

PENGURANGAN COD DAN BOD LIMBAH CAIR TEROLAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT MENGGUNAKAN TAMAN TANAMAN AIR DENGAN TANAMAN MELATI AIR

COD AND BOD REMOVAL OF TREATED TANNERY WASTEWATER USING CONSTRUCTED WETLAND WITH *ECHINODORUS PALAEFOLIUS* VEGETATION

Prayitno

Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta

Email: Prayitno_bbkp@yahoo.com

Diterima: 8 Maret 2013

Direvisi: 22 Mei 2013

Disetujui: 11 Juni 2013

ABSTRACT

A research was performed to treat the treated tannery wastewater using mexican sword-plant (*Echinodorus palaeifolius*) in constructed wetland. It was designed by upflow system with 3 m x 1 m x 1 m in dimension equal with 3 m³ in volume, whereas the media consist of 0.3 m thick first layer of rock in the bottom; 0.3 m thick gravel in second layer and 0.1 m third layer of Black sugar-palm fiber and at the top was sand layer with 0.3 m in thickness. The experiment was run by COD and BOD loading varied at 0.137; 0.137; 0.392; 0.409; 0.643; 0.648 kg/d for COD and 0.049; 0.051; 0.125; 0.133; 0.464; 0.467 kg/d for BOD. Effectivity of constructed wetland was determined by COD and BOD removal. Optimum effectivity of COD removal by 68.75% was found by operational condition of influent debit 0.576 m³/d; detention time 2 days and 2 hours; COD loading 0.405 kg/d, whereas optimum effectivity of the BOD removal by 61.79% was found by operational condition at influent debit 1.440 m³/d; detention time 1 days 13 hours and 30 minutes and COD loading 0.466 kg/d and reducing constant (k) = 0.008 d⁻¹.

Keywords: constructed wetland, treated tannery wastewater, Echinodorus palaeifolius

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengolah limbah cair terolah industri penyamakan kulit dengan metode taman tanaman air menggunakan tanaman Melati air (*Echinodorus palaeifolius*). Penelitian ini dilakukan dengan membangun taman tanaman air yang memiliki dimensi panjang x lebar x dalam yaitu 3m x 1m x 1m atau identik dengan volume sekitar 3 m³. Media pengisi taman tanaman air dibuat dari: lapisan paling bawah koral ketebalan 0,3 m, lapisan kedua kerikil dengan diameter ketebalan 0,3 m, lapisan ketiga ijuk dengan ketebalan 0,1 m dan lapisan paling atas berupa pasir dengan ketebalan 0,3 m, sistem aliran menggunakan sistem *upflow*. Tanaman yang digunakan adalah tanaman Melati air (*Echinodorus palaeifolius* var. *Latifolius*). Perlakuan operasional dengan memvariasi COD dan BOD loading, berturut-turut untuk COD: 0,137; 0,137; 0,392; 0,409; 0,643; 0,648 kg/d sedangkan untuk BOD₅: 0,049; 0,051; 0,125; 0,133; 0,464 dan 0,467 kg/d. Efektivitas kerja taman tanaman air diukur dengan penurunan kadar BOD₅ dan COD. Efektivitas optimal pengurangan COD limbah yang telah diolah dengan taman tanaman air sebesar 68,75% diperoleh pada perlakuan dengan debit *influent* 0,576 m³/d, waktu tinggal 2,083 hari dengan COD loading 0,405 kg/d, sedangkan untuk pengurangan BOD₅ efektivitas pengurangan sebesar 61,79% diperoleh pada perlakuan dengan debit *influent* 1,440 m³/d, waktu tinggal 1,563 hari dengan COD loading 0,464 kg/d, diperoleh konstanta $k = 0,008$ d⁻¹.

Kata kunci: Taman tanaman air, air limbah penyamakan terolah, melati air

PENDAHULUAN

Wetland dapat didefinisikan sebagai suatu area yang tergenangi air secara *intermitten* (Campbell and Ogden, 1999), dengan kedalaman air tipikal kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent* (Metcalf and Eddy, 2003). *Wetland* dibedakan menjadi dua yaitu *Natural wetland* dan *Constructed wetland* (yang selanjutnya disebut Taman tanaman air). *Natural wetland* merupakan suatu area yang sudah ada secara alami dengan debit dan struktur yang tidak direncanakan, misalnya rawa-rawa pesisir pantai atau *mangroove wetland*. *Natural wetland* banyak ditumbuhi oleh vegetasi *emergent*, misalnya *Thypha sp*, *Phragmites sp*, *Carex sp*, *Scirpus sp*, *Juncus sp* dan spesies tanaman rumput-rumputan yang lain. Sedangkan *Constructed Wetland* atau disebut taman tanaman air merupakan *wetland* yang dikelola dan dikontrol oleh manusia untuk keperluan penyaring air buangan dengan menggunakan tanaman, aktivitas mikroba dan proses lainnya (Hesket and Bartholomew, 2001). Menurut Hammer (1989), *wetland* mengolah limbah secara alami yang terdiri dari tiga faktor utama, yaitu: (1) Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya tanaman air jenis *Hydrophita*, (2) Media tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air, (3) Media jenuh air.

Sistem *wetland* dikonstruksikan sedemikian rupa seperti aslinya dimana di dalamnya diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tanaman-tanaman *emergent*. Variabel dalam *wetland* yang strukturnya direncanakan adalah: (1) Debit yang mengalir; (2) Bahan organik tertentu; (3) Kedalaman media tanah; (4) Pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan.

Menurut Langergraber (2008) dan Lee *et al.* (2009) *wetland* dapat dibedakan menjadi dua tipe. Tipe pertama yaitu *wetland* dengan aliran di atas permukaan tanah (*Free Water Surface System*), sistem ini berupa kolam atau saluran-saluran yang dilapisi lapisan kedap air di bawah saluran atau kolam yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. Kemudian kolam tersebut terisi tanah sebagai tempat hidup tanaman yang hidup. Tipe kedua yaitu *Wetland* dengan aliran dibawah permukaan tanah (*Sub-*

surface flow system). Pada sistem ini pengolahan limbah terjadi ketika air mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media berpori, misalnya gravel, kerikil dan tanah. Dalam sistem ini tanaman melalui akar rhizoma yang mentransfer oksigen kedalam media *subsurface* dan menciptakan kondisi aerobik. Proses pengolahan air limbah terjadi melalui proses filtrasi, absorpsi oleh mikroorganisme dan adsorpsi polutan oleh tanah. Removal bahan organik pada sistem SSF dibatasi oleh dua faktor yaitu waktu tinggal dan transfer O₂ (Crites, 1998). Menurut Lee *et al.* (2009), dalam *wetland* akan terjadi proses-proses fisika, kimia dan biologi oleh kumpulan mikrobia, tanaman *emergent*, penyerapan oleh tanah dan sedimentasi yang ada di lapisan bawah *wetland*.

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah (*hide* atau *skin*) menjadi kulit tersamak (*leather*). Proses tersebut dimaksudkan untuk mengubah sifat-sifat kulit mentah yang mudah mengalami pembusukan dan kerusakan oleh aktivitas mikroorganisme menjadi kulit tersamak yang tahan terhadap aktifitas mikroorganisme dan pembusukan (Sharphouse, 1989). Pada pelaksanaannya proses penyamakan kulit dilakukan melalui beberapa tahapan proses dan pada setiap tahapan proses memerlukan banyak bahan kimia dan air. Kanagaraj *et al.* (2006) menyatakan bahwa untuk memproses 1 ton kulit mentah akan dihasilkan 45-50 m³ limbah cair, sehingga industri ini sangat potensial menghasilkan limbah dan mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan upaya-upaya penanganan limbahnya. Pengendalian pencemaran untuk menangani limbah yang terbentuk dilakukan dengan mengolah limbah dengan menggunakan unit pengolahan air limbah. Untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan air proses yang penggunaannya cukup besar, limbah cair yang telah terolah diupayakan untuk dapat didaur ulang untuk dapat digunakan sebagai air proses. Pengolahan dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan tanaman air melalui konstruksi *wetland*. Calheiros *et al.* (2009) telah melakukan penelitian pengolahan limbah cair industri kulit dengan metoda

wetland dengan menggunakan jenis tumbuhan *Typha latifolia* dan *Pragmites australis*. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kadar COD sampai 92% dengan debit *influent* antara 808-2449 mg/l dan penurunan BOD sebesar 88% dengan debit *influent* 420-1000 mg/l dan waktu tinggal 2,5 sampai 7 hari. Pada penelitian ini digunakan *wetland* dengan aliran dibawah permukaan (SSFS), adapun tanaman yang digunakan adalah jenis melati air. Dengan melati air selain diharapkan dapat menaikkan kualitas air buangan terolah juga dapat memberikan taman air.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan terdiri atas tanaman air *Echinodorus palaefolius* (Melati Air), air limbah *effluent* dari UPAL Laboratorium pengolahan Kulit Sitimulyo, Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, bahan kimia untuk uji COD dan BOD.

Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian terdiri atas unit taman tanaman air, gelas ukur 1000 ml, stopwatch, alat pengambil sampel, alat uji COD dan BOD.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membangun taman tanaman air yang memiliki dimensi (panjang x lebar x dalam) adalah $(3 \times 1 \times 1) \text{ m}^3$ atau identik dengan volume sekitar 3 m^3 . Media pengisi taman tanaman air terdiri dari lapisan paling bawah koral diameter ± 10 cm dengan ketebalan 0,3m, lapisan kedua berupa kerikil dengan diameter ± 3 cm ketebalan 0,3 m dan lapisan ketiga berupa ijuk dengan ketebalan ± 10 cm dan lapisan paling atas berupa pasir dengan ketebalan 0,3m, sistem aliran menggunakan sistem *upflow*. Gambar *wetland* seperti terlihat pada Gambar 1 sedangkan tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*) terlihat pada Gambar 2.

Wetland yang telah siap sebelum dilakukan penanaman tumbuhan air yang digunakan dilakukan pembersihan dengan mengalirkan air sumur, dilakukan sampai 2 hari sehingga air yang keluar dari *outlet* jernih,



Gambar 1. Taman Tanaman Air (TTA) dengan tanaman melati air



Gambar 2. Melati air (*Echinodorus palaefolius*)

kemudian dilakukan penanaman tumbuhan untuk penelitian Melati air dengan jarak tanam 50 cm. Tanaman dibiarkan tumbuh dengan air bersih mengalir sampai 2 minggu (tanaman sudah kelihatan berkembang). Kemudian baru dilakukan *feeding* dengan limbah terolah. Variabel digunakan adalah COD dan BOD *loading* dan konsentrasi bahan pencemar didasarkan pada konsentrasi COD dan BOD *effluent* dari limbah IPAL Laboratorium Sitimulyo. Untuk mengetahui pengurangan COD dan BOD₅ limbah cair terolah yang digunakan dilakukan dengan memvariasi 3 (tiga) perlakuan debit limbah masuk (*influent*) yaitu 0,432; 0,576 dan 1,440 m^3/d dan menghasilkan waktu tinggal 3 hari 3 jam; 2 hari 2 jam dan 1 hari 13 jam 30 menit. Konsentrasi COD dan BOD diukur pada limbah masuk (*influent*) dan pada limbah yang keluar (*effluent*) unit TTA.

Terhadap penurunan kadar pencemar masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) dari unit taman tanaman air digunakan untuk

perhitungan efektifitas pengurangan bahan pencemar sedangkan nilai konstanta penurunan kadar limbah sebagai dasar dalam pembuatan desain taman tanaman air digunakan perhitungan degradasi polutan pada sistem taman tanaman air mengacu formula yang diberikan oleh EPA (1998) dengan formula sebagai berikut:

Dengan asumsi reaksi terjadi adalah reaksi orde 1,

$$C_0 = C_1 e^{-kt} \quad (1)$$

$$\ln C_1/C_0 = kt \quad (2)$$

Dari persamaan (2) akan diperoleh persamaan garis linier $Y = kX$ dimana:

C_1 = Konsentrasi polutan pada bagian inlet, mg/l

C_0 = Konsentrasi polutan pada bagian outlet, mg/l

k = Konstanta kecepatan pada suhu percobaan, d^{-1}

t = waktu tinggal, d

$$t = V/Q$$

$$t = ndA/Q \quad (3)$$

dimana:

V = Volume taman tanaman air (TTA) yang ada untuk aliran mengalir, m^3

n = Porositas, (persen dalam desimal) = 0,75

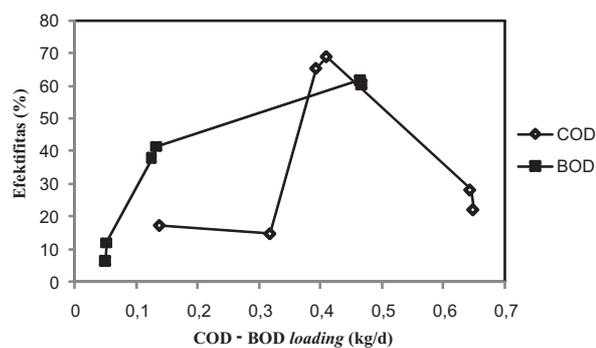
d = Kedalaman TTA, m

A = Luas areal TTA, m^2

Q = Debit rata-rata yang dilewatkan TTA, m^3/d

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian menghasilkan taman tanaman air dengan menggunakan tumbuhan Melati air (*Echinodorus palaefolius*) dengan sistem *Sub-surface Flow* (SSF) dimana air limbah dialirkan dibawah permukaan, sistem ini merupakan reaktor biologis *attached growth* dan berfungsi sebagaimana *trickling filter* dan *biological contactors*. Kemampuan sistem sangat dipengaruhi oleh waktu detensi air limbah dalam reaktor serta beban limbah yang masuk, kondisi biota dan keterbatasan oksigen dalam sistem. *Influent* unit TTA merupakan *effluent* limbah terolah dari unit pengolahan air limbah Laboratorium Penyamakan Kulit,



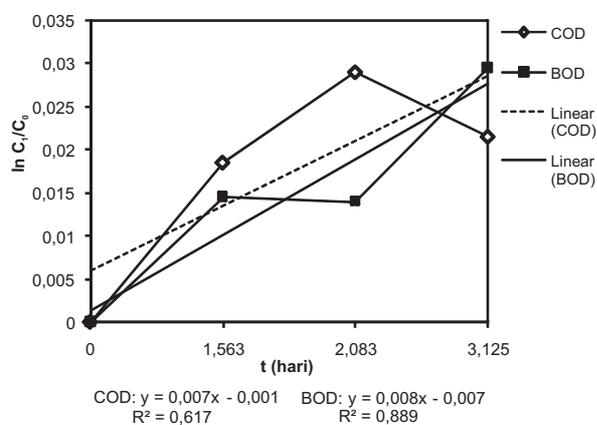
Gambar 3. Efektivitas pengurangan COB/BOD pada berbagai loading

Sitimulyo sedangkan *effluent* adalah yang keluaran dari unit taman tanaman air hasil penelitian. Efektivitas pengurangan COD dan BOD₅ dengan berbagai *loading rate* adalah seperti terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 terlihat, efektifitas penurunan COD dengan *loading* 0,137 kg/d masih sangat rendah berkisar antara 15-17,5 % dengan debit (*influent*) limbah terolah 0,432 m^3/d dan waktu tinggal 3 hari 3 jam, penurunan COD optimum terjadi pada penggunaan debit (*influent*) air limbah masuk 0,576 m^3/h , dengan waktu tinggal 2 hari 2 jam dengan COD *loading* 0,409 kg/d efektifitas pengurangan rata-rata 66,98%. Vymasal and Kröpfelová (2009), dalam percobaannya penghilangan bahan organik dalam TTA menyatakan bahwa efektifitas pengurangan COD dan BOD untuk limbah industri berturut-turut 63,1% dan 60,1% sedangkan dari percobaan Debing *et al.* (2010) dalam percobaan pengurangan COD dengan *Sub Surface Wetland* menggunakan tumbuhan *Phragmites sp* diperoleh penurunan COD sampai dengan 75,54 % dengan konsentrasi COD *influent* 138,2 mg/l. Dalam penelitian ini efektifitas optimum 66,98 %. Efektivitas pengurangan COD dari TTA menggunakan tumbuhan melati air masih rendah, hal tersebut kemungkinan sesuai mendapat dari Liu *et al.* (2008) didasarkan bahwa pengurangan COD dalam sistem *wetland* dilakukan melalui aktivitas fisika, kimia dan biologis. Mikroba mendegradasi bahan organik *non recalcitrant* dan diabsorpsi oleh akar dari tanaman air (Khilji and Bareen, 2008), sehingga rendahnya tingkat efektifitas dalam menurunkan kadar COD pada TTA

menggunakan tumbuhan malati air ini kemungkinan disebabkan daya absorpsi akar yang kurang, dikarenakan sistem bentuk akarnya yang sedikit dimana akar merupakan media *attached growth* mikroorganisme pendegradasi bahan-bahan organik disamping itu akar tanaman melati air tidak menembus lebih masuk kedalam media, sehingga kemampuan tumbuhan untuk menyerap bahan-bahan organik tidak optimal. Selain dua hal tersebut, air limbah industri kulit banyak mengandung bahan kimia yang dapat menghambat kerja mikroorganisme seperti garam dapur yang menyebabkan tingginya salinitas. Untuk pengurangan BOD, dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin tinggi BOD loading, efektivitas pengurangan juga akan semakin tinggi dari data terlihat dengan BOD loading 0,049; 0,051; 0,125; 0,133; 0,464; 0,467 kg/d berturut-turut akan menunjukkan kenaikan efektifitas sebesar 6,55; 12,11; 38,17; 61,79; 60,53 %. Dari analisa varian dengan taraf kepercayaan 95% diketahui bahwa adanya perbedaan yang signifikan pada setiap kenaikan COD dan BOD loading ($F_{ht} = 4,2709 > F_{tbl} = 0,1747$ untuk COD dan $F_{ht} = 36,7939 > F_{tbl} = 0,1747$ untuk BOD). Naiknya bahan organik yang dapat terdegradasi oleh bakteri pada air limbah yang masuk akan menaikkan pertumbuhan mikro organisme sehingga akan menaikkan kemampuan degradasi bahan organik tersebut dalam limbah tersebut.

Dengan menggunakan formulasi dari EPA (1998) akan diperoleh hasil seperti pada laju penurunan COD maupun BOD seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Konstanta Laju Pengurangan (k) COD dan BOD

Pada Gambar 4 terlihat bahwa untuk COD, model dari EPA (1998) tidak dapat diterapkan dengan melihat nilai R^2 yang rendah sehingga tidak ada hubungan linier antara efektivitas degradasi zat organik dalam limbah dengan waktu tinggal (COD loading), sedangkan untuk BOD menunjukkan adanya hubungan linieritas antara efektivitas pengurangan BOD dengan waktu tinggal (BOD loading) hal tersebut terlihat dari nilai $R^2 = 0,889$ yang mendekati nilai 1, hasil penelitian Chong *et al.* (2009) menunjukkan nilai R^2 berkisar antara 0,850-0,965. Dari percobaan dan setelah diaplikasikan dengan formulasi model dari EPA diperoleh nilai konstanta penurunan BOD (k) sebesar $0,008 d^{-1}$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian dapat disimpulkan penggunaan taman tanaman air dengan tanaman melati air memberikan efektivitas optimum pengurangan COD sebesar 66,98% pada operasional dengan debit $0,576 m^3/d$ waktu tinggal 2 hari 2 jam dan dengan COD loading $0,409 kg/d$ sedangkan konstanta laju pengurangan COD (k) tidak dapat dihitung dengan model dari EPA. Efektivitas pengurangan BOD sebesar 61,79% diperoleh pada perlakuan dengan debit *influent* $1,440 m^3/d$, waktu tinggal 1 hari 13 jam 30 menit dengan BOD loading $0,464 kg/d$, sedangkan nilai konstanta diperoleh $k = 0.008 d^{-1}$. Untuk desain TTA dapat digunakan atas dasar pengurangan BOD.

Saran

Untuk meningkatkan efektivitas dari Taman tanaman air perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan tanaman yang mempunyai akar tunggang yang dapat menembus kedalam media lebih dalam sehingga memungkinkan untuk lebih banyak tanaman dapat kontak dengan limbah dalam media.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Kepala Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, atas arahan-arahan dalam

pelaksanaan penelitian ini.

2. Kepala Bidang Sarana Riset dan Standardisasi atas izin untuk penggunaan fasilitas laboratorium.

3. Semua kelompok kerja 1866.01.003 yang telah membantu kami sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- EPA (United States Environmental Protection Agency), 1998. *Design manual constructed wetland and aquatic plant system for municipal wastewater treatment*, United States Environmental Protection Agency, USA.
- Calheiros, C. S. C., Rangel, A. O. S. S. and Castro, P. M. L., 2009. Treatment of industrial wastewater with two-stage constructed wetland planted with *Typha latifolia* and *Phragmites australis*, *Bioresource Technology*, 100: 3205-3213.
- Chong, H. L. H., Ahmad, M. N. and Lim, P. E., 2009. Growth of *Typha angustifolia* and media biofilm formation in constructed wetland with different media, *Borneo Science*, 25: 11-21.
- Campbell, C. S. and Ogelen, M. H., 1999. *Constructed wetland in the sustainable landscape*, John Wiley and Sons, New York.
- Crites, R. and Tchobanoglous, G., 1998. *Small and decentralized wastewater management system*, McGraw-Hill Companies, USA.
- Debing, J., Baoqing, S., Hong, Z., and Jianming, H., 2010. Chemical oxygen demand, nitrogen and phosphorus removal by subsurface wetlands with *Phragmites* vegetation in different model, *Engineering Life Science*, 10: 177-183.
- Hammer, D. A., 1989. *Constructed wetland for wastewater treatment municipal and agriculture*, Lewis Publisher, Michigan.
- Khilji, S. and Bareen, F. E., 2008. Rhizofiltration of heavy metal from the tannery sludge by anchored hydrophyte, *Hydrocotyle umbellata* L., *African Journal of Technology*, 7(20): 3711-3717.
- Heskett and Bartholomew, 2001. *Constructed wetland*, <http://www.epa.gov/owow/wetland/pdf/-overview.pdf>.
- Kanagaraj, J., Vellapan, K. C, Babu, C. B. N. K. and Sadulla S., 2006. Solid waste generation in the leather industry and its utilization for cleaner Environment-a review, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 65(7): 541-8.
- Langergraber, G., 2008. Modeling of processes in subsurface flow constructed wetland - a review, *Vadose Zone Journal*, 7(2): 830-842.
- Liu, D., Ge, Y., Chang, J., Peng, C., Gu, B., Chan, G. Y. S. and Wu, X., 2008. Constructed wetland in China: recent development and future challenges, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(5): 261-268.
- Lee, C. G., Fletcher, T. D. and Sun, G., 2009. Nitrogen removal in constructed wetland, *Engineering Life Science*, 9(1): 11-23.
- Metcalf and Eddy, 2003. *Wastewater engineering treatment disposal reuse*, McGraw Hill Co., New York.
- Sharphouse, J. H., 1989. *Leather technician's handbook*, Leather Producer Assosiation, London.
- Vymazal, J. and Kropfelova, L., 2009. Removal of organics in constructed wetland with horizontal flow: a review of the field experience, *Science of the Total Environment*, 407, 3911-3922.