

PENYISIHAN LOGAM BERAT TEMBAGA, SENG, BESI, DAN MANGAN DI DALAM LAHAN BASAH BUATAN

oleh

AMI A. MEUTIA¹⁾, N. H. SADI¹⁾, K. RATNAWATI²⁾

ABSTRAK

Pengolahan air limbah dengan lahan basah buatan adalah teknologi yang sangat cocok bagi negara tropis berkembang seperti Indonesia karena murah, mudah dalam perawatannya dan berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola penyisihan dan efisiensi penyisihan dari logam-logam berat seperti tembaga (Cu), seng (Zn), Mangan (Mn) dan besi (Fe) di dalam lahan basah buatan yang mengolah air limbah laboratorium di Puslit kami dan untuk mempelajari pengaruh dari musim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan basah buatan mempunyai kemampuan dalam mengolah air limbah laboratorium dan logam-logam Cu, Zn, Mn mempunyai pola penyisihan yang sama baik pada aliran bawah permukaan maupun aliran permukaan, kecuali untuk logam Fe. Nilai rata-rata efisiensi penyisihan untuk Cu pada aliran bawah permukaan 97,5% dan 98,2% pada aliran permukaan, Zn 82,0% pada aliran bawah permukaan dan 80,4% pada aliran permukaan, Mn 88,8% pada aliran bawah permukaan dan 85,7% pada aliran permukaan, dan Fe 78,9% pada aliran bawah permukaan dan 55,4% pada aliran permukaan. Aliran bawah permukaan lebih efisien dari aliran permukaan namun tidak berbeda secara statistik untuk Cu, Zn dan Mn. Perubahan musim tidak mempengaruhi pola dan efisiensi penyisihan.

ABSTRACT

WASTEWATER TREATMENT BY CONSTRUCTED WETLAND CAN BE REGARDED AS AN APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR TROPICAL DEVELOPING COUNTRY LIKE INDONESIA BECAUSE IT IS INEXPENSIVE, EASILY MAINTAINED, AND ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE. *The aims of the research are to investigate the removal pattern and removal efficiencies of heavy metal namely Copper (Cu), Zinc (Zn), Manganese (Mn), and Ferrous (Fe) at constructed wetlands in treating analytical laboratory wastewater at our Center, and to study the effects of seasons. The results showed that the constructed wetlands are capable to treat the laboratory wastewater and the metals Cu, Zn, and Mn have the same removal pattern for both subsurface and surface flow except for Fe. Average removal efficiency values were Cu 97,5% in subsurface flow and 98,2% in surface flow, Zn 82,0% in subsurface flow and 80,4% in surface flow, Mn 88,8% in subsurface flow and 85,7% in surface flow, and Fe 78,9% in subsurface flow and 55,4% in surface flow wetland. The subsurface flow is more efficient than the surface flow although is not statistical significant for Cu, Zn, and Mn. The seasonal changes have no effects on the removal pattern and efficiency.*

1) Research and Development Centre for Limnology, LIPI

2) Faculty of Biology, Padjadjaran University

PENDAHULUAN

Pencemaran terjadi karena masuknya zat-zat ke dalam tanah, air, atau udara sehingga sistem alaminya terganggu dan berlanjut pada kerusakan kehidupan. Pada sistem perairan, sumber pencemarnya antara lain limbah industri dan limbah domestik dalam bentuk pencemaran karbon, nitrogen, dan fosfor. Di dalam beberapa jenis limbah industri terkandung pencemar logam berat. Tergantung dari zat-zat yang digunakan dalam analisis kimia, limbah laboratorium kimia dapat mengandung logam-logam berat yang terbuang saat pencucian alat gelas. Pencemaran air oleh logam berat merupakan masalah yang sering menjadi perhatian masyarakat mengingat logam berat bersifat toksik dan dalam konsentrasi tertentu dapat membahayakan bagi kehidupan di sekitar perairan. Karena sifat toksiknya itulah, pengolahan limbah yang mengandung logam berat sangat diperlukan.

Saat ini banyak unit pengolah limbah dikembangkan untuk menurunkan kandungan logam berat di perairan, salah satunya adalah *constructed wetland* atau lahan basah buatan. Lahan basah buatan (*constructed wetland*) adalah suatu sistem pengolahan air limbah yang cocok untuk daerah tropis dan negara berkembang seperti Indonesia karena murah, mudah dioperasikan dan dirawat serta berkelanjutan (MEUTIA, 2000). Kemampuan ekosistem lahan basah dalam menurunkan kadar bahan pencemar (seperti nutrien, logam, dan senyawa-senyawa organik) dalam badan air yang melaluinya telah menjadikannya sebagai salah satu pilihan dalam pengolahan air limbah dalam dua dekade terakhir ini (DEBUSK *et al.*, 1996, MEUTIA, 2000). Di beberapa tempat, seperti Amerika, Eropa, dan Australia lahan basah buatan dimanfaatkan untuk mengolah limbah industri, buangan domestik, dan lain-lain.

Berdasarkan daya hantar dan listriknnya, semua unsur kimia yang terdapat dalam Susunan Berkala Unsur-Unsur dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu, logam dan non-logam. Golongan logam mempunyai daya hantar dan listrik yang tinggi, sedangkan non-logam mempunyai daya hantar dan listrik yang rendah. Berdasarkan densitasnya, golongan logam dapat pula dibagi menjadi dua yaitu golongan logam ringan dan golongan logam berat. Golongan logam ringan (*light metal*) mempunyai densitas <5 , sedangkan logam berat (*heavy metal*) mempunyai densitas >5 .

Unsur logam bagi organisme hidup sangat diperlukan untuk proses metabolisme sebagai nutrien. Namun unsur logam dalam jumlah yang tinggi dapat bersifat racun. Toksisitas (daya racun) logam terhadap organisme perairan tergantung pada jenis, kadar, efek sinergis-antagonis dan bentuk fisika dan kimianya.

Faktor perairan seperti pH, kesadahan, temperatur, dan salinitas mempengaruhi toksisitas logam berat. Penurunan pH air akan menyebabkan

PENYISIHAN LOGAM BERAT DI LAHAN BASAH BUATAN

toksistas logam berat semakin besar, sedangkan kesadahan yang tinggi akan mengurangi toksistas logam berat, karena logam berat dalam air yang berkesadahan tinggi akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam dasar perairan (REITBERGER *et al.*, 2000).

Penyisihan logam berat dalam lahan basah buatan, secara garis besar merupakan gabungan dari proses fisika-kimia lingkungan dan proses biologis. Menurut OBARSKA-PEMKOWIAK (2000), penyisihan logam berat dalam lahan basah disebabkan oleh:

1. Adsorpsi pasif ion-ion logam oleh tanaman.
2. Pengikatan oleh mikroorganisme.
3. Pengendapan logam berat sebagai senyawa karbonat dan sulfida sebagai hasil dari reaksi redoks.

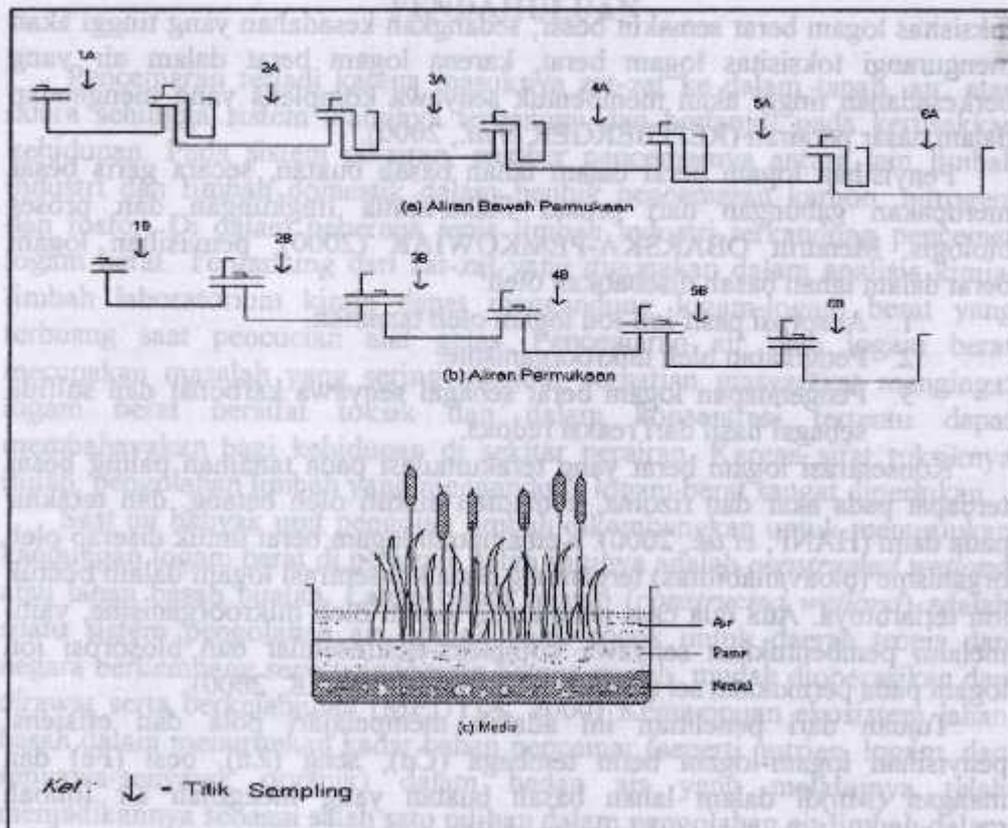
Konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada tanaman paling besar terdapat pada akar dan rizoma, kemudian diikuti oleh batang, dan terakhir pada daun (HANF, *et al.*, 2000). Kemampuan logam berat untuk diserap oleh organisme (bioavailabilitas) tergantung pada konsentrasi logam dalam bentuk ion terlarutnya. Ada dua cara pengikatan logam oleh mikroorganisme, yaitu melalui pembentukan senyawa kompleks-ekstraselular dan biosorpsi ion logam pada permukaan sel (OBARSKA-PEMKOWIAK, 2000).

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pola dan efisiensi penyisihan logam-logam berat tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe) dan mangan (Mn) di dalam lahan basah buatan yang mengolah air limbah laboratorium di Puslitbang Limnologi LIPI.

BAHAN DAN METODA PENELITIAN

Konstruksi lahan basah buatan dibangun dengan dua sistem aliran yaitu aliran bawah permukaan (A) dan aliran permukaan (B), dimana setiap sistem menggunakan bak dan kolam fiber serta tangki yang disusun berurutan secara bertingkat. Bak pertama merupakan bak penampungan dan sedimentasi. Selanjutnya kolam ke 2, 3, dan 4 yang berdiameter 1 m berisi media pasir dan kerikil setebal 25 cm dan ditanami dengan tanaman air. Kolam ke 2 dan 3 ditanami *Typha* sp., sedangkan kolam ke 4 ditanami *Hydrilla* dan *Lemna* sp. Bak ke 5 merupakan bak penjernihan, sedangkan tangki ke 6 adalah tempat penampungan air hasil olahan.

Limbah laboratorium di alirkan ke dalam bak pertama dan selanjutnya dialirkan secara gravitasi ke kolam-kolam dan bak berikutnya. Bak ke 6 merupakan efluen akhir. Air limbah laboratorium mengalir lima hari seminggu, Senin sampai Jumat, mulai pukul 8.30 sampai sekitar 15.30. Sistem ini telah didesain untuk menampung air limbah 250 L per hari.



Gambar 1. Skema Lahan Basah Buatan; (a) Aliran Bawah Permukaan, (b) Aliran Permukaan, (c) Komposisi Media dan Tanam

Figure 1. Schematic Diagram of Constructed Wetland; (a) Subsurface Flow, (b) Surface Flow, (c) Compisition of Media and Plant

Pengambilan sampel air dilakukan pada bulan September, Oktober, dan November 1999 serta bulan Juli dan Agustus 2000. Waktu pengambilan sampel air merupakan perwakilan dari musim kemarau, Juli (t-i) dan Agustus (t-ii), musim peralihan, September (t-iii), dan musim penghujan, Oktober (t-iv) dan November (t-v). Pada tiap bak diambil satu titik sampling. Parameter fisik yang diukur adalah pH, suhu, konduktivitas, turbiditas, dan oksigen terlarut. Sedangkan logam berat yang dianalisis adalah tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), dan besi (Fe) dalam bentuk logam terlarutnya.

Pengukuran parameter fisik dilakukan dengan menggunakan alat Water Quality Checker Horiba U-10 secara *insitu* dan analisis logam berat di laboratorium menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom. Metoda analisis logam berat merujuk pada buku Standard Methods (1995).

Analisis data statistik dilakukan terhadap efisiensi penyisihan rata-rata tiap logam dengan menggunakan metoda Anova.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisik

Air limbah yang masuk kedalam sistem berfluktuasi tergantung dari kegiatan di laboratorium. Selama penelitian berlangsung kecepatan air limbah yang masuk berkisar antara 100-500 L per hari. Apabila air limbah yang masuk ke dalam sistem melebihi 250 L per hari, maka waktu tinggal (HRT, *hydraulic retention time*) di dalam sistem kurang dari 24 jam.

Kondisi fisik lahan basah buatan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. Derajat keasaman (pH) di influen pada aliran bawah permukaan (A) berkisar antara 5,7-7,8 dan pH di efluen berkisar 6,4-7,5. Sedangkan pada aliran permukaan (B) pH influen berkisar 5,8-7,3 dan pH efluen berkisar antara 6,2-7,6 (Tabel 1). Kisaran pH demikian sesuai dengan kondisi yang memungkinkan berlangsungnya proses-proses biologis dan sedimentasi dari beberapa jenis logam berat.

Suhu influen pada aliran bawah permukaan berkisar antara 26,2-29,0°C dan suhu efluennya berkisar 27,7-30,5°C. Sedangkan pada aliran permukaan suhu influennya berkisar 26,0-28,9°C dan efluennya berkisar antara 26,9-30,7°C (Tabel 1). Dalam penelitian ini suhu relatif stabil, karena di daerah tropis perbedaan suhu siang dan malam serta musim hujan dan kemarau tidak terlalu besar. Suhu di efluen lebih tinggi sedikit dari suhu di influen karena air hasil pengolahan di efluen disimpan di dalam tanki tertutup, yang menyebabkan suhunya meningkat sedikit.

Kadar oksigen terlarut (DO) influen pada aliran bawah permukaan berkisar antara 0,85-3,02 mg/L, kemudian meningkat sekitar 10 mg/L terutama di kolam yang ditanami tanaman air, dan menurun kembali sehingga DO di efluen berkisar 1,36-4,45 mg/L. Demikian pula pola oksigen terlarut yang sama terukur pada aliran permukaan. DO di influen berkisar 0,64-1,73 mg/L, kemudian meningkat dan menurun kembali sehingga DO di efluen berkisar antara 2,26-3,54 mg/L (Tabel 1). Kenaikan kadar oksigen terlarut pada kolam-kolam yang berisi tanaman air, disebabkan karena bertambahnya oksigen terlarut yang berasal dari proses fotosintesa tanaman air, dimana jumlahnya tidak tetap dan tergantung dari jumlah tanamannya, dan oksigen dari atmosfer (udara) yang masuk kedalam air dengan kecepatan terbatas.

Konduktivitas influen pada aliran bawah permukaan berkisar antara 0,171-0,457 mS/cm dan konduktivitas efluen berkisar 0,069-0,310 mS/cm. Sedangkan pada aliran permukaan konduktivitas influennya berkisar 0,183-0,378 mS/cm dan konduktivitas efluen berkisar antara 0,132-0,240 mS/cm (Tabel 1). Konduktivitas di efluen mengalami penurunan yang menunjukkan menurunnya partikel/ion pencemar.

Tabel 1. Parameter Fisik Lahan Basah Buatan
Tabel 1. Physical Parameters of Constructed Wetland

Parameter	Aliran Bawah Permukaan (A)		Aliran Permukaan (B)	
	Influen	Effluen	Influen	Effluen
pH (-)	5,7-7,8	6,4-7,5	5,8-7,3	6,2-7,6
Suhu (°C)	26,2-29,0	27,7-30,5	26,0-28,9	26,9-30,7
Oksigen Terlarut (mg/L)	0,85-3,02	1,36-4,45	0,64-1,73	2,26-3,54
Konduktivitas (mS/cm)	0,171-0,457	0,069-0,310	0,183-0,378	0,132-0,240
Turbiditas (NTU)	3-66	0-6	1-50	0-24

Turbiditas influen pada aliran bawah permukaan berkisar antara 3-66 NTU dan turbiditas effluen berkisar 0-6 NTU. Sedangkan pada aliran permukaan turbiditas influen berkisar 1-50 NTU dan turbiditas effluen berkisar antara 0-24 NTU. Nilai turbiditas relatif menurun dari influen ke effluen, sehingga hasil akhir berupa air olahan yang jernih.

Logam Berat

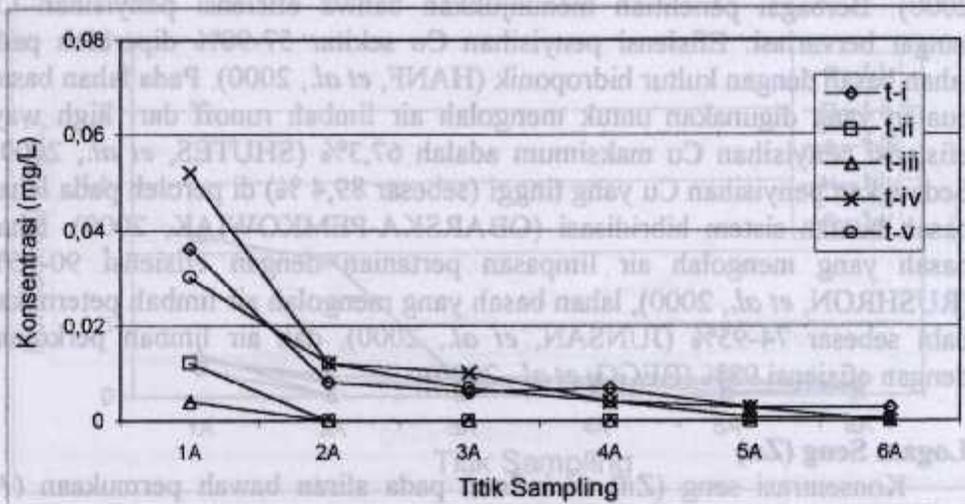
Kandungan logam berat yang terdapat dalam air limbah laboratorium mempunyai nilai yang berfluktuasi, tergantung pada zat-zat yang dipergunakan di laboratorium yang ikut terbawa air buangan. Hal ini menyebabkan konsentrasi di influen berfluktuasi, tergantung pada kegiatan pembuangan air dari laboratorium yang menuju ke aliran permukaan dan aliran bawah permukaan.

Penyisihan logam-logam Cu, Zn, Mn, dan Fe berlangsung dengan baik di dalam lahan basah buatan. Penyerapan adalah mekanisme yang utama dari penyisihan logam berat dari air buangan. Sedangkan akumulasi di dalam biomasa tumbuhan hanya memegang peranan yang kecil (OBARSKA-PEMKOWIAK, 2000). Berikut ini dijelaskan penyisihan dari masing-masing logam.

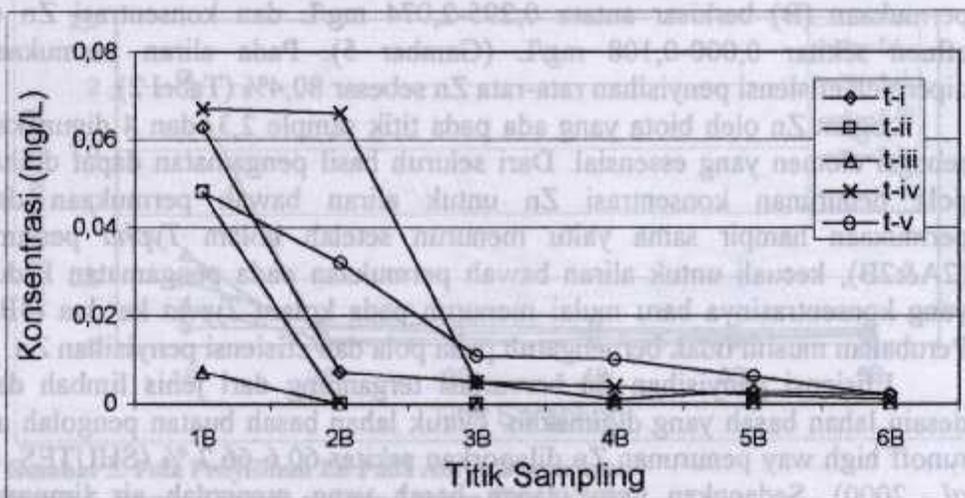
Logam Tembaga (Cu)

Pada influen aliran bawah permukaan (A), konsentrasi logam Cu berkisar antara 0,004–0,052 mg/L. Sedangkan pada effluennya berkisar antara 0,000-0,003 mg/L (Gambar 2). Pada aliran ini, efisiensi penyisihan Cu rata-rata adalah sebesar 97,5% (Tabel 2). Konsentrasi Cu influen pada aliran permukaan (B) berkisar antara 0,007-0,067 mg/L dan konsentrasi Cu di effluen berkisar antara 0,000-0,002 mg/L (Gambar 3). Efisiensi penyisihan rata-rata Cu pada aliran permukaan sebesar 98,2% (Tabel 2). Dari ke lima ulangan pengambilan sampel, ternyata kedua aliran mempunyai pola penyisihan yang hampir sama yaitu terjadi penurunan konsentrasi pada kolam

PENYISIHAN LOGAM BERAT DI LAHAN BASAH BUATAN



Gambar 2. Pola Penyisihan Cu Pada Aliran Bawah Permukaan.
Figure 2. Removal Patern of Cu in Subsurface Flow Wetland.



Gambar 3. Pola Penyisihan Cu Pada Aliran Permukaan.
Figure 3. Removal Patern of Cu in Surface Flow wetland.

Typha pertama (2A) untuk aliran bawah permukaan (Gambar 2) dan terjadinya penurunan pada kolam *Typha* pertama (2B) dan kedua (3B) untuk aliran permukaan (Gambar 3). Tetapi tampaknya pola penyisihan dan efisiensinya tidak dipengaruhi oleh musim.

Logam Cu digunakan oleh biota yang ada pada titik sample 2, 3, dan 4 sebagai enzim esensial pada konsentrasi yang sangat rendah. Lima puluh persen total jumlah Cu yang ada di sedimen terakumulasi dalam fraksi organik sedangkan sisanya dalam fraksi residu (OBARSKA-PEMKOWIAK,

2000). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan-Cu sangat bervariasi. Efisiensi penyisihan Cu sekitar 57-90% diperoleh pada lahan basah dengan kultur hidroponik (HANF, *et al.*, 2000). Pada lahan basah buatan yang digunakan untuk mengolah air limbah runoff dari high way, efisiensi penyisihan Cu maksimum adalah 67,3% (SHUTES, *et al.*, 2000). Sedangkan penyisihan Cu yang tinggi (sebesar 89,4 %) di peroleh pada lahan basah buatan sistem hibridisasi (OBARSKA-PEMKOWIAK, 2000), lahan basah yang mengolah air limpasan pertanian dengan efisiensi 90-95% (RUSHRON, *et al.*, 2000), lahan basah yang mengolah air limbah peternakan babi sebesar 74-95% (JUNSAN, *et al.*, 2000), dan air limbah perkotaan dengan efisiensi 98% (BEGG, *et al.*, 2000).

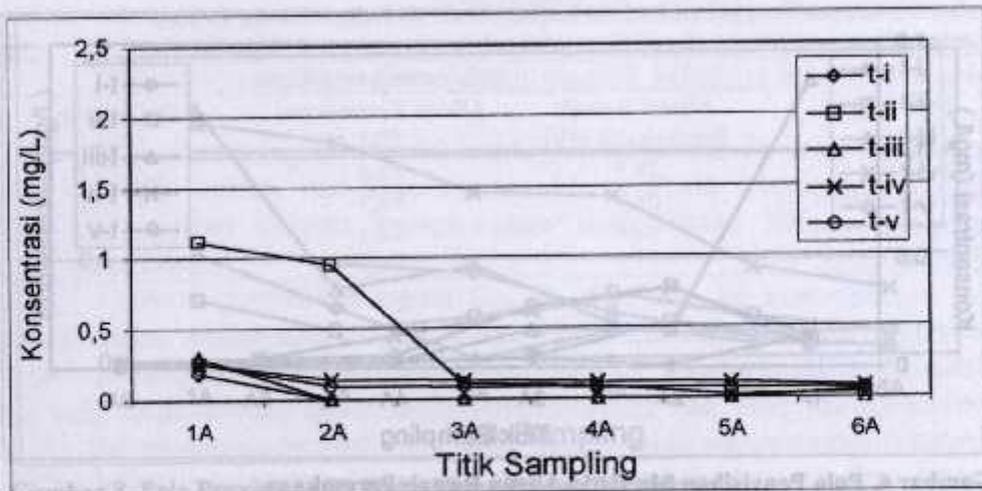
Logam Seng (Zn)

Konsentrasi seng (Zn) di influen pada aliran bawah permukaan (A) berkisar antara 0,19-1,116 mg/L dan konsentrasi Zn di efluen sekitar 0,000-0,084 mg/L (Gambar 4). Efisiensi penyisihan rata-rata Zn pada aliran ini adalah sebesar 82,0% (Tabel 2). Konsentrasi Zn di influen pada aliran permukaan (B) berkisar antara 0,295-2,074 mg/L dan konsentrasi Zn di efluen sekitar 0,000-0,108 mg/L (Gambar 5). Pada aliran permukaan diperoleh efisiensi penyisihan rata-rata Zn sebesar 80,4% (Tabel 2).

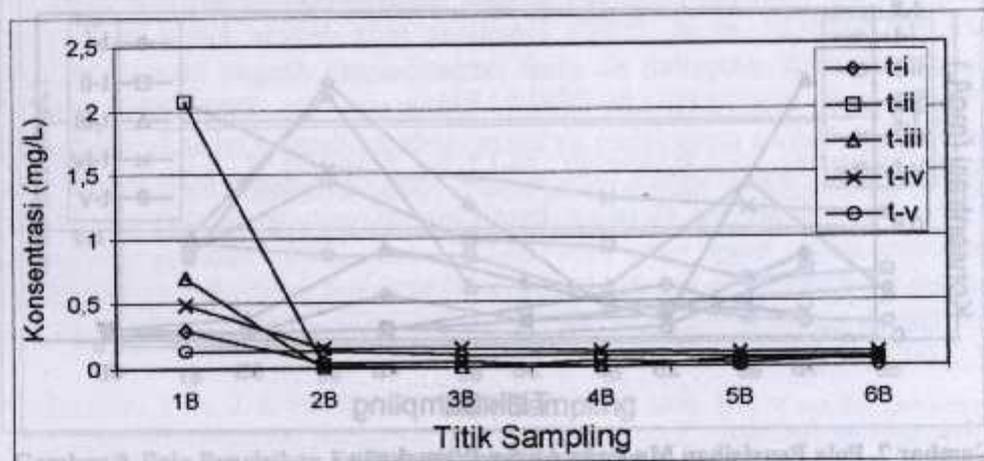
Logam Zn oleh biota yang ada pada titik sample 2,3, dan 4 digunakan sebagai elemen yang essensial. Dari seluruh hasil pengamatan dapat dilihat pola penurunan konsentrasi Zn untuk aliran bawah permukaan dan permukaan hampir sama yaitu menurun setelah kolam *Typha* pertama (2A&2B), kecuali untuk aliran bawah permukaan pada pengamatan kedua yang konsentrasinya baru mulai menurun pada kolam *Typha* ke dua (3B). Perubahan musim tidak berpengaruh pada pola dan efisiensi penyisihan Zn.

Efisiensi penyisihan Zn bervariasi tergantung dari jenis limbah dan desain lahan basah yang digunakan. Untuk lahan basah buatan pengolah air runoff high way penurunan Zn dilaporkan sekitar 60,6-66,2 % (SHUTES, *et al.*, 2000). Sedangkan untuk lahan basah yang mengolah air limpasan pertanian diperoleh efisiensi penyisihan sekitar 65-90% (RUSHRON, *et al.*, 2000). Efisiensi penyisihan yang tinggi (95,7-98,4%) diperoleh dari lahan basah buatan yang mengolah air limbah restoran di daerah tropis Afrika (TOLE and KHISA, 2000), lahan basah pengolah air tercemar *non-point sources* sebesar 92-95% (KAO, *et al.*, 2000), dan lahan basah untuk air limbah perkotaan sebesar 95% (BEGG, *et al.*, 2000).

PENYISIHAN LOGAM BERAT DI LAHAN BASAH BUATAN



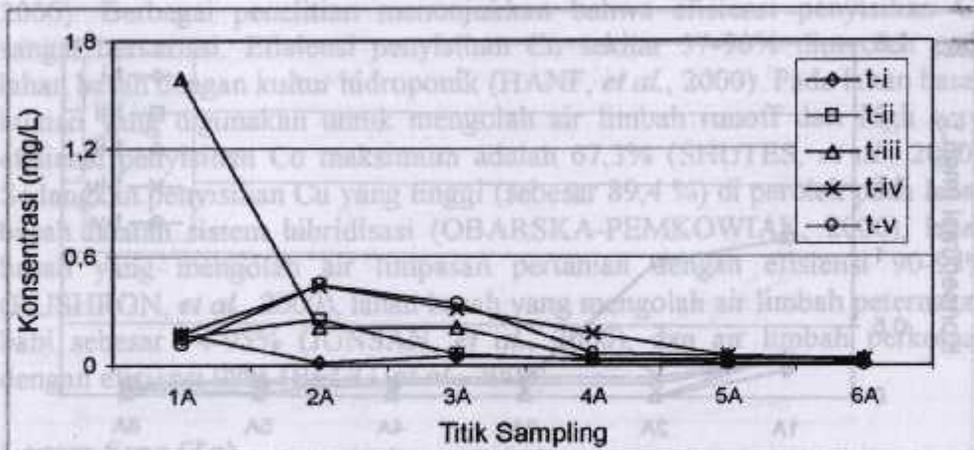
Gambar 4. Pola Penyisihan Zn Pada Aliran Bawah Permukaan.
Figure 4. Removal Patern of Zn in Subsurface Flow Wetland.



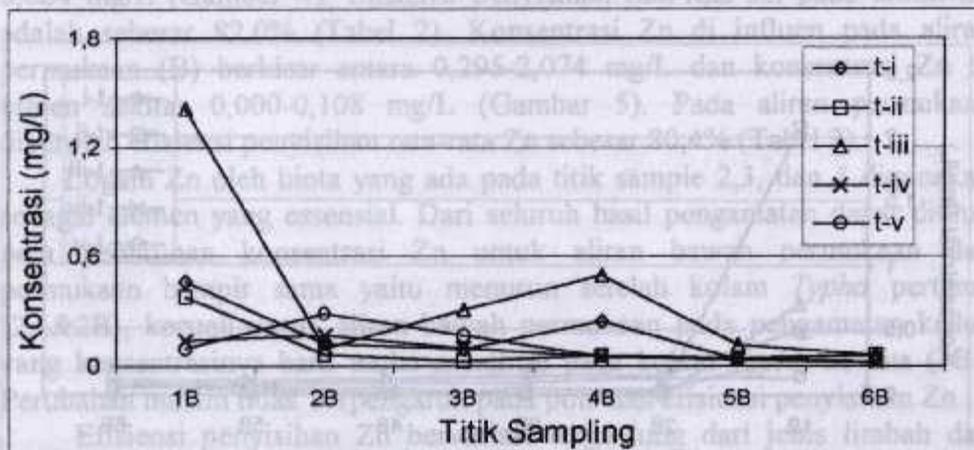
Gambar 5. Pola Penyisihan Zn Pada Aliran Permukaan.
Figure 5. Removal Patern of Zn in Surface Flow Wetland.

Logam Mangan (Mn)

Konsentrasi mangan (Mn) influen pada aliran bawah permukaan (A) berkisar antara 0,115-1,593 mg/L dan konsentrasi Mn di efluen berkisar antara 0,008-0,044 mg/L (Gambar 6). Konsentrasi Mn dari 1A (influen) meningkat sedikit pada 2A (kolam *Typha* pertama), tetapi selanjutnya mengalami penurunan sampai pada titik sampling 6A (effluen). Efisiensi penyisihan rata-rata Mn pada aliran bawah permukaan sebesar kurang lebih 88,8% (Tabel 2). Konsentrasi Mn di influen aliran permukaan (B) berkisar antara 0,100-1,416 mg/L dan konsentrasi Mn di efluen berkisar antara 0,020-0,065 mg/L (Gambar 7). Konsentrasi Mn dari 1B (influen) mengalami



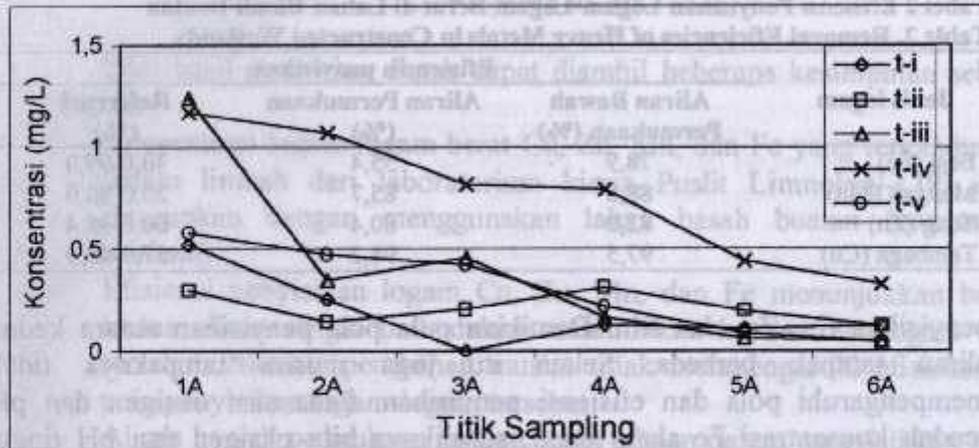
Gambar 6. Pola Penyisihan Mn Pada Aliran Bawah Permukaan.
 Figure 6. Removal Patern of Mn in Subsurface Flow Wetland.



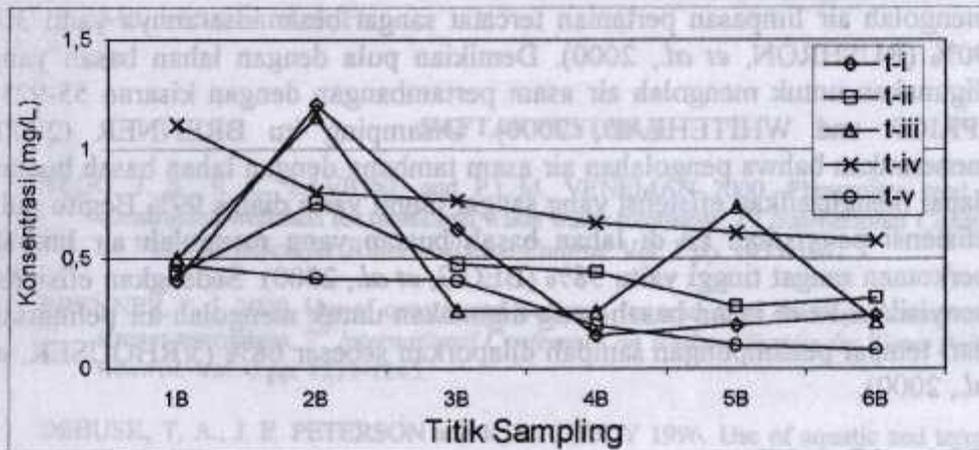
Gambar 7. Pola Penyisihan Mn Pada Aliran Permukaan
 Figure 7. Removal Patern of Mn in Surface Flow Wetland.

kenaikan di 2B (kolam *Typha* pertama) atau 4B (kolam *Hydrilla* dan *Lemna*) tetapi selanjutnya mengalami penurunan di titik 6B. Efisiensi penyisihan rata-rata Mn pada aliran permukaan sebesar kurang lebih 85,7% (Tabel 2). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat pola penyisihan Mn yang hampir sama di kedua aliran. Mn digunakan sebagai mineral oleh biota yang ada pada titik sample 2, 3, dan 4. Pola dan efisiensi penyisihan Mn tampaknya tidak dipengaruhi oleh musim.

Efisiensi penyisihan Mn di lahan basah buatan yang mengolah air asam tambang sekitar 20-30% (BRENNER, 2000). Sedangkan efisiensi penyisihan Mn yang cukup tinggi (86%) diperoleh pada lahan basah buatan yang digunakan untuk mengolah air limbah perkotaan (BEGG, *et al.*, 2000).



Gambar 8. Pola Penyisihan Fe Pada Aliran Bawah Permukaan
Figure 8. Removal Pattern of Fe in Subsurface Flow Wetland.



Gambar 9. Pola Penyisihan Fe Pada Aliran Permukaan
Figure 9. Removal Pattern of Fe in Surface Flow Wetland.

Logam Besi (Fe)

Konsentrasi besi (Fe) yang masuk pada aliran bawah permukaan (A) berkisar antara 0,297-1,241 mg/L dan konsentrasi Fe di efluen berkisar antara 0,046-0,328 mg/L (Gambar 8), sehingga efisiensi penyisihan rata-rata adalah sebesar 78,9% (Tabel 2). Konsentrasi Fe influen pada aliran permukaan (B) berkisar antara 0,398-1,110 mg/L dan konsentrasi Fe di efluen berkisar antara 0,086-0,584 mg/L (Gambar 9). Efisiensi penyisihan rata-rata Fe pada aliran ini sebesar 55,4% (Tabel 2). Penurunan konsentrasi Fe ini menunjukkan adanya penggunaan logam Fe oleh biota yang ada pada titik sample 2,3 dan 4, sebagai sumber mineral selain itu juga terjadi pengendapan pada sedimen. Walaupun demikian pola penyisihan Fe tampak tidak sejelas pola pada

Tabel 2 Efisiensi Penyisihan Logam-Logam Berat di Lahan Basah Buatan
Table 2. Removal Efficiencies of Heavy Metals in Constructed Wetlands.

Jenis logam	Efisiensi penyisihan		Referensi (%)
	Aliran Bawah Permukaan (%)	Aliran Permukaan (%)	
Besi (Fe)	78,9	55,4	30,0-99,0
Mangan (Mn)	88,8	85,7	20,0-86,0
Seng (Zn)	82,0	80,4	60,6-98,4
Tembaga (Cu)	97,5	98,2	57,0-98,0

penyisihan Cu, Zn, dan Mn. Demikian pula pola penyisihan antara kedua aliran tampak berbeda. Selain itu juga musim tampaknya tidak mempengaruhi pola dan efisiensi penyisihan. Pada saat oksigen dan pH rendah konsentrasi Fe akan tinggi, sebaliknya bila oksigen dan pH tinggi seperti pada siang hari, konsentrasi Fe akan menjadi rendah (GOULET & PICK, 2000).

Efisiensi penurunan konsentrasi Fe di lahan basah buatan yang mengolah air limpasan pertanian tercatat sangat besar kisarannya yaitu 30-90% (RUSHRON, *et al.*, 2000). Demikian pula dengan lahan basah yang digunakan untuk mengolah air asam pertambangan dengan kisaran 55-92% (PRIOR and WHITEHEAD, 2000). Disamping itu BRENNER (2000) menemukan bahwa pengolahan air asam tambang dengan lahan basah buatan dapat menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi yaitu diatas 99%. Begitu pula efisiensi penyisihan Fe di lahan basah buatan yang mengolah air limbah perkotaan sangat tinggi yaitu 98% (BEGG, *et al.*, 2000). Sedangkan efisiensi penyisihan Fe di lahan basah yang digunakan untuk mengolah air pelindrian dari tempat penampungan sampah dilaporkan sebesar 68% (VRHOUSEK, *et al.*, 2000).

Efisiensi Penyisihan

Efisiensi penyisihan logam Cu, Zn, Mn, dan Fe yang diperoleh dari hasil penelitian ini sangat baik (Tabel 2). Dibandingkan dengan hasil dari referensi, hasil penelitian ini berada di dalam kisaran referensi, kecuali untuk efisiensi penyisihan Mn pada aliran bawah permukaan dan penyisihan Cu pada aliran permukaan yang sedikit lebih tinggi.

Analisa Statistik

Dari hasil statistik dengan metoda Anova diketahui bahwa efisiensi penyisihan antara aliran bawah permukaan dan aliran permukaan untuk tembaga (Cu), mangan (Mn), dan Zn tidak berbeda nyata. Sedangkan untuk efisiensi penyisihan Fe antara aliran bawah permukaan dan aliran permukaan berbeda nyata.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi logam-logam berat Cu, Zn, Mn, dan Fe yang terkandung di dalam limbah dari laboratorium kimia Puslit Limnologi-LIPI dapat diturunkan dengan menggunakan lahan basah buatan (*constructed wetland*).
2. Efisiensi penyisihan logam Cu, Zn, Mn, dan Fe menunjukkan bahwa kedua aliran sangat baik dalam menurunkan konsentrasi logam berat tersebut. Namun, perubahan musim tidak mempengaruhi efisiensi dan pola penyisihan logam-logam tersebut.
3. Aliran bawah permukaan terlihat lebih efisien dalam menyisihkan kadar beberapa logam dibandingkan dengan aliran permukaan. Namun demikian, hasil uji statistik menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan kedua aliran tidak berbeda dalam menurunkan kadar logam Cu, Zn, dan Mn, kecuali untuk Fe.

DAFTAR PUSTAKA

- BEGG, J. S., R. L. LAVIGNE and P.L.M. VENEMAN 2000. Phragmites reed beds: constructed wetlands for municipal waste water treatment. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 2 pp. 1035-1041.
- BRENNER, F. J. 2000. Use of constructed wetlands for acid mine drainage Abatement and stream restoration. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1239-1245.
- DEBUSK, T. A., J. E. PETERSON and K. R. REDDY 1996. Use of aquatic and terrestrial plants for removing phosphorus from dairy wastewaters. *Ecol. Eng.* Vol. 5 pp.371-390.
- GOULET, R. R. and F. R. PICK 2000. Diel changes in iron concentrations in surface-flow constructed wetlands. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1129-1135.
- HANF, D., N. CHAN, D. HALCROW and T. DEBUSK 2000. Removal of lead, copper, and nickel by three macrophytes cultured in a hydroponic thin film rhizosphere system. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 p. 1389.
- JUNSAN, W, C. YUHUA, S. and QIAN 2000. The application of constructed wetland to effluent purification in pig farm. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1477-1480.

- KAO, C. M., H. Y. LEE and C.K. WEN 2000. Application of a constructed wetland for non-point source pollution control. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1553-1560.
- MEUTIA, A. A. 2000. Treatment of laboratory wastewater in subsurface and surface flows of tropical constructed wetlands. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1357-1364.
- OBARSKA-PEMPKOWIAK, H. 2000. Retention of selected heavy metals Cd, Cu, Pb in a hybrid wetland system. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 285-1294.
- PRIOR, H. P. G. and WHITEHEAD 2000. Wheal Jane: Bioremediation of acid mine drainage in wetland system. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1394.
- REITBERGER, J. H., L. E. MOKRY and R. L. KNIGHT 2000. Achieving multiple benefits from a constructed wetland. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 2 pp. 749-758.
- RUSHRON, B. T. and B. M. BAHK 2000. Treatment of storm water runoff from row crop farming in Ruskin, Florida. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1425-1432.
- SHUTES, R. B. E., D. M. REVITT, L. N. L. SCHOLESW, M. FORSHAW and B. WINTER 2000. An experimental constructed wetland system for the treatment of high way runoff in the UK. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1497-1505.
- TOLE, M. P. and K. KHISA 2000. The performance of a tropical constructed wetland system; the case of the Carnivore/Splash Constructed Wetland, Nairobi, Kenya. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 pp. 1183-1190.
- VRHOUSEK, D., T. BULC and M. ZUPANCIC 2000. Four years experiences of constructed wetland (cw) performance treating landfill leachate. *7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*. Vol. 3 p. 1396.