

## KEMAMPUAN SISTEM LAHAN BASAH BUATAN MENYISIHKAN KROMIUM HEKSAVALEN [Cr(VI)] LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN LOGAM

**Evi Susanti, Dian Oktaviany dan Cynthia Henny**

*Pusat Penelitian Limnologi – LIPI*

E-mail: eamroe@gmail.com

Diterima redaksi : 13 Januari 2012, disetujui redaksi : 12 April 2012

### ABSTRAK

*Industri pelapisan logam merupakan salah satu penghasil limbah cair yang mengandung logam berat kromium heksavalen Cr(VI), bersifat asam (pH rendah), toksik dan karsinogenik. Kajian sistem lahan basah buatan (LBB) berskala laboratorium telah dilakukan dengan tujuan untuk menguji kemampuan sistem tersebut dengan tipe aliran bawah permukaan dalam mengimobilisasi Cr(VI) limbah cair pelapisan logam. Sistem LBB yang diuji menggunakan tanah pirit (FeS<sub>2</sub>), kompos serta menggunakan dua jenis tumbuhan air Typha sp. dan Lepironia sp. Penelitian dilakukan selama enam bulan mulai November 2008 – April 2009. Sistem LBB mampu meningkatkan pH limbah menjadi netral, menyisihkan logam Cr(VI) dengan efisiensi penyisihan 94,68% pada bak A (tumbuhan uji Lepironia sp) dengan kadar inlet rata-rata sebesar 14,70 mg/L dan outlet 0,773 mg/L, dan 99,86% pada bak B (tumbuhan uji Typha sp.) dengan kadar Cr(VI) pada outlet 0,019 mg/L. Tumbuhan uji Typha sp berkontribusi lebih baik menghasilkan luaran proses reduksi Cr(VI) dan telah memenuhi baku mutu lingkungan (Kep-51/MENLH/10/1995). Pengujian first order-plug flow model menghasilkan nilai k sebesar 4,95 m/hari dan 8,08 m/hari untuk sistem LBB dengan tumbuhan uji Lepironia sp dan Typha sp. Akumulasi Cr(VI) paling besar terdapat pada tanah pirit, kemudian terakumulasi pada organ akar 35 – 69 kali lebih besar dibandingkan pada bagian batang kedua tumbuhan uji.*

**Kata kunci:** Lahan basah buatan (LBB), Cr(VI), Typha, Lepironia

### ABSTRACT

**PERFORMANCE OF TREATMENT WETLAND FOR CHROMIUM (VI) REMOVAL FROM ELECTROPLATING WASTE WATER.** *Electroplating industry is wastewater producer that contain heavy metal Cr(VI) with characterized as acid (low pH), toxic and carcinogenic. This experiment aimed to evaluated the performance of subsurface vertical up-flow type of constructed wetland in laboratory scale to immobilize Cr(VI) by using pyrite soil (FeS<sub>2</sub>), compost and also using two species of plants (Typha sp and Lepironia sp). The study was conducted during the six months from November 2008 – April 2009. The constructed wetland system tested has increased the pH to neutral and reduced Cr(VI) with the removal efficiency 94,68% in pond treatment A (Lepironia sp) with average inlet concentration of 14.7 mg/L and outlet 0.773 mg/L and 99.86% in pond treatment B (Typha sp) with concentrations of Cr (VI) on the outlet of 0.019 mg/L. Typha sp had better contribution in pyrite soil to reduced Cr(VI) as 0,019 mg/L and compliance with environmental quality standards (Kep-51/MENLH/10/1995). First order-plug flow model evaluated with k-value as 4.95 m/day and 8.08 m/day to treatment wetland of Lepironia sp and Typha sp. Cr(VI) accumulated are greatest in the pyrite soil, and then accumulates in the root organs 35-69 times greater than in the stems of both plants test.*

**Key words:** Constructed wetland (CW), Cr(VI), Typha, Lepironia

## PENDAHULUAN

Kromium adalah bahan banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri pelapisan logam (*electroplating*), produksi cat dan pigmen, penyamakan, pengawetan kayu, produksi bahan kimia kromium, peleburan logam serta produksi kertas dan pulp. Kromium, diantaranya kromium heksavalen [Cr(VI)] merupakan pencemar penting karena bersifat toksik dan karsinogenik terhadap manusia dan hewan. Di lingkungan, mobilitas Cr(VI) pada lapisan bawah permukaan (*subsurface*) dapat membahayakan lingkungan. Sebaliknya, Cr(III) memiliki toksisitas yang lebih rendah, bersifat *immobile* dan dapat digunakan sebagai nutrisi bagi manusia dan hewan. Pada tumbuhan, Cr(III) dan Cr(VI) bukan merupakan kebutuhan esensial bahkan seringkali bersifat toksik dan pada tanah lahan basah, mobilitas dan bioavailabilitas Cr(III) berpotensi meningkat dengan adanya beberapa asam organik (Srivastava *et al.* 1999 dalam Xu & Jaffe, 2006). Reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) merupakan proses penting untuk mitigasi permasalahan lingkungan yang terkontaminasi kromium. (Shao-feng *et al.*, 2005).

Industri pelapisan logam merupakan industri yang menghasilkan limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) dengan karakteristik asam, mengandung logam berat dan senyawaan mineral serta bersifat toksik. Salah satu logam berat yang digunakan pada proses pelapisan logam adalah Cr(VI). Senyawaan Cr(VI) dalam bentuk asam kromat digunakan sebagai elektrolit yang akan berfungsi sebagai zat pewarna dan pelapis. Sumber utama air limbah Cr(VI) berasal dari proses pencucian dan pembilasan (Nemerow & Dasgupta, 1994).

Kromium yang terdapat pada limbah cair industri biasanya diolah secara kimia yang umumnya melibatkan proses reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) dengan reduktor seperti Fe(II) pada suasana asam dan

menghasilkan larutan dengan pH yang mendekati netral. Reduksi mikrobial Cr(VI) menjadi Cr(III) juga memungkinkan dan menjadi alternatif untuk remediasi pada lokasi yang tercemar Cr(VI) melalui reduksi kimia (Chao & Hao, 1998 dalam Xu & Jaffe, 2006). Konversi Cr(VI) menjadi Cr(III) di perairan, khususnya apabila terdapat ketersediaan senyawa organik dimana Cr(VI) direduksi oleh karbon organik terlarut (DOC) seperti substansi humik. Kromium hidroksida [Cr(OH)<sub>3</sub>] dan kromium klorida [CrCl<sub>3</sub>] merupakan persenyawaan yang tidak larut dan bentuk ini secara signifikan menurunkan availabilitas kromium terhadap biota. Reduksi Cr(VI) dapat dilakukan dengan menggunakan Fe(II), sulfida terlarut dan beberapa senyawa organik yang mengandung gugus sulfidril (Schroeder & Lee, 1975). Kandungan Fe(II) ditemukan pada berbagai tipe tanah dan dapat menjadi donor elektron primer pada lapisan *subsurface*.

Lahan basah merupakan zona transisi (ekoton) antara ekosistem perairan dimana kondisi basah dan tergenang dengan ekosistem darat yang kering (Kadlec & Knight, 1996) yang memegang peran penting dalam menjaga kualitas perairan pada sistem tersebut. Pemahaman mengenai mekanisme pada sistem lahan basah dalam menyisihkan dan mengimobilisasi pencemar spesifik, penting untuk dipelajari. Keuntungan dari sistem lahan basah adalah terdapat mekanisme dimana beberapa kontaminan dapat didegradasi atau diimobilisasi secara bersamaan.

Penelitian dilakukan untuk menguji kemampuan sistem lahan basah buatan (LBB) dengan tipe aliran bawah permukaan (*subsurface vertical up-flow constructed wetland*) dalam mengimobilisasi Cr(VI) di air limbah pelapisan logam menggunakan tanah pirit yang mengandung Fe(II) serta menggunakan dua jenis tumbuhan air *Typha sp* dan *Lepironia sp*. Kedua jenis ini merupakan jenis tumbuhan yang tahan

terhadap kondisi perairan yang mengandung logam dan biasa berada di lokasi air asam tambang. Penggunaan tipe aliran bawah permukaan ini diharapkan kontak limbah cair yang mengandung Cr(VI) terjadi pada lapisan pirit terlebih dahulu sebelum diserap oleh tumbuhan uji.

**BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilakukan selama enam bulan dari November 2008 hingga April 2009 di Laboratorium rumah kaca Pusat Penelitian Limnologi – LIPI, Cibinong.

**Disain sistem lahan basah buatan.**

Sistem LBB yang digunakan untuk mereduksi limbah Cr(VI) dari industri pelapisan logam merupakan tipe aliran bawah permukaan menanjak (*subsurface vertical up-flow*). Sistem LBB terdiri atas empat bak perlakuan dengan dimensi masing-masing bak 3,0 x 4,0 x 5,0 dm<sup>3</sup> dan luas permukaan 20 dm<sup>2</sup>. Masing-masing sistem tersusun secara seri dan diisi media kerikil sebanyak 8 dm<sup>3</sup>, tanah pirit 30 dm<sup>3</sup> serta campuran humus dan tanah 10 dm<sup>3</sup>. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua tumbuhan uji yaitu jenis *Typha sp* dan *Lepironia sp* yang dipotong hingga ketinggian 0,3 m. Tumbuhan uji

ditumbuhkan selama tiga minggu sebelum sistem dioperasikan. Sistem LBB didisain dengan kriteria aspek rasio panjang dan lebar sebesar 5 : 3, laju aliran 48 L/hari dan *hydraulic retention time* (HRT) selama 1,5 hari. Rata-rata aliran yang masuk ke dalam sistem lahan basah dihitung dengan persamaan:

$$Q = \frac{LWdn}{t}$$

dimana:

Q = rata-rata aliran melalui wetland (m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>)

L = panjang kolam wetland (m)

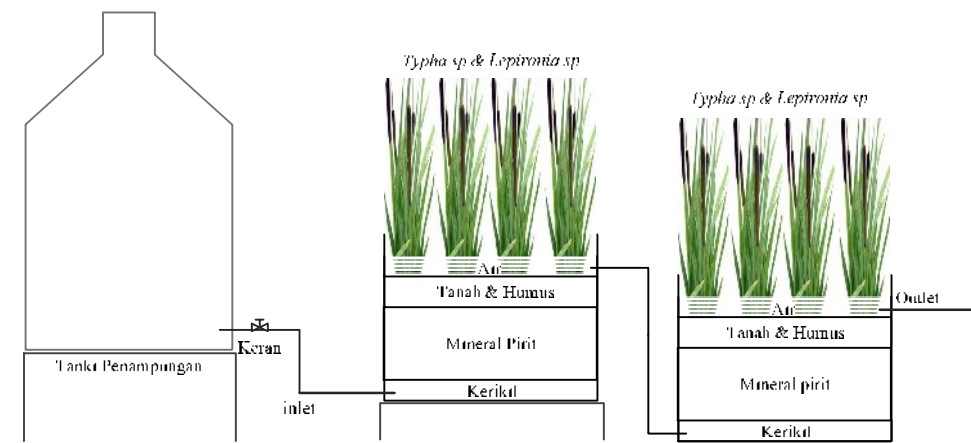
W = lebar kolam wetland (m)

n = porositas

t = *hydraulic retention times* (hari)

**Pengukuran Parameter Lapangan.**

Data kualitas air diukur langsung menggunakan *Water Quality Checker* (WQC) Horiba U-10 meliputi parameter pH, suhu, turbiditas, salinitas dan konduktivitas, yang dilakukan setiap pengambilan sampel air limbah pada inlet dan outlet sistem LBB. Sampel air diambil pada kolam penampungan (inlet), aliran keluar kolam 1 (outlet 1) dan aliran keluar kolam 2 (outlet 2) setiap tiga hari untuk mengetahui kadar bahan pencemar sebelum dan sesudah proses reduksi pada LBB.



Gambar 1. Mikrosom lahan basah buatan skala laboratorium dengan menggunakan media pirit dan tumbuhan uji *Lepironia sp* dan *Typha sp*.

Pengukuran total kromium dan sulfat dianalisis pada komponen air, tumbuhan uji dan tanah pirit. Pengukuran parameter Cr(VI), total Cr, sulfat menggunakan metode baku (APHA, 2005). Kadar Cr(VI) dianalisis dengan metode 1,5-diphenylcarbazide, Total Cr dengan metode permanganate-azide, dan sulfat dianalisis menggunakan reagen BaCl<sub>2</sub> menggunakan spektrofotometer pada λ 420nm (APHA, 2005). Parameter sulfat diukur sebagai spesies yang terdapat pada tanah pirit (FeS<sub>2</sub>). Pengukuran akumulasi Cr pada tanah dan tumbuhan uji (batang dan akar) *Typha sp* dan *Lepironia sp* dilakukan di awal dan akhir pengoperasian mikrokosm selama enam bulan.

Pengambilan sampel tumbuhan uji *Typha sp* dan *Lepironia sp* pada bagian akar dan dibersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran dan debris. Material akar dipisahkan dari material *shoot* yang mengandung batang dan daun. Sampel dikeringkan selama seminggu pada suhu 90°C dan digerus. Sampel tanah diambil pada lapisan pirit dan dikeringkan pada suhu 80°C selama 48 jam. Parameter kimia air diukur menggunakan Spektrofotometer UV Shimadzu 1201 dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu.

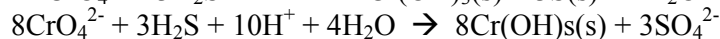
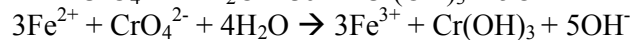
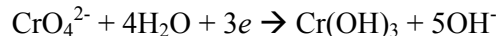
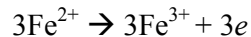
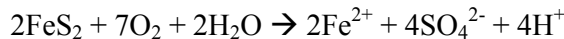
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar Cr(VI) pada Air

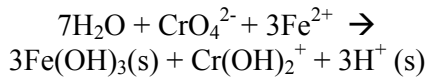
Kualitas air limbah pelapisan logam yang masuk pada sistem LBB diencerkan hingga kadar Cr(VI) kurang lebih 25 mg/L. Secara bertahap kadar Cr(VI) hingga kondisi stabil yang ditandai dengan adanya pertumbuhan *Lepironia sp* dan *Typha sp*.

Reduksi Cr(VI) terjadi karena adanya reaksi redoks antara mineral pirit dengan senyawa Cr(VI). Pirit merupakan senyawa yang mengandung Fe(II) dan sulfida yang turut berperan dalam reduksi Cr(VI). Reaksi yang terjadi pada pirit dan Cr(VI) yang berasal dari limbah pelapisan logam terlihat pada persamaan berikut (Reddy & DeLaune, 2008; Kim *et al.*, 2001):

Reduksi Cr(VI) oleh Fe(II) terjadi pada kondisi material *aquifer sub-oksik*. Laju reduksi chromate oleh Fe(II) sangat cepat (Batchelor *et al.*, 1998) dan tetap berlangsung meskipun terdapat oksigen pada pH ≤ 8. Reduksi Cr(VI) oleh Fe(II) sangat bergantung pada kondisi pH dimana pada kisaran pH 4 – 7,2, reduksi Cr(VI) oleh Fe(II) akan meningkat (Burg & Hug, 1997).

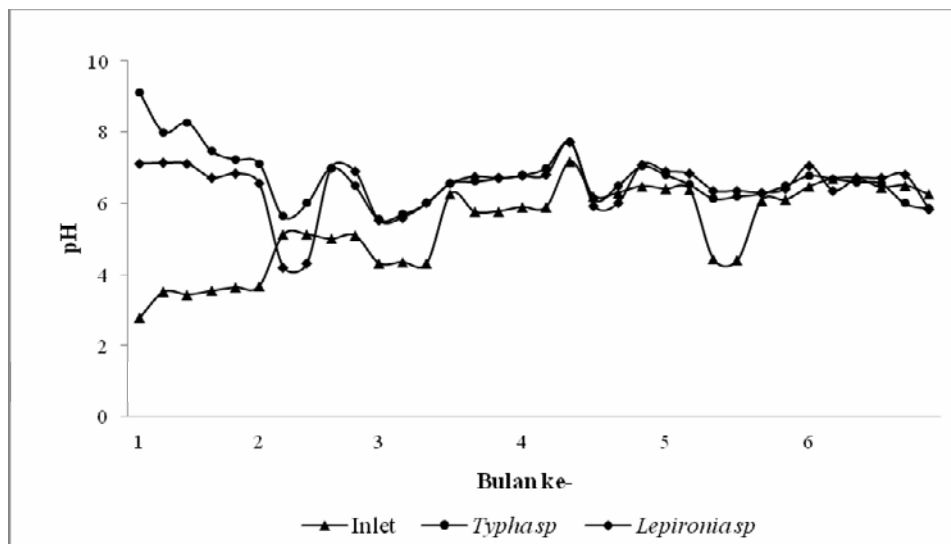


Derajat keasamaan limbah yang masuk pada sistem LBB rata-rata 5,94 dan pH rata-rata pada outlet (1) dan (2) masing-masing 6,44 dan 6,49 yang mendekati pH netral (Gambar 2). Reaksi reduksi Cr(VI) sangat bergantung pada kisaran pH rendah hingga netral dengan adsorben bermuatan positif (Reddy & DeLaune, 2008). Terjadinya peningkatan pH pada outlet (1) dan (2) juga disebabkan oleh penggunaan kompos dan pada lapisan atas penutup tanah pirit yang mengandung alkalinitas (karbonat). Reduksi Cr(VI) oleh Fe(II) mendekati pH 6,5 – 8,5, menghasilkan senyawa  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  sebagaimana persamaan berikut (Schroeder & Lee, 1975):



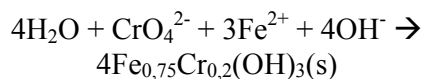
Pada sistem LBB A (*Lepironia sp*), kadar Cr(VI) rata-rata pada outlet sebesar 0,773 mg/L dan pada outlet B (*Typha sp*) kadar Cr(VI) rata-rata sebesar 0,019 mg/L dan cenderung stabil dibandingkan dengan outlet B yang berfluktuasi dengan sebaran konsentrasi Cr(VI) pada outlet 0,0 – 2,5 mg/L (Gambar 3). LBB dengan tumbuhan uji *Typha sp* memberikan kontribusi yang lebih baik dalam proses reduksi Cr(VI). Air proses reduksi pada outlet B telah memenuhi kriteria baku mutu lingkungan (Kep-51/MENLH/10/1995) yaitu Cr(VI) < 0,03 mg/L.

Laju reduksi Cr(VI) oleh Fe(II) juga dipengaruhi oleh temperatur, kekuatan ion (konduktivitas) dan kadar reduktan (Pettine et al., 2001). Pada penelitian ini, suhu berkisar antara 27 – 29°C. Peningkatan



Gambar 2. Fluktuasi pH pada inlet dan outlet bak *Lepironia sp* dan *Typha sp*.

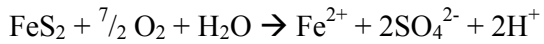
Reduksi Cr(VI) oleh Fe(II) berlangsung cepat dan efektif pada larutan dan menyebabkan pengendapan secara cepat serta mengarah pada pembentukan larutan campuran besi dan kromium dalam bentuk  $\text{Fe}_x\text{Cr}_{1-x}(\text{OH})_3$  (Batchelor, 1998).



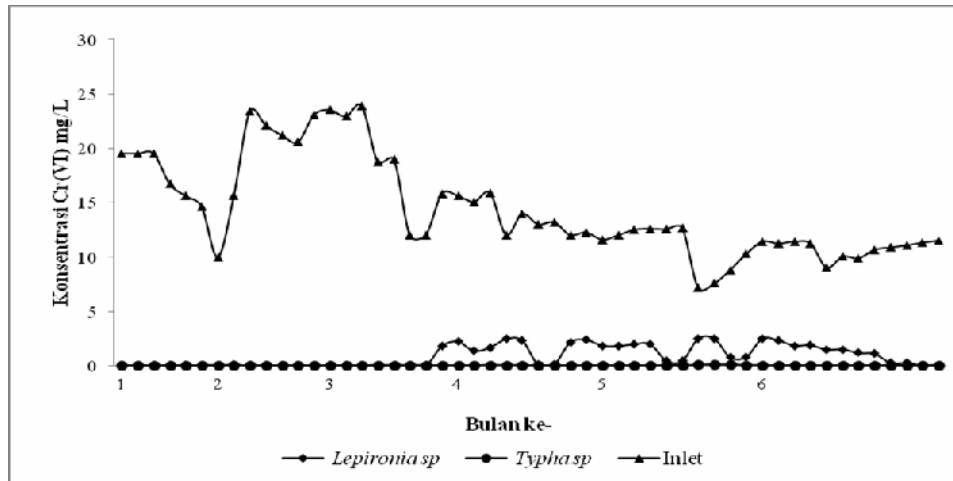
konduktivitas air limbah setelah melalui proses pada sistem LBB juga berasal dari substrat kompos pada lapisan atas tanah (Henny et al. 2010). Konduktivitas menggambarkan kelimpahan ion-ion baik dalam bentuk kation maupun anion.

Kandungan sulfat pada penelitian ini menunjukkan peningkatan kadar pada kedua outlet bak perlakuan. Tingginya kandungan

sulfat pada outlet disebabkan terlepasnya ikatan sulfur pada tanah pirit (Reddy & DeLaune, 2008):



Menurut penelitian Fitch dan Burken (2004), pembentukan sulfida dapat ditemukan dalam air tanah pada LBB yang memiliki kadar sulfat hingga 500 mg/L, dimana pada eksperimen kadar sulfat



Gambar 3. Kadar Cr(VI) yang masuk dan keluar sistem lahan basah dengan tumbuhan uji *Lepironia sp* dan *Typha sp*.

Sebagian besar tanah pirit dikonversi ke dalam bentuk mineral Fe teroksidasi dan sulfat melalui proses oksidasi di sekitar akar tumbuhan. Difusi oksigen pada lapisan permukaan dapat menginduksi oksidasi pirit, melepaskan Fe(II) terlarut dan  $\text{SO}_4^{2-}$  pada air pori. Sulfida tidak hanya terlibat dalam siklus Fe pada tanah pirit, juga memiliki peranan penting dalam reduksi logam berat. Produksi senyawa sulfur tereduksi selama proses reduksi sulfat memiliki pengaruh pengontrol senyawa logam pada tanah yang anoksik. Dengan produk kelarutan yang sangat rendah, sulfida logam akan mengendap sebagai mineral sulfida. Sulfat merupakan ion sulfur dan sangat terlarut di dalam air. Reduksi sulfat membentuk sulfida terlarut ( $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{HS}^-$ ), dapat bereaksi dengan ion logam dan diendapkan dalam bentuk logam sulfida (Reddy & DeLaune, 2008). Reduksi sulfat menjadi sulfida juga terjadi secara biologis oleh bakteri pereduksi sulfat pada kondisi anaerobik. (Henny, 2001).

berkisar antara 11.625 – 98.625 mg/L sehingga diperkirakan pembentukan sulfida terjadi pada kedua sistem LBB tersebut. Pada kondisi lahan yang terkontaminasi logam berat, pembentukan logam sulfida merupakan proses yang penting dalam penurunan availabilitas logam berat. Pembentukan sulfida dan adanya mineral pirit dalam sistem LBB ini akan membantu dalam proses reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III).

Uji ANOVA rancangan acak faktorial dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan waktu, jenis tumbuhan terhadap keluaran sistem LBB. Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh perbedaan jenis tumbuhan uji terhadap keragaman kadar Cr(VI). Perlakuan dengan tumbuhan uji *Lepironia sp* dan *Typha sp* memberikan hasil keluaran yang berbeda pada outlet masing-masing sistem LBB, dimana tumbuhan uji *Typha sp* memberikan kontribusi lebih besar dalam proses reduksi dan akumulasi Cr(VI) pada tanah pirit dan organ tumbuhan uji tersebut (akar dan

batang). Dengan waktu retensi selama 1,5 hari mempengaruhi kadar Cr(VI) yang tereduksi pada tanah pirit dan terakumulasi pada tumbuhan uji dimana jenis *Typha sp* lebih besar dibandingkan jenis *Lepironia sp*.

Korelasi antara reduksi polutan dan polutan yang masuk pada sistem dengan tumbuhan uji *Lepironia sp* menunjukkan  $R^2 = 0,949$ , dan sistem dengan tumbuhan uji *Typha sp* menunjukkan  $R^2 = 0,955$ . Kemiringan garis pada grafik (*slope*) sebesar 0,959 dan 0,961 yang merupakan hasil persentase reduksi (Gambar 4). Kedua sistem menunjukkan performa yang baik. Pengujian *first order-plug flow model* menghasilkan nilai *k* untuk masing-masing bak *Lepironia sp* dan bak *Typha sp* sebesar 4,95 m/hari dan 8,08 m/hari. Terjadinya reaksi Cr(VI) dan Fe(II) di perairan dapat memicu akumulasi Fe dan Cr di tanah dengan korelasi yang kuat (Schroeder & Lee, 1997).

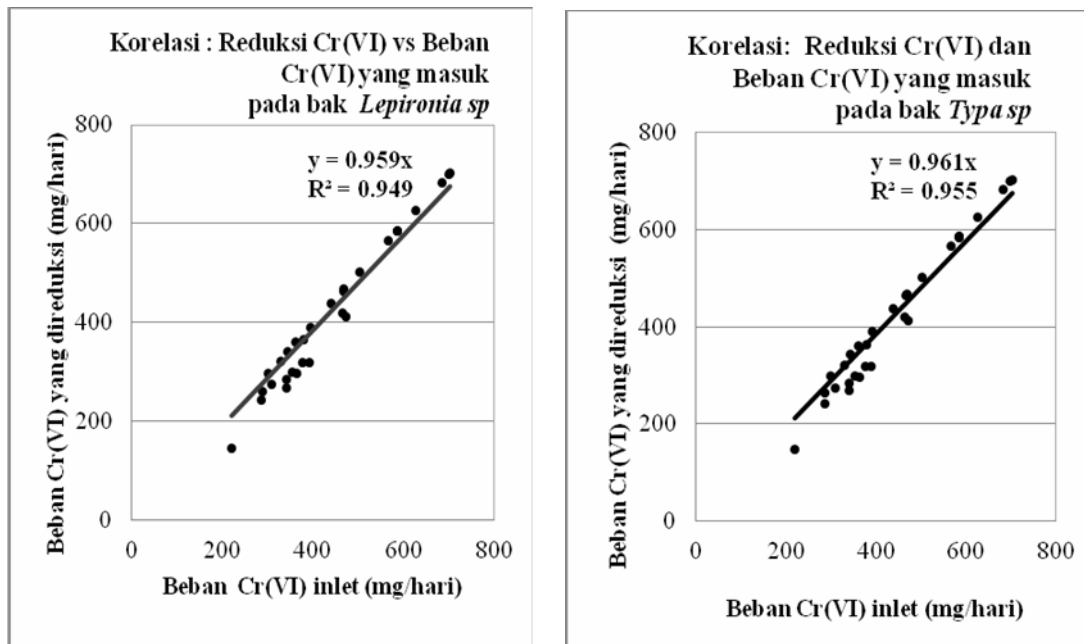
Berdasarkan persentase (%) penyisihan kumulatif (*cumulative removal*), pada bak *Typha sp* terjadi penurunan kadar Cr(VI) hingga 99,86% lebih tinggi

dibandingkan pada perlakuan bak *Lepironia sp* yang hanya mencapai 94,68%. Penggunaan tumbuhan air yang berbeda menghasilkan keluaran sistem yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa jenis tumbuhan *Typha sp* lebih mampu memberikan kontribusi terhadap reduksi Cr(VI) di tanah pirit pada sistem LBB ini.

### Akumulasi Chromium pada Tanah dan Tumbuhan

Kadar kromium lebih tinggi pada tanah dibanding pada jaringan tumbuhan atau biomassa tumbuhan. Pada fase awal sistem lahan basah buatan, kromium yang tersimpan akan berkontribusi untuk membentuk logam di tanah.

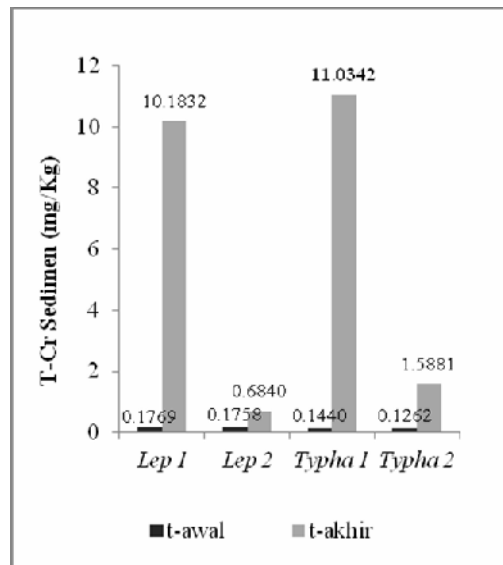
Akumulasi Cr(VI) pada tanah pirit pada bak *Lepironia sp* lebih kecil dibandingkan bak *Typha sp* (Gambar 5). Selain proses-proses reduksi kimia yang terjadi pada tanah pirit yang telah dijelaskan di atas, hal lain yang mempengaruhi akumulasi Cr(VI) pada tanah adalah sistem perakaran tumbuhan air pada sistem LBB. Tumbuhan *Typha sp* memiliki perakaran dan



Gambar 4. Korelasi beban limbah Cr(VI) yang tereduksi terhadap terhadap beban yang masuk

biomassa lebih banyak bila dibandingkan dengan *Lepironia sp.* Perakaran merupakan habitat penting yang dapat menunjang pertumbuhan mikroba yang mampu menyokong proses pembentukan senyawa sulfida dan mereduksi Cr(VI). Kedua tumbuhan air ini mampu menyerap unsur hara dan polutan dalam jumlah yang besar melebihi jumlah yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Pada sistem LBB dengan kedua jenis tumbuhan air ini, terjadi suatu kombinasi proses biologi, fisika dan kimia yang meliputi asimilasi oleh tanaman, transformasi mikroba, sedimentasi, presipitasi dan adsorpsi oleh sedimen (Tjokrokusumo & Sahwan, 2003).

kemampuan mengakumulasi logam Cr lebih besar dibandingkan dengan *Lepironia sp.* Daya akumulasi akar kedua tumbuhan uji mencapai 35 – 69 kali lebih besar dibandingkan pada bagian batang. Rasio akar dan batang tumbuhan uji *Typha sp* mengakumulasi logam Cr sebesar 35,54 sedangkan rasio akar dan batang tumbuhan uji *Lepironia sp* mengakumulasi logam Cr sebesar 68,83. *Typha sp* memiliki kemampuan untuk memproduksi biomassa dalam jumlah besar dan memiliki kemampuan yang baik dalam menyisihkan nitrogen, fosfor dan bahan pencemar logam berat, tahan, dapat tumbuh subur pada berbagai macam kondisi lingkungan, mudah



Gambar 5. Akumulasi Cr(VI) pada tanah pirit

Menggunakan piranti *scanning electron microscope (SEM)* pada perbesaran 1000x menunjukkan perbedaan serbuk pirit sebelum dan sesudah perlakuan Cr(VI). Terbentuknya lapisan seperti serabut pada permukaan serbuk yang diduga Cr(III) sebagai bentuk tereduksi Cr(VI) (Gambar 6).

Akumulasi Cr pada akar lebih tinggi dibandingkan pada bagian batang untuk kedua jenis tumbuhan uji (Gambar 7). Tumbuhan uji *Typha sp* memiliki

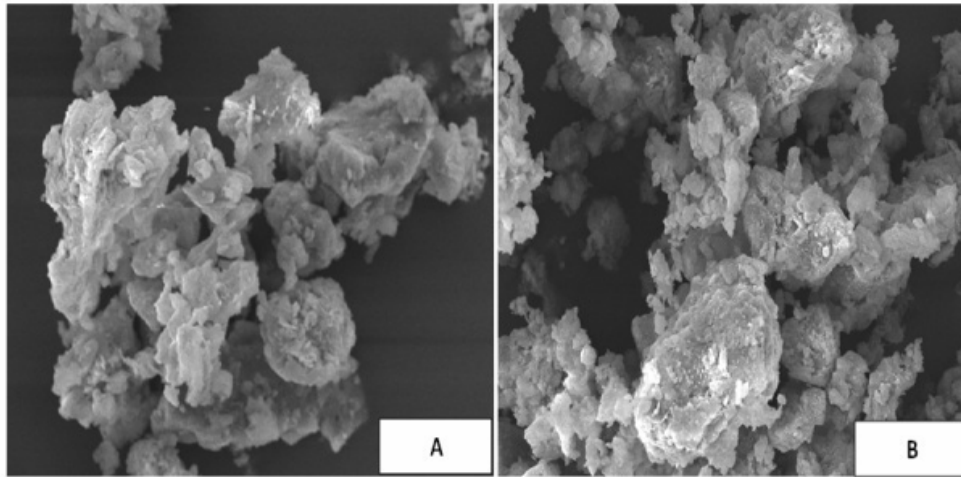
untuk mempropagasi dan merupakan tanaman ideal untuk digunakan dalam sistem lahan basah buatan (Xu & Jafee, 2006).

Selama masa percobaan, *Typha sp* dan *Lepironia sp* pada masing-masing kolam menunjukkan pertumbuhan yang baik. Keberadaan sulfida terlarut,  $H_2S$ ,  $HS^-$  dan  $S^{2-}$ , yang bersifat toksik bagi tumbuhan lahan basah masih berada pada batas yang ditolerir kedua jenis tumbuhan ini. Tingginya kandungan sulfat dapat mempengaruhi produktivitas atau menghambat *uptake*

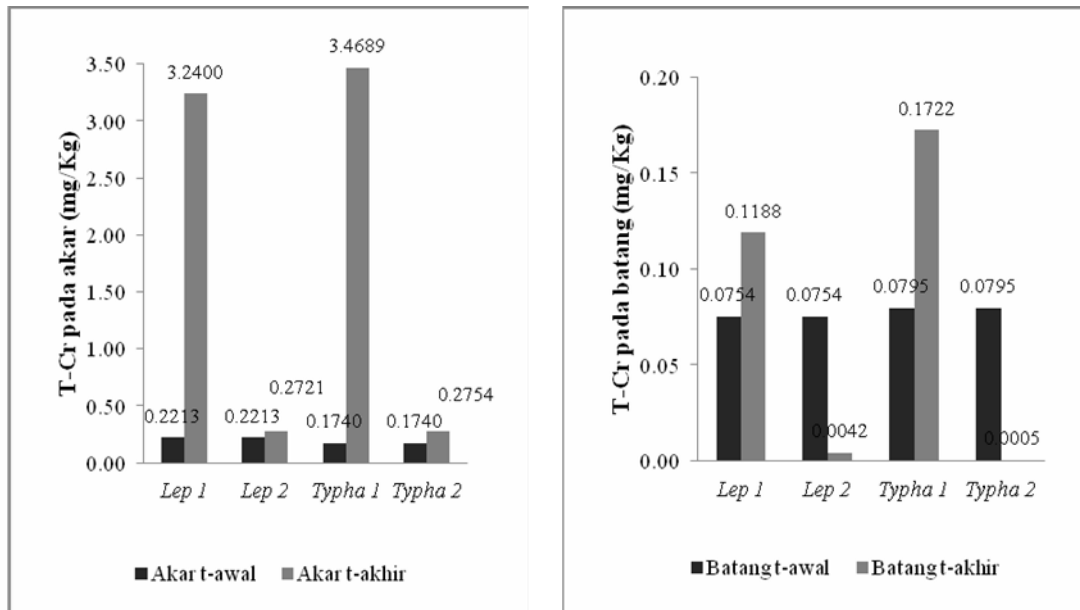


nutrien (Reddy & DeLaune, 2008). Peran tumbuhan air pada sistem rawa buatan adalah menstabilkan permukaan tanah, mendukung terjadinya proses filtrasi secara fisik, menghindari terjadinya hambatan pada rawa buatan bertipe aliran vertikal. Tumbuhan air juga berperan sebagai

media tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme, penyedia oksigen bagi proses mineralisasi zat pencemar, penyerap nutrisi dan bahan-bahan pencemar lainnya dan sebagai penyokong berkembangnya kehidupan liar (Brix, 1997).



Gambar 6. Karakteristik permukaan tanah pirit sebelum perlakuan (A) dan sesudah perlakuan (B) dilihat dengan menggunakan mikroskop pemindai elektron (SEM) dengan perbesaran 1000x.



Gambar 7. Akumulasi logam Cr(VI) pada akar dan batang tumbuhan uji

## KESIMPULAN

Sistem LBB bermedia tanah pirit mampu mereduksi logam Cr(VI) yang berasal dari air limbah pelapisan logam dengan efisiensi penyisihan 94,68% pada perlakuan menggunakan tumbuhan uji *Lepironia* sp, dari kadar di inlet rata-rata sebesar 14,7 mg/L dan pada outlet 0,773 mg/L, pada bak *Typha* sp dengan efisiensi penyisihan 99,86% dari kadar Cr(VI) pada outlet 0,019 mg/L. Tumbuhan uji *Typha* sp berkontribusi lebih baik dan menghasilkan keluaran proses reduksi Cr(VI) sebesar 0,019 mg/L dan telah memenuhi baku mutu lingkungan berdasarkan Kep-51/MENLH/10/1995.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21<sup>st</sup> ed. APHA, WWA & WEF. Washington DC.
- Batchelor, B., M. Schlautman, I. Hwang, & R. Wang, 1998. Kinetics of Chromium (VI) Reduction by Ferrous Iron. Texas: Amarillo National Resource Center for Plutonium. 1 – 15.
- Brix, H., 1997. Do Macrophyta Play a Role in Constructed Treatment Wetland? *J. Wat. Sci. Tech.* 35(5): 11 – 17.
- Fitch, M. & J. Burken, 2004. Constructed Wetlands for Metals Removal: Design for Neutral Waters and AMD Remediation. Missouri: University of Missouri-Rolla. 1 – 17.
- Henny C., 2001. Treatment of Hexavalent Chromium-contaminated Water using Zero-valent Iron Under Sulfate-reduction Conditions. Maine: Faculty Ecology and Environmental Science, University of Maine. 213pp.
- Henny, C., G. S. Ajie, & E. Susanti, 2010. Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Sistem Passive Treatment. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi V Tahun 2010.* 331 – 343.
- Kadlec, R. H. & R. L. Knight, 1996. Treatment Wetlands. Florida: CRC Press LLC. 1016pp.
- Kim, C., Zhou, Q., Deng B., Thornton, E. C. & Xu, H., 2001. Chromium(VI) Reduction by Hydrogen Sulfide in Aqueous Media: Stoichiometry and Kinetics. *J. Environ. Sci. Technol.* 35: 2219 – 2225.
- Nemerow, N.L. & Dasgupta, 1994. Industrial and Hazardous Waste Treatment. New York: Van Nostrand Reinhold. 338pp.
- Reddy, K.R. & R. Delaune, 2008. Biochemistry of Wetlands Science and Applications. Boca Raton: CRC Pr. 774pp.
- Schroeder, G. & G. Lee, 1975. Potential Transformations of Chromium in Natural Waters. *J. Institute for Environmental Water, Air and Soil Pollution* 4: 355 – 365.
- Shao-feng, N., L. Yong, X. Xin-hua, & L. Zhang-hua, 2005. Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Iron Nanoparticles. *J. Zhejiang Univ. SCI.* 6B(10): 1022 – 1027.
- Tjokrokusumo, S. W. & F. L. Sahwan, 2003. Tanaman Potensial Penyerap Limbah Studi Kasus di Pulau Batam. *J. Tek. Ling. P3TL-BPPT* 4(2): 8 – 15.
- Xu, S. & P. R. Jaffe, 2006. Effects of Plants on the Removal of Hexavalent Chromium in Wetland Sediments. *J. Environ. Qual.* 35: 334 – 341.