Laju Pertumbuhan Tanaman Percobaan 2

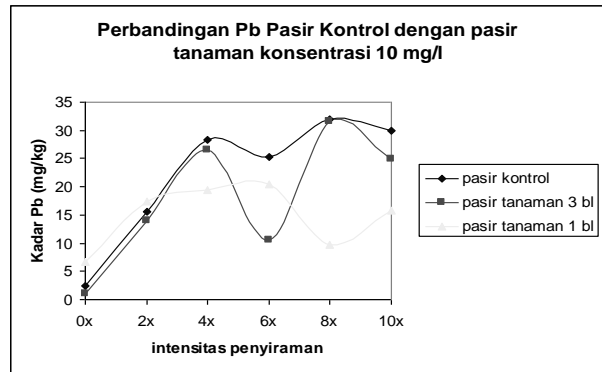
Periode waktu (hari)	Laju pertumbuhan (1/hari)			
	3 bl/5 mg/l	3 bl/10 mg/l	1 bl/5 mg/l	1 bl/10 mg/l
t0 - t4	-0.233	-0.13	0.042	0.149
t4 - t8	0.01	0.09	0.019	-0.148
t8 - t12	0.02	-0.186	0.098	0.262
t12 - t16	-0.092	-0.039	-0.113	0.015
t16 - t20	0.139	-0.048	0.218	-0.054
t0 - t20	-0.15	-0.313	0.266	0.223

Tabel 1 dan 2 tersebut menunjukkan bahwa laju pertumbuhan untuk tanaman umur 3 bulan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan tanaman umur 3 bulan mengalami masa pembungaan sehingga pertumbuhannya terhambat. Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan perbandingan kadar Pb pada tanah kontrol dan tanah tanaman

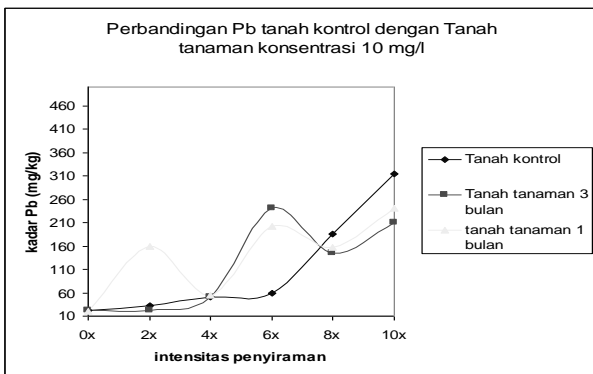
Pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa kadar Pb dalam tanah kontrol maupun tanah tanaman cenderung mengalami kenaikan sampai akhir penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa tanah aktif menyerap Pb.



Gambar 2. Perbandingan Kadar Pb Pada Tanah Kontrol Dengan Tanah Tanaman Dengan Konsentrasi Limbah 5 mg/l.

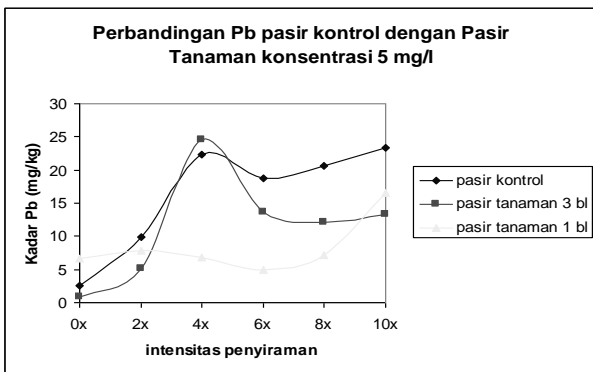


Gambar 5. Perbandingan Kadar Pb Pada Pasir Kontrol Dengan Pasir Tanaman Dengan Konsentrasi Limbah 10 mg/l.

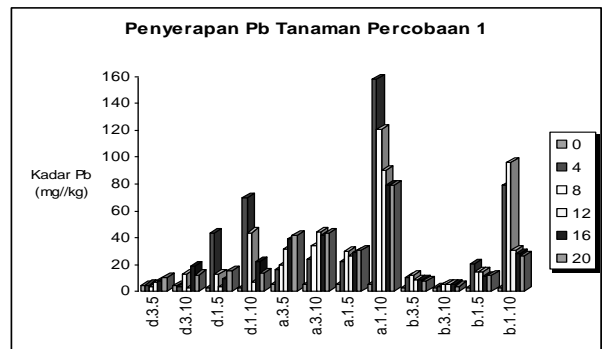


Gambar 3. Perbandingan Kadar Pb Pada Tanah Kontrol Dengan Tanah Tanaman Dengan Konsentrasi Limbah 10 mg/l.

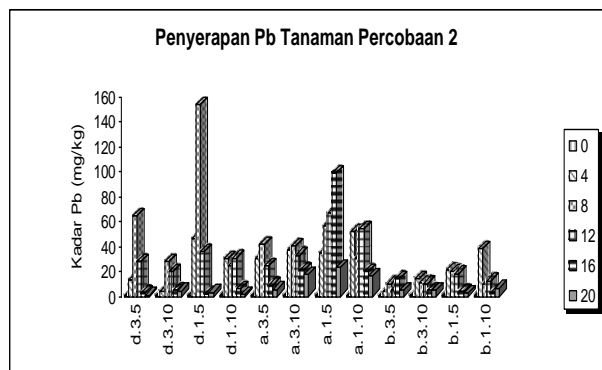
Pada percobaan 2 menggunakan media pasir, kadar Pb terserap lebih sedikit dibandingkan tanah namun mengalami peningkatan terhadap waktu. Fenomena ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Perbandingan Kadar Pb Pada Pasir Kontrol Dengan Pasir Tanaman Dengan Konsentrasi Limbah 5 mg/l.



Gambar 6. Penyerapan Pb oleh Daun, Akar, Batang Tanaman Percobaan 1



Gambar 7. Penyerapan Pb oleh Daun, Akar, Batang Tanaman Percobaan 2

Penyerapan Pb pada daun, akar dan batang *Typha* dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 untuk media tanah dan pasir.

Secara keseluruhan akar menyerap Pb lebih banyak dibandingkan bagian lainnya dimana kadar Pb terserap rata-rata akar untuk percobaan 1 sebesar 42,70 mg/kg dan 29,71 mg/kg untuk percobaan 2.

Hal ini menunjukkan bahwa media tanam tanah lebih baik mensupport tanaman dalam menyerap logam Pb.

Untuk mengetahui pengaruh umur tanaman, jenis media tanam, dan konsentrasi limbah terhadap daya serap Pb pada tanaman dilakukan uji statistik menggunakan metode ANOVA. Persamaan regresi yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Kadar\ Pb = 151 - 28,6\ umur + 1,05\ kons - 14,5\ media\ tanam \quad (2)$$

Analisa varians menghasilkan nilai P = 0,004.

Hal ini menunjukkan bahwa pada nilai P < 0,05 terdapat pengaruh faktor umur, konsentrasi dan jenis media tanam terhadap kadar Pb pada tanaman.

Mekanisme transport logam Pb pada tanaman terjadi karena adanya pergerakan larutan ke permukaan akar yang tergantung pada kecepatan absorpsi, difusitas dan panjang akar.

Sebagai pendekatan dalam mencari laju serapan pada tanaman maka digunakan persamaan Michaelis-Menten untuk menjelaskan laju penyerapan secara absorpsi. Hasil perhitungan Vmax dan Km dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 untuk tiap percobaan dimana tanaman umur 3 bulan yang diberi konsentrasi 10 mg/l memiliki kapasitas absorpsi paling tinggi.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Kapasitas Absorpsi *Typha* Percobaan 1

Sampel uji Tanaman	1/Vmax	Vmax Mg/kg/hr	Km/Vmax	Km
3 bulan, 5 mg/l	0.211	4.739	-1.755	-1.67
3 bulan 10 mg/l	0.1266	7.899	-1.4855	-1.17
1 bulan 5 mg/l	0.0799	12.516	-0.595	-1.49
1 bulan 10 mg/l	0.1469	6.807	-2.605	-1.77

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Kapasitas Absorpsi *Typha* Percobaan 2

Sampel uji Tanaman	1/Vmax	Vmax Mg/kg/hr	Km/Vmax	Km
3 bulan, 5 mg/l	0.0574	17.421	0.3742	1.31
3 bulan 10 mg/l	0.0443	22.573	1.578	3.56
1 bulan 5 mg/l	0.0821	12.1803	-0.612	-1.49
1 bulan 10 mg/l	0.0382	26.178	-0.4615	-1.21

Dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa daya serap logam per-hari pada *Typha* menggunakan media tanah lebih besar daripada pasir. Hal ini disebabkan antara lain oleh terbatasnya kandungan unsur hara yang kurang dalam pasir sehingga kurang mendukung pertumbuhan tanaman akibatnya terjadi penurunan penyerapan Pb pada tanaman dengan media pasir.

Laju serapan logam Pb dalam bentuk rumus didapatkan dari persamaan regresi linear yang menyatakan besar laju serapan dalam mg/kg/hari (Y) dan X sebagai besarnya konsentrasi limbah (mg/l) dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Persamaan Regresi Laju Serapan Tanaman

Jenis Tanaman	Laju Serapan (mg/kg/hari)
Tanaman umur 3 bulan konsentrasi 5 mg/l media tanah	Y = 0,3906 X + 5,767
Tanaman umur 3 bulan konsentrasi 10 mg/l media tanah	Y = 0,0879 X + 7,957
Tanaman umur 1 bulan konsentrasi 5 mg/l media tanah	Y = - 0,659 X + 42,468
Tanaman umur 1 bulan konsentrasi 10 mg/l media tanah	Y = -0,3824 X + 62,34
Tanaman umur 3 bulan konsentrasi 5 mg/l media pasir	Y = -0,3795 X + 24,74
Tanaman umur 3 bulan konsentrasi 10 mg/l media pasir	Y = -0,1314X + 20,70
Tanaman umur 1 bulan konsentrasi 5 mg/l media pasir	Y = -0,6839X + 49,91
Tanaman umur 1 bulan konsentrasi 10 mg/l media pasir	Y = -0,2905 X + 34,38

Dari Tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa tanaman yang memiliki umur 3 bulan dengan menggunakan media tanah memiliki laju serapan karena daya serap logam per waktu mengalami kenaikan. Sedangkan pada persamaan dengan X bernilai negatif menunjukkan bahwa terjadinya penurunan penyerapan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Tanaman *Typha latifolia* tumbuh dengan baik pada media tanah daripada pasir yang ditunjukkan oleh laju pertumbuhan yang cenderung naik sampai akhir penelitian. Penyerapan logam Pb pada tanah lebih besar (berkisar 12-250 mg/kg) dibandingkan dengan penyerapan Pb pada pasir (berkisar 0,7 mg/kg-230 mg/kg). Sedangkan penyerapan logam Pb yang ter-anyak terdapat pada akar *Typha latifolia* dimana kadar Pb terserap rata-rata 42,70 mg/kg yang menggunakan media tanah. Hal ini juga terjadi pada *Typha* menggunakan media pasir dengan kadar Pb dalam akar terserap rata-rata 29,71 mg/kg. Konsentrasi limbah, umur tanaman, dan media tanam mempengaruhi daya serap logam oleh tanaman. Kapasitas absorpsi logam Pb maksimum ( $V_{maks}$ ) terdapat pada tanaman yang menggunakan media tanah berumur 3 bulan dengan konsentrasi limbah 10 mg/l yaitu sebesar 22,573 mg/kg/hari dan konstanta serapan ( $K_m$ ) sebesar 3,5 mg/l.

##### 4.2. Saran

Penelitian laju serapan logam berat pada tanaman *Typha latifolia* masih perlu dikembangkan untuk mendapatkan laju serapan maksimum dalam penyisihan limbah industri sehingga perlu diperhatikan pH limbah maupun pH media tanam sebaiknya dijaga keasamannya untuk mendapatkan hasil serapan yang optimum, atau menggunakan limbah asli. Selain itu perlu penelitian yang dikembangkan dari segi pengaliran limbah secara kontinyu dan dalam reaktor yang lebih besar dengan jumlah biomassa yang besar pula.

#### DAFTAR PUSTAKA

Brix, H., dan Schierup, H.H. (1990). **Soil Oxygenation In Constructed Reed Beds:**

**The Role Of Macrophyte And Soil Atmosphere Interface Oxygen Transport.** Proc. Of The International Conference on The Use of Constructed Wetlands In Water Pollution Control. Cooper, P.F And Firdlater. B.C. (Eds) Pergamon Press. Cambridge. UK. pp. 53-66.

Crites, R. dan Tchobanoglous, G. (1998). **Small And Decentralized Wastewater Management Systems.** McGraw-Hill. Singapore.

Darmono. (1995). **Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup.** Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Goyer, F.A. dan Mushak, P. (1997). **Toxicology Of Trace Elements (Lead Toxicology Laboratory Aspect) Advances In Modern Toxicology.** Vol. 2. Hemisphere. Washington – London.

Grambel, R.P. (1994). **Trace and Toxic Metals In Wetland—A Review.** *Journal of Environmental Quality.* Vol. 23. pp. 883-891

Loac, M., Olier, R. dan Guezennec. (1997). **Uptake Of Lead, Cadmium, And Zinc By A Novel Bacterial exopolysaccharie.** *Water Resources.* Vol.31. pp. 1171-1179.

Magdalena, L. (1997). **Penyerapan Logam Timbal Oleh Tanah Dan Tanaman *Typha latifolia*.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan. ITB Bandung

Novotny, V. dan Olem. (1994). **Water Quality : Prevention, Identification And Management Of Difuse Pollution.** Van Nostrand Reinhold. New York.