

## **PENURUNAN DETERJEN DALAM AIR BEKAS DOMESTIK DENGAN MEMANFAATKAN *SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND***

**Yeny Dhokhikah<sup>a</sup> dan Eddy S. Soedjono<sup>b</sup>**

a Jurusan Teknik Sipil - Universitas Jember (dhokhikah\_y@hotmail.com)

b Jurusan Teknik Lingkungan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya

### **ABSTRAK**

Air bekas domestik merupakan air limbah dari kegiatan rumah tangga seperti mandi, pencucian dan dapur. Hampir semua air bekas memasuki badan air tanpa pengolahan. *Wetland* adalah pengolahan secara alami dengan tanah dan tanah berpasir sebagai media terjadinya proses, tanaman dan mikroorganisme sebagai pendegradasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan air bekas dapat diolah melalui *wetland* dengan tanaman air.

Penelitian ini bertujuan mengkaji kemampuan *subsurface constructed wetland* dalam menurunkan deterjen pada air bekas domestik. Dalam penelitian ini *constructed wetland* berdimensi panjang 1 m, lebar 0,3 m dan tinggi 0,5 m, dengan media pasir dan sistem aliran kontinyu. Pengamatan selama 8 hari. Variabel penelitian pada *wetland* untuk menurunkan deterjen adalah waktu tinggal dalam reaktor yaitu 1 hari dan 6 jam; dan reaktor yang ditanami kana (*Canna sp.*) dan reaktor tanpa tanaman.

*Subsurface constructed wetland* menurunkan deterjen dalam air bekas domestik hingga 65% untuk waktu tinggal 1 hari dan mencapai 40% untuk waktu tinggal 6 jam pada reaktor kana. Reaktor tanpa tanaman menurunkan deterjen hingga 56% untuk waktu tinggal 1 hari dan mencapai 19% untuk waktu tinggal 6 jam.

**Kata kunci:** *air bekas domestik, subsurface constructed wetland, kana, deterjen, aliran kontinyu*

### **PENDAHULUAN**

Limbah domestik yang berasal dari kegiatan rumah tangga (kegiatan pencucian, dapur dan mandi) disebut air bekas domestik atau *greywater*. Karakteristik air limbah domestik di Indonesia menurut Djajadiningrat (1992 dalam Yuanita, 2003) adalah TS 350-1200 mg/l, TDS 200-850 mg/l, TSS 100-350 mg/l, BOD 40-400 mg/l, COD 250-1000 mg/l, N-total 20-85 mg/l, P-total 4-15 mg/l, lemak 50-150 mg/l. Air limbah dengan kandungan organik tinggi yang dibuang ke badan air penerima akan mengambil oksigen terlarut dalam jumlah besar untuk proses dekomposisi, akibatnya badan air penerima akan mengalami septik (anaerob). Umumnya limbah domestik di Indonesia tidak melalui proses pengolahan sebelum dibuang ke badan air.

Alternatif pengolahan limbah domestik dari kegiatan mandi, pencucian, dan dapur (selanjutnya disebut air bekas domestik) dipakai *constructed wetland* (CW). Pemilihan CW didasarkan atas kemampuannya untuk mengolah berbagai air limbah dengan efisien, mengurangi polutan seperti BOD, SS, patogen, nutrien dan logam berat (Pastor *et al.*, 2002). Teknologi CW merupakan teknologi dengan energi rendah, alternatif penurunan nutrien dengan biaya rendah untuk limbah industri, perkotaan dan kegiatan pertanian (Kadlec dan Knight, 1996 dalam Vymazal, 2002). Air limbah sebelum dialirkan ke CW perlu dilakukan pengolahan pendahuluan untuk

mengendapkan partikel tersuspensi agar media tidak *clogging* dan tidak terjadi aliran permukaan pada aliran *subsurface* (Vymazal, 2002).

Tanaman yang dipakai adalah kana (*Canna sp.*), karena kana dipakai untuk mengolah limbah domestik (dari kegiatan KM dan WC) dan mampu menurunkan TSS, MBAS 90% (Mayangriani, 2005); COD, BOD 90% (Kusuma, 2005).

Penelitian ini dilakukan untuk mengolah air bekas domestik dengan sistem aliran *subsurface constructed wetland* agar konsentrasi deterjen turun.

## **METODOLOGI**

Variabel penelitian ini adalah waktu tinggal (td), dan keberadaan tanaman. Variasi waktu tinggal adalah 24 jam (1 hari) dan 6 jam. Berdasarkan Poh (2003) *horizontal subsurface wetland* mengolah air bekas dengan waktu tinggal 6,3 jam didapatkan efisiensi penurunan BOD 96%, COD 84%, TSS 93% dan PO<sub>4</sub> 54%. Tangahu (2001) menyebutkan *constructed wetland* dengan waktu tinggal 1 hari menurunkan TS, COD dalam air bekas 50-70%.

Variasi kedua adalah reaktor yang ditanami kana dan tanpa kana. Kana (*Canna sp.*) menurunkan TSS, MBAS 90% (Mayangriani, 2005) serta COD, BOD 90% (Kusuma, 2005). Pemilihan kana didasarkan nilai estetika, kemampuan menurunkan bahan organik dan tidak memerlukan perawatan (Kusuma, 2005; Mayangriani, 2005).

Parameter dalam penelitian ini adalah deterjen yang diukur dengan metode MBAS yang memakai larutan LAS sebagai larutan standarnya, sehingga untuk selanjutnya deterjen diterjemahkan sebagai LAS. Penentuan parameter penelitian ini didasarkan atas penelitian Del Bubba *et al* (2000).

## **PEMBUATAN RUMAH KACA**

Penelitian ini memakai rumah kaca untuk melindungi kana dari gangguan binatang (belalang, kupu, serangga lain), hujan dan terik matahari yang mengenai kana secara langsung yang dapat mempengaruhi evapotranspirasi dan melindungi reaktor dari pelapukan akibat terik matahari dan air hujan secara langsung. Dinding rumah kaca dari jaring, agar tetap ada sirkulasi udara. Atap dari plastik bening agar kana tetap mendapatkan sinar matahari alami.

## **PEMBUATAN REAKTOR UJI DAN BAK PENGUMPUL**

Reaktor uji kerangkanya dari kayu, bagian dasar dari tripleks, bagian dinding dari lembaran seng. Agar tidak bocor, reaktor bagian dalam dilapisi 2 lembar plastik. Reaktor uji berdimensi panjang 1 m, lebar 0,3 m, tinggi 0,5 m. Ketebalan media 40 cm, karena sistem perakaran kana 30-40 cm (Rukmana, 1997). Reaktor uji terbagi atas 3 zona (zona inlet, zona reaksi/inti dan zona outlet). Zona inlet dan zona outlet merupakan zona awal dan zona akhir suatu reaktor. Zona inlet diberi media kerikil untuk menghindari penggerusan media pasir oleh air dan mendistribusikan air secara merata (Campbell dan Ogden, 1999). Zona outlet diberi media kerikil untuk menghindari *clogging*. Pada zona reaksi diisi dengan media pasir. Zona reaksi pada reaktor tanpa kana berisi media pasir, dan reaktor tanaman diberi kana.

Bak pengumpul dari tong plastik bervolume  $\pm$  200 liter. Bak pengumpul untuk menerima air bekas sebelum dialirkan ke bak pengatur debit. Dari bak pengumpul ini dengan pompa dialirkan ke bak pengatur debit. Bak pengatur debit dari tong plastik bervolume  $\pm$  400 liter. Dari bak pengatur debit ini kemudian dialirkan ke reaktor uji.

Bak pengatur debit untuk menstabilkan debit yang masuk ke reaktor uji. Bak *overflow* untuk menampung limpahan air bekas pada bak pengatur debit sehingga tidak meluber kemana-mana. Lebih jelasnya ada di Gambar 1.

## **PENYIAPAN MEDIA PASIR**

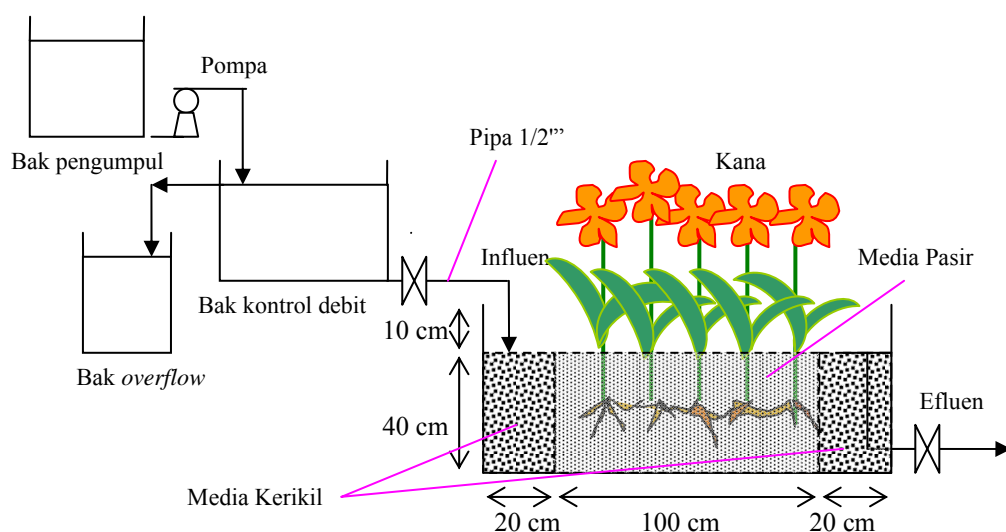
Media yang dipakai pasir sungai. Sebelumnya pasir dicuci untuk menghilangkan lumpur dan debu. Kemudian pasir dikeringkan agar mudah dianalisis. Pengujian yang dilakukan adalah kadar air, berat volume, berat jenis, permeabilitas dan analisa ayakan. Berdasarkan analisa pasir di Laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah Universitas Jember diperoleh angka pori ( $e$ ) 0,81; porositas ( $n$ ) 44,66% ( $\approx 0,45$ ), koefisien permeabilitas pasir 0,01725 cm/detik dan distribusi agregat dimana agregat kasar 10,4%; pasir kasar 64,6%; pasir halus 25%.

## **PEMASANGAN INSTALASI**

Instalasi perpipaan dan pompa diperlukan untuk menjalankan penelitian ini, karena merupakan rangkaian proses mulai pengumpulan hingga pengaliran ke reaktor uji sehingga diharapkan kontinuitas dari aliran air limbah tetap terjaga. Dari bak pengatur debit dipasang dua pipa outlet yang memiliki kran sehingga memudahkan dalam mengatur debit yang diinginkan.

## **AKLIMATISASI TANAMAN**

Kana sebelum ditanam ke reaktor uji, ditanam ke bak plastik dan disirami air bekas domestik selama 14 hari. Aklimatisasi ini untuk mendapatkan kana yang sehat, segar, dan telah beradaptasi dengan air bekas domestik. Setelah 14 hari, kana yang sehat ditanam ke reaktor uji. Pengambilan kana dari tempat aklimatisasi harus dengan tanahnya agar tidak merusak perakaran kana, kemudian akar kana dibersihkan dari tanah dengan merendam ke dalam air sambil dilepaskan tanah yang melekat pada akarnya. Jika akar telah bersih, kana dapat ditanam pada media *wetland* dengan kedalaman 10 cm dari dasar (Yuanita, 2003).

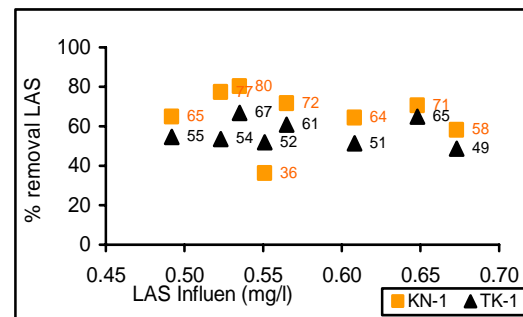
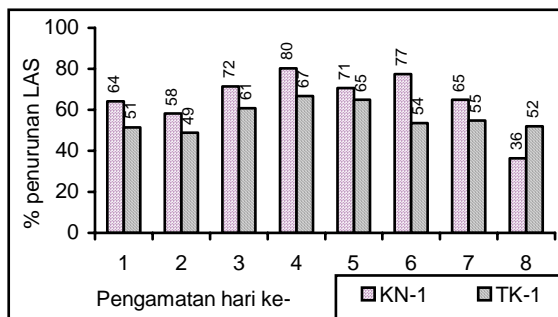


**Gambar. 1 Diagram alir rancangan penelitian HSFCW**

**PELAKSANAAN PENELITIAN**

Kana yang telah mengalami aklimatisasi ditanam ke reaktor uji dan dialiri air limbah. Jarak tanam antar kana 20 cm dan dari tepi 5 cm agar perakarannya berkembang (Yuanita, 2003). Variabel penelitian adalah waktu tinggal 1 hari dan 6 jam; dan reaktor yang ditanami kana dan tanpa kana. Sistem alirannya adalah aliran kontinyu. Ayaz dan Akça (2000) meneliti dengan sistem *constructed wetland* aliran kontinyu untuk mengolah limbah. Kontrol debit dilakukan sebelum reaktor dijalankan agar dapat ditentukan waktu tinggal 1 hari dan 6 jam. Kuchler dan Schnaak (1997) menyatakan bahwa LAS cepat terbiodegradasi dalam kondisi aerobik dan waktu paruhnya antara 3-7 hari. Untuk itulah pengamatan selama 8 hari, dengan pengambilan sampel influen pada hari ke-0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan sampel efluen pada hari ke-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Parameter yang diukur adalah deterjen (LAS) yang terukur dalam MBAS (mg/l). Analisis MBAS air bekas didasarkan pada Standard Methods 1998 untuk pengujian air dan air limbah.

**HASIL**

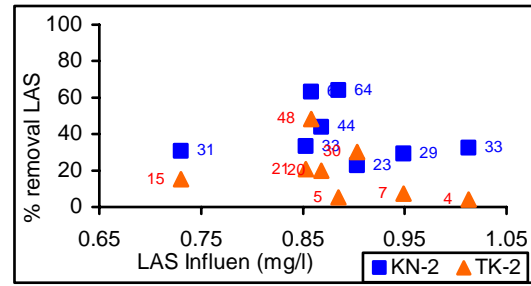
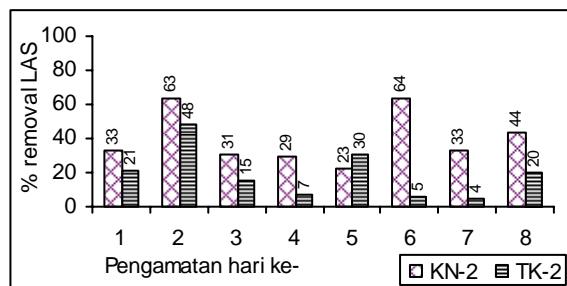


**Gb.2 Efisiensi Penurunan LAS pada td 1 hari**

**Gb.3 LAS, influen vs efisiensi penurunan**

Ket.: td = waktu tinggal; KN-1 = reaktor kana-td 1 hari; TK-1 = reaktor tanpa kana-td 1 hari

Sumber: hasil analisa dan perhitungan



**Gb.4 Efisiensi Penurunan LAS pada td 6 jam**

**Gb.5 LAS, influen vs efisiensi penurunan**

Ket.: td = waktu tinggal; KN-2 = reaktor kana-td 6 jam; TK-2 = reaktor tanpa kana-td 6 jam

Sumber: hasil analisa dan perhitungan

**DISKUSI**

Air bekas yang dipakai dari kegiatan rumah tangga berupa cuci, mandi dan dapur. Karakteristik air bekas yang diambil meliputi COD 191 – 323 mg/l, TS 754 – 1282 mg/l, MBAS 0,492 – 1,013 mg/l. Konsentrasi air bekas yang dipakai pada *wetland* masih dalam ambang batas kelas IV untuk parameter TS dan MBAS namun untuk COD melebihi ambang batas sebagaimana yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82

Tahun 2002 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Untuk mereduksi konsentrasi deterjen dipakai *wetland* dengan aliran *subsurface* memakai tanaman kana.

Dalam sistem alamiah proses yang terpenting adalah degradasi mikrobial. Swisher (1971 dalam Connell dan Miller, 1995) menjelaskan secara rinci biodegradasi terhadap surfaktan dan mikroba tanah memiliki kapasitas untuk menguraikan surfaktan melalui beberapa rangkaian degradasi. Di Florence, Itali pada tahun 2000 pernah dilakukan percobaan dalam skala pilot berupa *wetland* aliran *submerged horizontal* untuk menurunkan konsentrasi LAS memakai tanaman *Phragmites australis* (Del Bubba *et al*, 2000). Penelitian oleh Inaba (1992) membuktikan linier alkilbensulfonat (LAS) dari daerah permukiman di Jepang dapat diolah secara alami melalui *surface-flow wetland* dengan tanaman *Phragmites communis* dan *Typha latifolia*.

### **PENURUNAN LAS PADA WAKTU TINGGAL 1 HARI**

Gambar 2 menunjukkan efisiensi penurunan berkisar 36-80%. Efisiensi penurunan LAS pada reaktor kana, KN-1 36-80%; kontrol, TK-1 49-67%, dimana efisiensi penurunan LAS pada reaktor KN-1 lebih tinggi daripada reaktor TK-1. Hal ini karena proses degradasi LAS terjadi secara cepat secara aerobik prosesnya melalui adsorpsi media, biodegradasi oleh bakteri aerobik (Inaba, 1992; Moreno *et al*, 1994) dan adsorpsi lanjut oleh akar tanaman, dimana akar tanaman ini menyediakan oksigen bagi bakteri aerobik (Polprasert, 1989), sehingga didapatkan efisiensi penurunan yang tinggi. Efisiensi penurunan LAS ini lebih rendah daripada pada penelitian Del Bubba *et al* (2000) dengan waktu tinggal 5 hari sebesar 94%. Dengan waktu tinggal yang lebih singkat, maka kontak antara polutan (LAS) dengan media *wetland*, akar tanaman dan bakteri pengurai lebih singkat, sehingga efisiensi penurunan LAS lebih rendah.

Pada Gambar 3 tampak penurunan LAS berkisar 36-80% dengan konsentrasi influen yang bervariasi. Secara keseluruhan efisiensi penurunan LAS tidak jauh berbeda untuk variasi konsentrasi influen.

Efisiensi penurunan LAS pada waktu tinggal 1 hari lebih tinggi daripada waktu tinggal 6 jam. Hal ini karena waktu tinggal yang tinggi menyebabkan biodegradasi melalui proses mineralisasi terjadi lebih sempurna. LAS yang lambat didegradasi (*nondegradable*) hilang dari sistem melalui adsorpsi oleh media dan biodegradasi lebih lanjut secara aerobik (Moreno *et al*, 1994).

### **PENURUNAN LAS PADA WAKTU TINGGAL 6 JAM**

Gambar 4 menampilkan efisiensi penurunan LAS pada reaktor kana, KN-2 (23-64%), reaktor tanpa kana, TK-2 (4-48%). Efisiensi penurunan LAS reaktor KN-2 lebih baik daripada reaktor TK-2. Degradasi LAS cepat jika kondisi aerobik, karena oksigen dipakai bakteri untuk mendegradasi LAS. Proses degradasi LAS yang utama adalah adsorpsi oleh media dan biodegradasi oleh mikroorganisme secara aerobik (Inaba, 1992; Moreno *et al*, 1994). Ketersediaan oksigen bagi bakteri aerobik dari suplai akar tanaman (Polprasert, 1989), dengan tidak adanya tanaman maka oksigen yang tersedia dalam media TK-2 lebih sedikit daripada dalam reaktor KN-2. Proses masuknya air dan mineral ke dalam tanaman melalui rhizoma (rambut akar). Perpanjangan sel-sel epidermis ini ber dinding lengket dan melekat kuat pada partikel media pasir. Hal ini menjadikan rhizoma bersentuhan langsung dengan film air yang melekat kuat pada partikel media pasir. Masuknya mineral (unsur anorganik) melalui penyerapan air oleh

akar maupun tanpa air, karena mineral masuk akibat beda gradien konsentrasi dari konsentrasi rendah (media pasir) ke konsentrasi tinggi (sel-sel akar). Air dan mineral diangkut hingga ke daun. Kemudian air dipakai untuk fotosintesis dan transpirasi (Kimball, 1983). Dengan demikian perbedaan antara ada dengan tidak adanya tanaman kana memberikan pengaruh terhadap efisiensi penurunan LAS, sehingga efisiensi penurunan LAS pada reaktor kana lebih tinggi daripada reaktor tanpa kana.

Gambar 5 menunjukkan efisiensi penurunan LAS untuk tiap-tiap reaktor yang berkisar 4-64%. Rendahnya efisiensi penurunan pada reaktor tanpa kana, TK-2 disebabkan waktu tinggal yang singkat, sehingga proses adsorpsi LAS hanya dilakukan oleh media saja, tanpa akar tanaman. Dengan waktu kontak yang singkat proses adsorpsi oleh media kecil sekali. Selain itu, tidak adanya tanaman sebagai penyedia oksigen dan tempat melekatnya mikroorganisme menyebabkan penurunan LAS pada reaktor tanpa kana, TK-2 lebih rendah dibandingkan pada reaktor kana, KN-2. Hal ini karena tanaman air memiliki sistem akar rhizoma yang mengandung saluran udara tebal tempat ujung rambut menggantung dan bercabang yang tumbuh vertikal ke atas dari rhizoma. Oksigen dari udara diserap melalui daun diteruskan ke batang sampai ke akar, kemudian oksigen terpecah di ujung akar membentuk film tipis yang mengelilingi akar. Penumpukan oksigen di daerah akar membantu pertumbuhan mikroorganisme aerobik yang ada dalam air (Nurachman, 1996 dalam Prasetyo, 2002). Penguraian LAS lebih cepat secara aerobik (Moreno *et al*, 1994), sehingga adanya oksigen dari suplai akar tanaman membantu bakteri pengurai dalam mendegradasi LAS.

## **KESIMPULAN**

*Subsurface constructed wetland* mampu menurunkan deterjen-yang diukur dengan metode MBAS- pada air bekas domestik hingga 80%. Dengan waktu tinggal 1 hari *wetland* mampu menurunkan deterjen lebih tinggi (hingga 80%) daripada waktu tinggal 6 jam (hingga 64%), karena waktu kontak yang lama menyebabkan berlangsungnya proses mineralisasi LAS dan biodegradasi lebih baik. Adanya kana membantu proses penurunan LAS antara 64-80% daripada tanpa kana yang mencapai kisaran 48-67%, karena adanya suplai oksigen bagi bakteri aerobik yang menguraikan LAS dan akar tanaman yang mengambil unsur anorganik dari materi yang diuraikan oleh bakteri aerobik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ayaz, S.C. dan Akça, L. 2000. Treatment garden: a recirculating constructed wetland for individual houses. *Proceedings of 7<sup>th</sup> International Conference on Wetland System for Water Pollution Control (Lake Buena Vista, Florida)*. November 11-16 pp.1061-1069.
- Campbell, C.S. dan Ogden, M.H. 1999. *Constructed wetlands in sustainable landscape*. John Wiley & Sons, Inc. Toronto. Canada.
- Connel, D.W., Miller, G.J., Koestoer, Y. dan Sahati (ed). 1995. *Kimia dan ekotoksikologi pencemaran*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Del Bubba, M., Lepri, L., Cincinelli, A., Griffini, O. dan Tabani, F. 2000. Linear alkylbenzenesulfonates (LAS) removal in a pilot submerged horizontal flow constructed wetland. *Proceedings of 7<sup>th</sup> International Conference on Wetland*

- System for Water Pollution Control (Lake Buena Vista, Florida)*. November 11-16 pp.919-925.
- Inaba, K. 1992. Quantitative assessment of natural purification in wetland for linear alkylbenzenesulfonates. *Wat.Res.* 26 (7) pp.893-898.
- Kimball, J.W. 1983. Biologi. Jilid 2 Edisi kelima. Tjitrosomo, S.S. dan Sugiri, N. (ed). Erlangga. Jakarta.
- Kuchler, T. dan Schnaak, W. 1997. Behaviour of linear alkylbenzenesulfonates (LAS) in sandy soils with low amounts of organic matter. *Chemosphere.* 35 (1-2) pp.153-167.
- Kusuma, R.T. 2005. Studi penurunan kandungan COD dan BOD<sub>5</sub> air limbah domestik dengan menggunakan tanaman kana (*Canna sp.*) dalam sistem sub-surface flow constructed wetland (studi kasus gedung Teknik Lingkungan ITS Surabaya). Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Mayangriani, T. 2005. Studi penurunan total suspended solid (TSS), kekeruhan dan MBAS air limbah domestik dengan menggunakan subsurface flow constructed wetland – Studi kasus di kampus Teknik Lingkungan ITS. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Moreno, A., Ferrer, J., Bevia, F.R., Prats, D., Vazquez, B. dan Zarzo, D. 1994. LAS monitoring in a lagoon treatment plant. *Wat.Res.*28 (10) pp.2183-2189.
- Pastor, R., Benqlilou, C., Pas, D., Cardenas, G., Espuña A. dan Puigjaner, L. 2003. Design optimisation of constructed wetlands for wastewater treatment. *Resources, Conservation & Recycling.* 37 pp.193-204.
- Poh, S.C. 2003. Assessment of constructed wetland system in Nepal. *Final presentation*. Clean Water for Nepal Inc. MA. USA.
- Polprasert, C. 1989. Organic waste recycling. John Wiley & Sons. Chichester.
- Prasetyo, E.N. 2002. Pemanfaatan reaktor sistem zona akar untuk menyisihkan pencemar limbah cair domestik dan pengaruhnya pada ketahanan padi (*Oryza sativa L.*) terhadap penyakit. Tesis. Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Rukmana, R. 1997. Bunga kana. Seri tanaman hias. Kanisius. Yogyakarta.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A. 2001. Pengolahan limbah rumah tangga dengan memanfaatkan tanaman *cattail* (*Typha angustifolia*) dalam sistem constructed wetland. *Jurnal Purifikasi.* 2 (3) pp.127-132.
- Vymazal, J. 2002. The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience. *Ecological Engineering.* 18 pp.633-646
- Yuanita, C. 2003. Pengaruh variasi media tanam terhadap penurunan kandungan organik (PV) dan TSS pada pengolahan efluen IPLT Keputih, Sukolilo Surabaya dengan memanfaatkan tanaman *cattail* (*Typha latifolia*) menggunakan sistem constructed wetlands. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya