

PENGOLAHAN AIR LINDI DENGAN PROSES KOMBINASI BIOFILTER ANAEROB-AEROB DAN WETLAND

Mochtar Hadiwidodo, Wiharyanto Oktiawan, Alloysius Riza Primadani, Bernadette Nusye Parasmita, dan Ismaryanto Gunawan

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik UNDIP, Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang
Email: w_oktiawan@yahoo.com

ABSTRACT

In Indonesia leachate is still an issue yet to be addressed. With a high content of pollutant parameters and lack of government support resulting landfill must think about the appropriate treatment to be safe for treating waste when discarded into the environment. Biofilter methods and wetland is the one of alternatives leachate treatment that can be used. This method does not require a large operating costs and does not require skilled professionals to operate it. With a combination of wetland and biofilter, it is expected to reduce the content of pollutants in the leachate, so it can be meet the wastewater quality standards which set by the government. The levels of pollutants were tested in this study is the BOD₅, COD, TSS, ammonia, nitrite and nitrate.

Key Words: *leachate, biofilter, wetland*

PENDAHULUAN

Hampir setiap kota besar di Indonesia telah menyediakan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. Namun kebanyakan dari TPA-TPA ini hanya berfokus pada pengolahan sampah saja. Padahal timbunan sampah juga menimbulkan aliran air lindi (*leachate*) yang dapat mencemari lingkungan. Seandainya sudah ada unit pengolahannya pun unit pengolahan tersebut masih bersifat apa adanya. Bahkan efluen dari unit pengolahan tersebut masih berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah.

Metode biofilter dan wetland merupakan salah satu metode sederhana yang dapat digunakan untuk mendegradasi parameter-parameter pencemar yang ada di air lindi. Metode biofilter berprinsip pada metode pertumbuhan terlekat. Bakteri pada air lindi akan terlekat pada biofilter dan membentuk biofilm sebagai tempat hidupnya. Biofilm inilah yang akan menahan bakteri agar tidak ikut terbawa efluen, sehingga dapat mendegradasi lindi dengan lebih kontinyu.

Metode *wetlands* merupakan sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman. Aktivitas mikroorganisme maupun

tanaman dalam penyediaan oksigen yang terdapat dalam sistem pengolahan limbah *Wetlands* ini, secara prinsip terjadi akibat adanya proses fotosintesis maupun proses respirasi.

STUDI PUSTAKA

Lindi

Tchobanoglous (1993) menyatakan bahwa lindi (*leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati *landfill* dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (*landfill*) tersebut. Cairan dalam *landfill* merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah. Sedangkan menurut Darmasetiawan (2004), lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik.

Masalah yang ada di Tempat Pemrosesan Sampah (TPA) salah satunya adalah adanya lindi sampah. Lindi sering terkumpul pada

pertengahan titik pada lahan urug. lindi mengandung berbagai turunan senyawa kimia dari peluruhan sampah pada lahan urug dan hasil reaksi kimia dan biokimia yang terjadi pada lahan urug.

Apabila penanganan dan pengolahan lindi sampah tidak dilakukan secara optimal, lindi sampah ini akan masuk ke dalam air tanah ataupun ikut terbawa dalam aliran permukaan. Upaya penanggulangan masalah ini dimulai dari tahap pemilihan lokasi, dan dilanjutkan sampai sarana TPA tersebut ditutup (Damanhuri, 1996)

Biofilter

Biofilter dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang diatas suatu media, yang dapat terbuat dari plastik, kerikil, yang di dalam operasinya dapat tercelup sebagian atau seluruhnya, atau yang hanya dilewati air saja (tidak tercelup sama sekali), dengan membentuk lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut sehingga membentuk lapisan biofilm.

Proses pengolahan air limbah dengan biofilter secara garis besar dapat dilakukan dalam kondisi aerob, anaerob atau kombinasi anaerob dan aerob. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah. Sedangkan proses kombinasi anaerob dan aerob merupakan gabungan proses anaerob dan proses aerob.

Proses operasi biofilter secara anaerob digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik cukup tinggi, dan dari proses ini akan dihasilkan gas methana. Jika kadar COD limbah kurang dari 4000 mg/l seharusnya limbah tersebut diolah pada kondisi anaerob (Herlambang, dkk, 2002).

Proses Biofilter

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media penyangga yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media membentuk

lapisan massa yang tipis (*biofilm*) (herlambang dan Marsidi, 2003).

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter aerobik, suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti aerasi samping, aerasi tengah, aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal aerasi dengan air lift pump dan aerasi dengan sistem mekanik. Sistem aerasi juga bergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan (Herlambang, dkk, 2002).

Metode biofilter yang terbuat dari bahan anorganik, ringan dan mempunyai luas permukaan spesifik yang tinggi. Semakin tinggi luas permukaan spesifiknya maka jumlah mikroorganisme yang dapat melekat juga semakin banyak.

Kelebihan Biofilter

Adanya air buangan yang melalui media kerikil yang terdapat pada media biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti kerikil atau yang disebut juga *biological film*. Air limbah yang masih mengandung zat organisme yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontaknya, maka efisiensi penurunan zat organiknya (BOD) semakin besar. Selain menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, cara ini juga dapat mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi atau *suspended solid*, ammonium, dan fospor (Herlambang, dkk, 2002). Biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media ini. Sebagai akibatnya, air limbah yang mengandung *suspended solids* dan bakteri *E. Coli* setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Biofilter sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi. Proses ini cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar.

Teknologi ini jelas berbeda dengan *activated sludge* (lumpur aktif), yang merupakan teknologi yang paling sering dipakai pada pengolahan air limbah skala kecil. Pengolahan limbah dengan menggunakan lumpur aktif dipengaruhi oleh beberapa jenis mikroba aerobik yang tersuspensi dalam cairan dengan dengan

konsentrasi yang sangat tinggi, memerlukan aerasi aktif untuk menjamin mikroba tetap hidup. Keadaan cairan harus dikontrol dengan ketat, biasanya dengan mengeluarkan lumpur aktif beberapa jam atau akan terjadi kejenuhan dalam sistem. Karakteristik inilah yang menyebabkan sistem ini tidak stabil, memerlukan input energi secara konstan serta perhatian penuh untuk menjaga parameter operasi tetap sesuai yang disyaratkan. Selain itu, proses ini tidak mampu menangani air limbah yang tidak *uniform*, lagipula tidak ada teori yang sesuai untuk proses ini kecuali bila dianggap sebagai proses *steady-state*. Karena tidak ada penghalang bagi aliran air sebelum keluar sistem, bila terjadi kegagalan operasi, efluen yang keluar akan langsung terpengaruh. Sekali terjadi kegagalan, lumpur aktif memerlukan waktu yang cukup lama untuk dapat kembali beroperasi normal. Karakteristik yang kontras dan tidak membutuhkan perhatian yang intensif kepada sistem inilah yang menyebabkan teknologi biofiltrasi lebih cocok untuk digunakan pada skala kecil, karena tidak membutuhkan perhatian yang intensif kepada sistem.

Kriteria Pemilihan Media Biofilter

Media biofilter termasuk hal yang penting, karena sebagai tempat tumbuh dan menempel mikroorganisme, juga untuk mendapatkan unsur-unsur kehidupan yang dibutuhkan seperti nutrisi dan oksigen. Salah satu kunci penting untuk mendapatkan efluen yang maksimal adalah menggunakan media yang tepat. Media yang digunakan bisa berupa plastik (polivinil klorida), kerikil dan pecahan batu, gambut, kompos, arang aktif, sabut kelapa, humus dan tanah (Nurchayani, 2006).

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk paparan (*plate*) dan bentuk sarang tawon. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah, kerikil, batu marmer dan batu tembikar. Proses pengolahan dengan biofilter dilakukan pengkondisian limbah terlebih dahulu dimana sampai efluen yang berasal dari proses pengolahan mengalami kondisi tunak (*steady state*) dengan efisiensi penyisihan relatif konstan dengan toleransi 10%.

Valentis dan Lasavre (1990) dalam Herlambang (2002) menyatakan bahwa dalam memilih media biofilter ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi antara lain:

- a. Prinsip-prinsip yang mengatur pelekatan (adhesi) bakteri pada permukaan media dan pembentukan biofilm.
- b. Parameter yang mengendalikan pengolahan limbah.
- c. Sifat-sifat yang harus dipenuhi oleh paket media biofilter dalam reaktor biologi pada lingkungan spesifik dan sesuai dengan teknik aplikasinya.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipilih dengan menggunakan media kerikil. Kerikil memiliki luas permukaan yang besar, dan bakteri dapat hidup dan melekat pada permukaannya. Selain itu, penyumbatan yang terjadi pada kerikil sangat kecil dan volume rongganya besar dibandingkan dengan media lain serta mudah didapat dan relatif lebih murah.

Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetland*)

Sistem pengolahan *constructed wetland* adalah sistem rekayasa yang telah didisain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan tumbuhan, tanah, dan kumpulan mikroba yang saling berhubungan untuk membantu pengolahan limbah cair. (Vymazal, 1998).

Menurut Pengolahan limbah Sistem Wetlands didefinisikan sebagai sistem pengolahan yang memasukkan faktor utama, yaitu :

- a. Area yang tergenangi air dan mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis hydrophyta.
- b. Media tempat tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air (basah).
- c. Media bisa juga bukan tanah, tetapi media yang jenuh dengan air. (Hammer, 1986)

Sejalan dengan perkembangan ilmu dan penelitian, maka definisi tersebut disempurnakan oleh Metcalf & Eddy (1993), menjadi "Sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman".

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi penyisihan BOD₅, COD, TSS, amoniak, nitrit dan nitrat menggunakan reaktor biofilter dan wetland. Lindi yang digunakan berasal dari TPA Ngronggo, Salatiga.

Perhitungan waktu tinggal pada biofilter yang digunakan adalah :

A. Biofilter Anaerob

BOD₅ masuk biofilter = 360,00 mg/l

Efisiensi = 50%

BOD₅ masuk = 360,00 mg/l – (0,5 x 360,00 mg/l)
= 180 mg/l

Q_{rata-rata} = 152,2 ml/menit
= 0,2192 m³/hari

Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media 0,4 – 4,7 kg BOD/m³.hari (Ebie Kunio, 1995).

Ditetapkan beban BOD yang digunakan = 1,5 kg BOD/m³.hari.

Beban BOD dalam air buangan
= 0,2192 m³/hari x 360,00 g/m³
= 78,912 g/hari
= 0,0789 kg/hari

Volume media yang diperlukan
= $\frac{(0,0789 \text{ kg/hari})}{(1,0 \text{ kg/m}^3 \text{ hari})}$ = 0,078 m³

Volume media = 57% dari total volume reaktor

Volume reaktor yang diperlukan
= 100/57 x 0,078 m³ = 0,137 m³

Waktu tinggal dalam reaktor

= $\frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{(0,137 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari})}{0,2192 \text{ m}^3 \text{ /hari}}$ = 15 jam

B. Biofilter Aerob

BOD₅ masuk = 180 mg/l

Efisiensi = 60%

BOD₅ keluar = 180 mg/l – (0,60 x 180 mg/l)
= 72 mg/l

Beban BOD₅ dalam air buangan

= 0,2192 m³/hari x 180 g/m³

= 39,456 g/hari

= 0,0395 kg/hari

Jumlah BOD₅ yang dihilangkan = 0,6 x 0,0395 kg/hari = 0,0237 kg/hari

Volume media yang diperlukan = $\frac{(0,0237 \text{ kg/hari})}{(1,0 \text{ kg/m}^3 \text{ hari})}$

= 0,039 m³

Volume media = 57% dari total volume reaktor

Volume reaktor aerob yang diperlukan = 100/57 x 0,039 m³ = 0,068 m³

Waktu tinggal dalam reaktor = $\frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{(0,068 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari})}{0,2192 \text{ m}^3 \text{ /hari}}$ = 7,5 jam

Variasi waktu tinggal penelitian:

Waktu tinggal untuk anaerob: 15 jam, 20 jam, 25 jam

Waktu tinggal untuk aerob : 7,5 jam, 12,5 jam, 17,5 jam

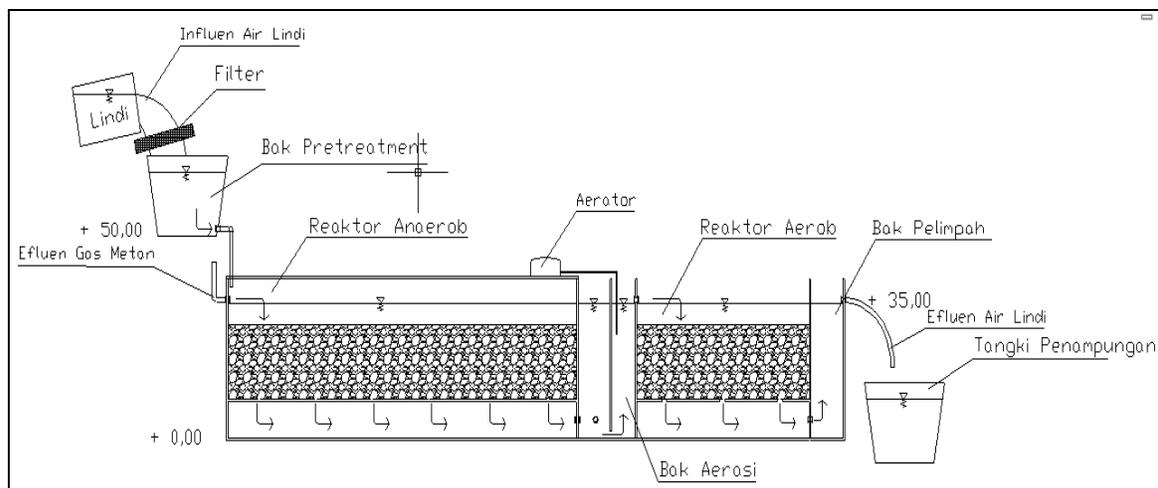
Perhitungan variasi debit berdasarkan variasi waktu tinggal penelitian dan volume reaktor:

Volume reaktor = 137 L

- $\frac{td_{15}}{V} = \frac{137 \text{ L}}{15 \text{ jam}} = 9,13 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 152,2 \text{ ml/menit}$

- $\frac{td_{20}}{V} = \frac{137 \text{ L}}{20 \text{ jam}} = 6,85 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 114,2 \text{ ml/menit}$

- $\frac{td_{25}}{V} = \frac{137 \text{ L}}{25 \text{ jam}} = 5,48 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 91,3 \text{ ml/menit}$



Gambar 1. Skema Rangkaian Reaktor Biofilter

Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi adalah tahap mengkondisikan mikroorganisme agar dapat hidup dan melakukan adaptasi.

Running

Satu siklus *running* memakan waktu 15-25 jam. Setelah *running* dan pengambilan sampel untuk satu variasi selesai, kemudian dilakukan

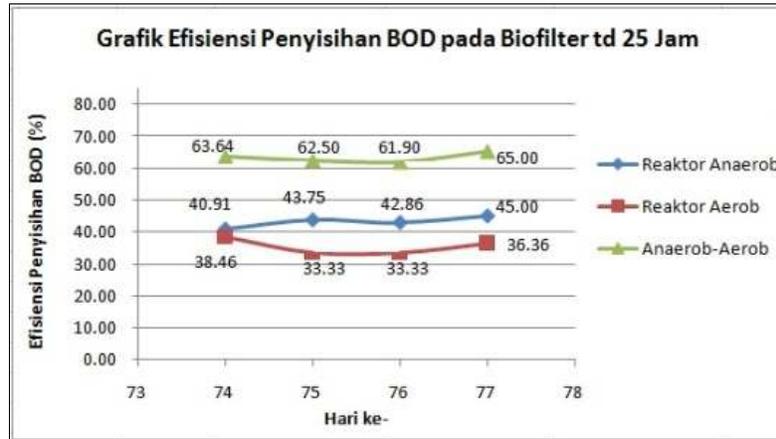
pengambilan sampel. Setiap satu variasi dilakukan selama 5 hari secara kontinyu.

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 1 kali yang dilakukan setiap hari.

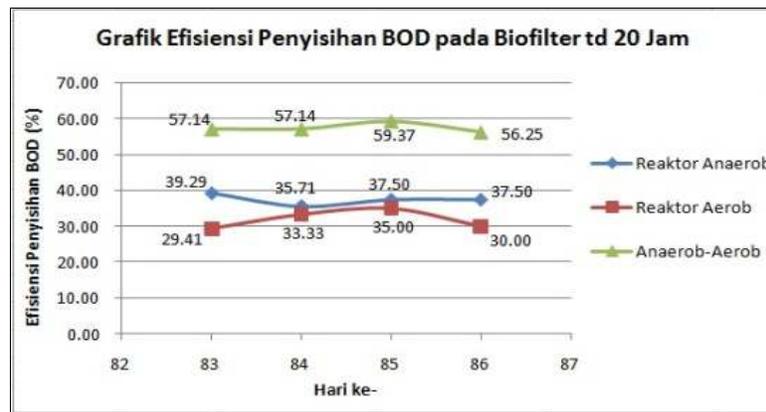
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Grafik hasil penelitian diketengahkan sebagai berikut:

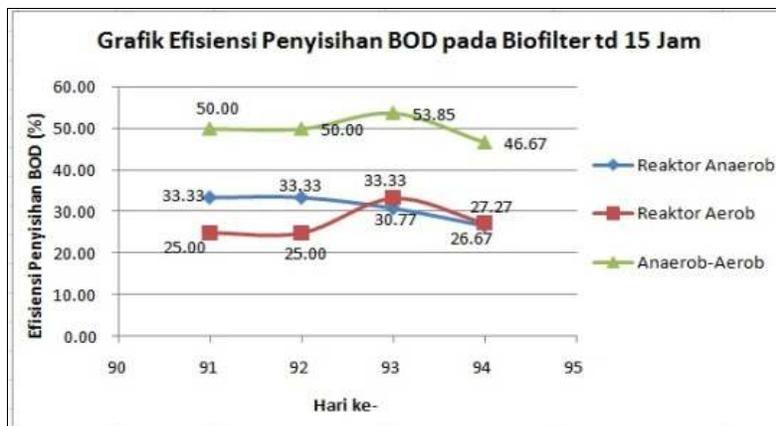
a. Parameter BOD



(a)

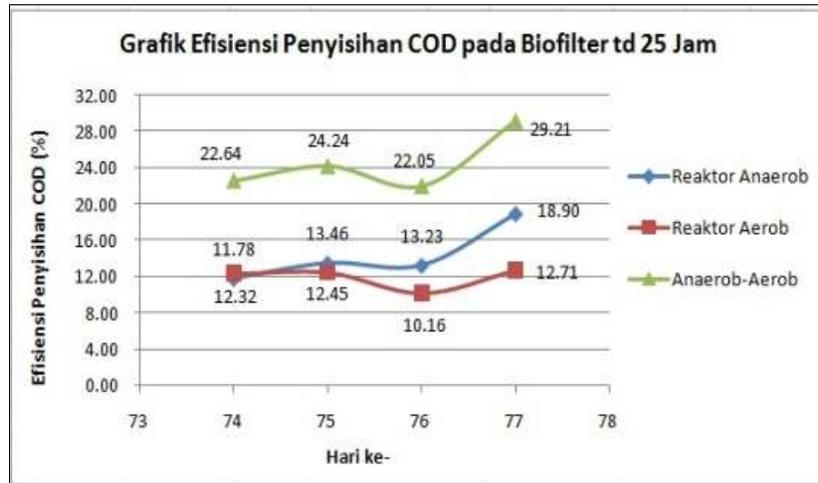


(b)

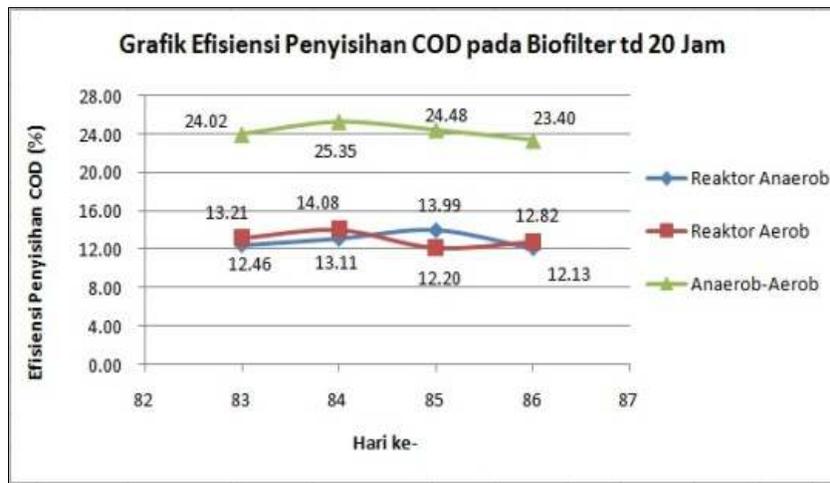


(c)

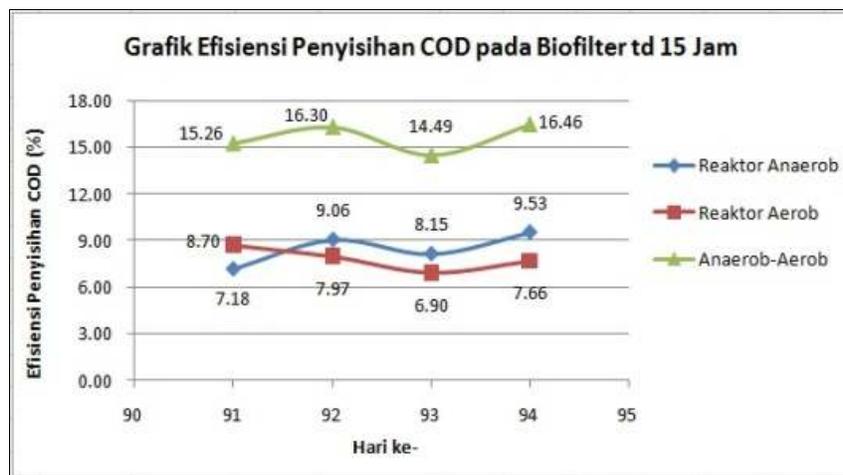
b. Parameter COD



(a)

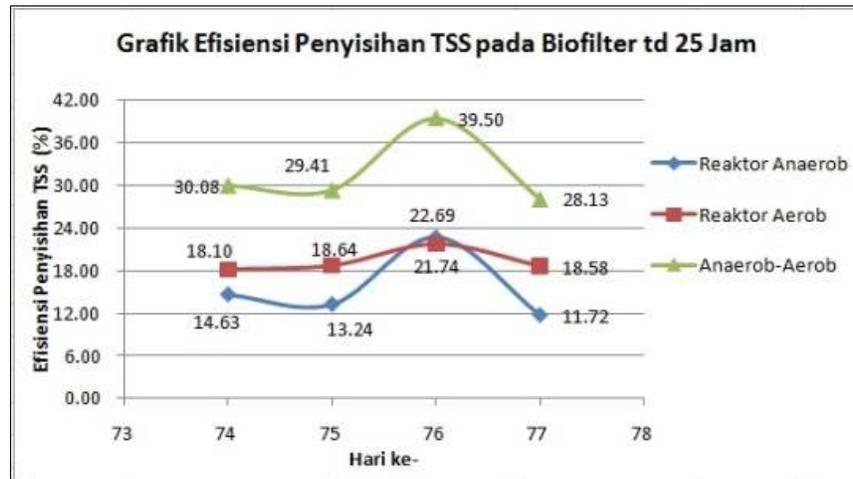


(b)

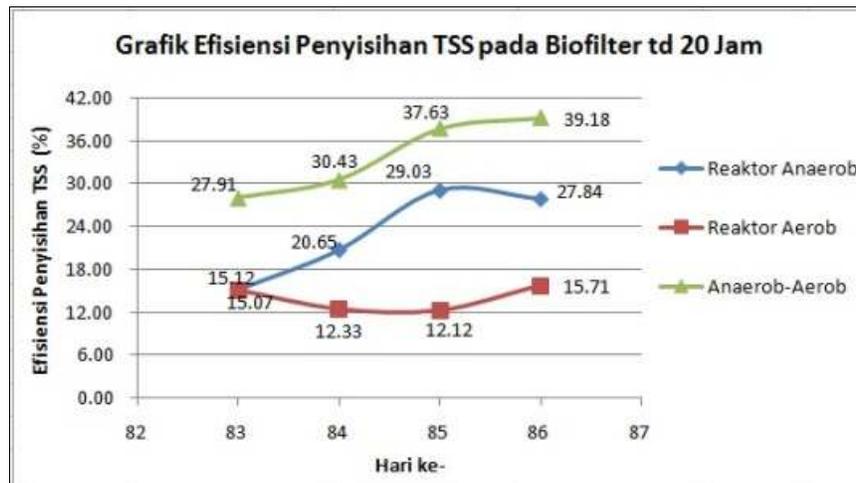


(c)

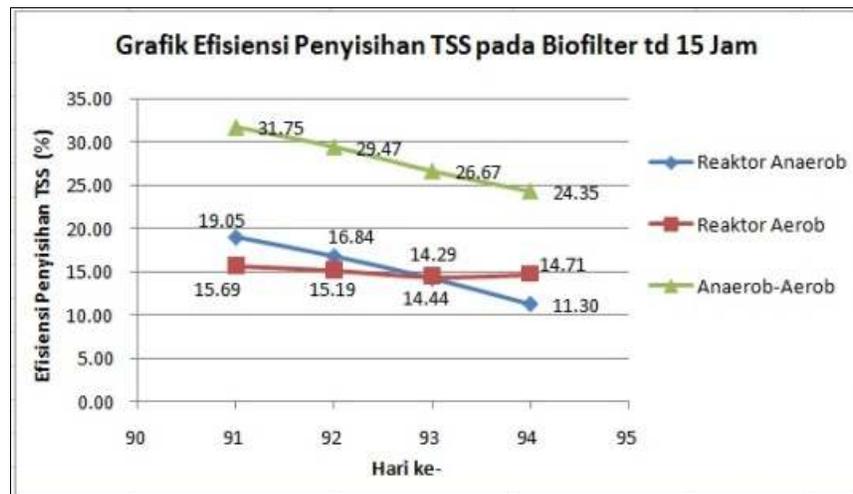
c. Parameter TSS



(a)

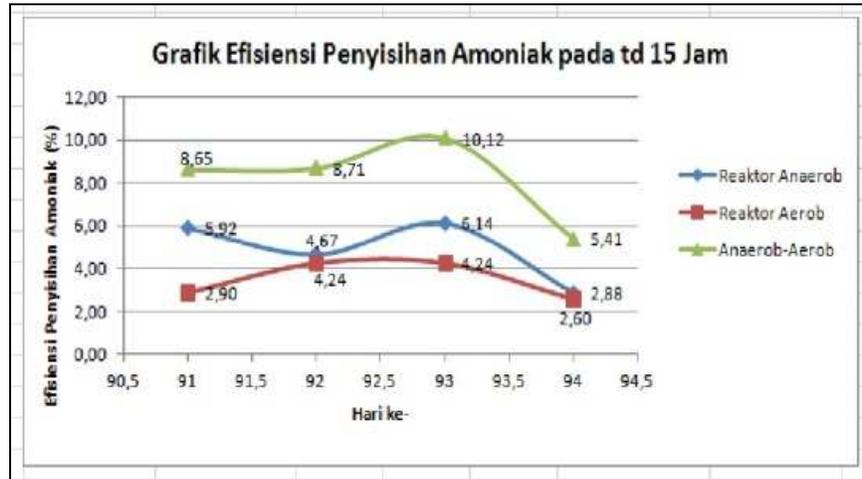


(b)

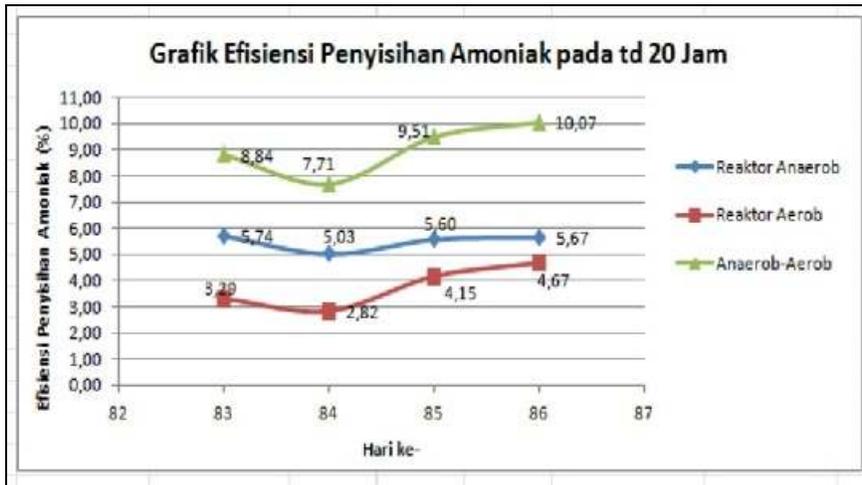


(c)

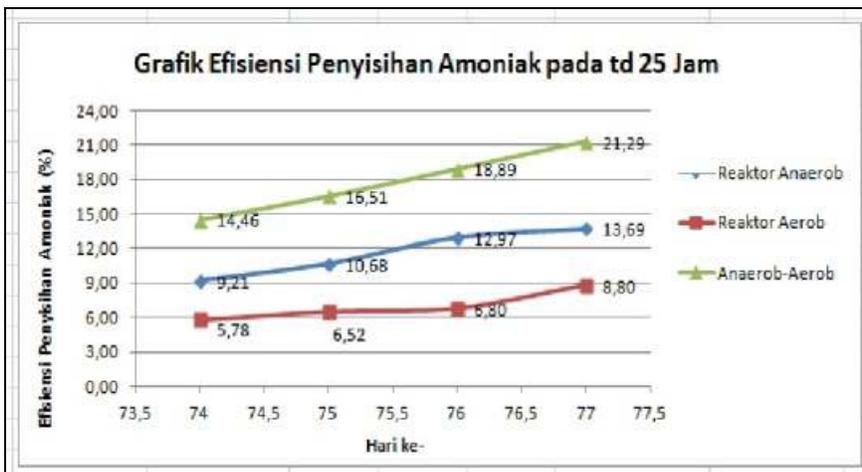
d. Parameter Amoniak



(a)

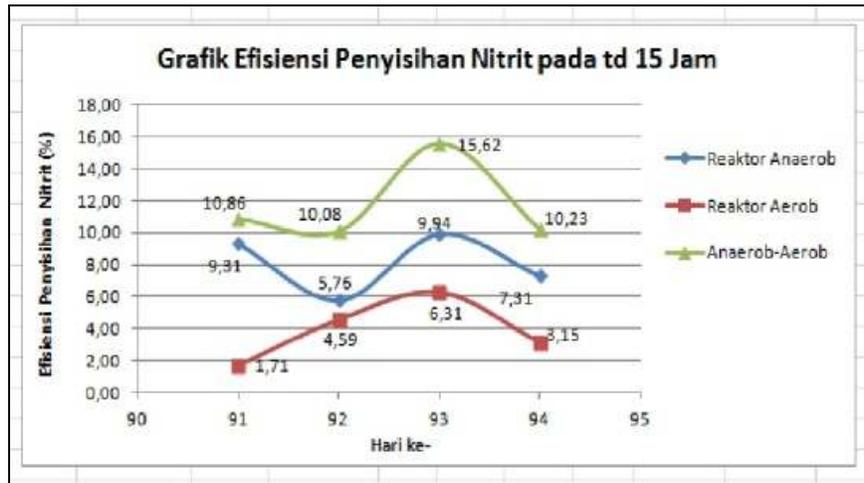


(b)

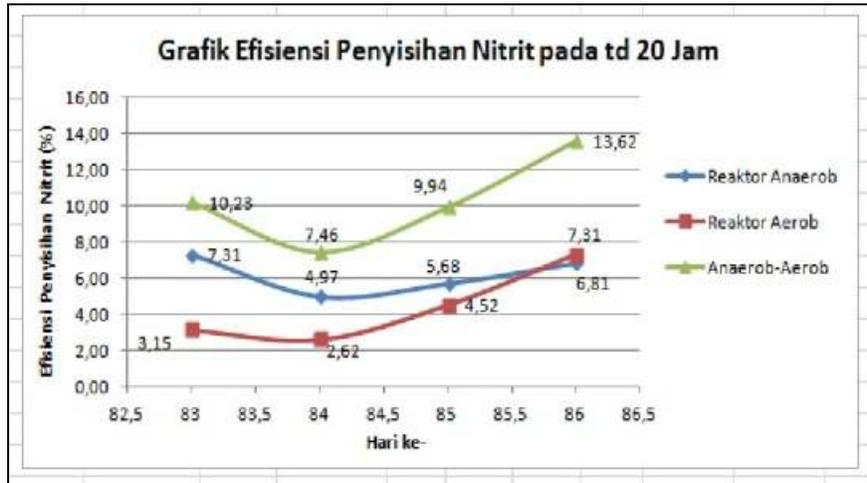


(c)

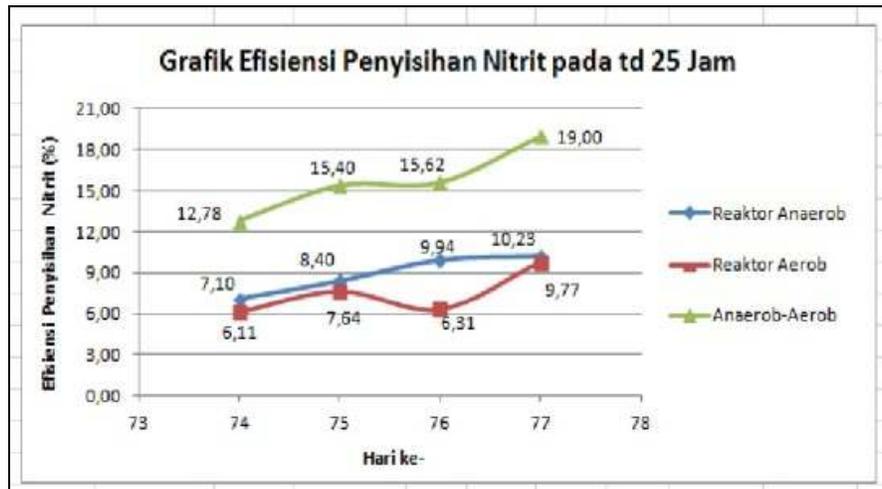
e. Parameter Nitrit



(a)

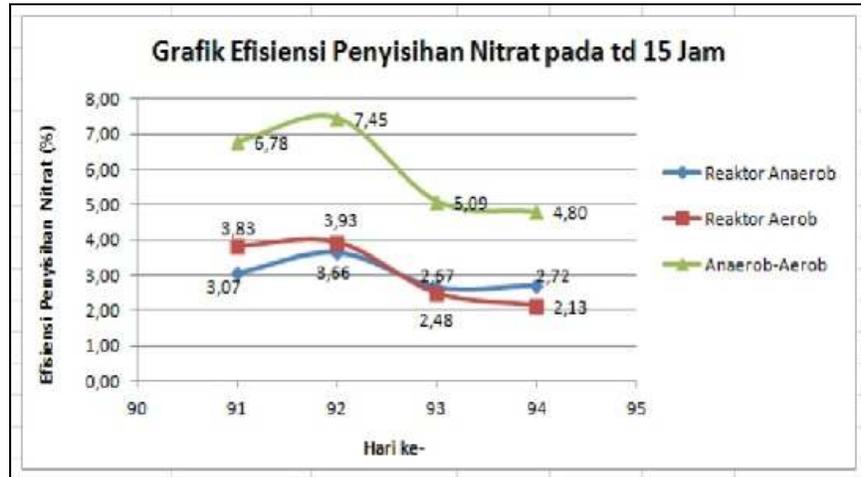


(b)

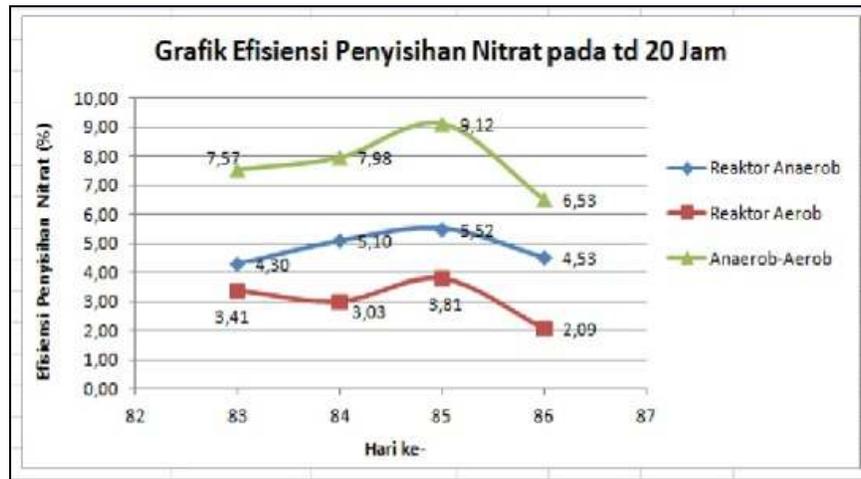


(c)

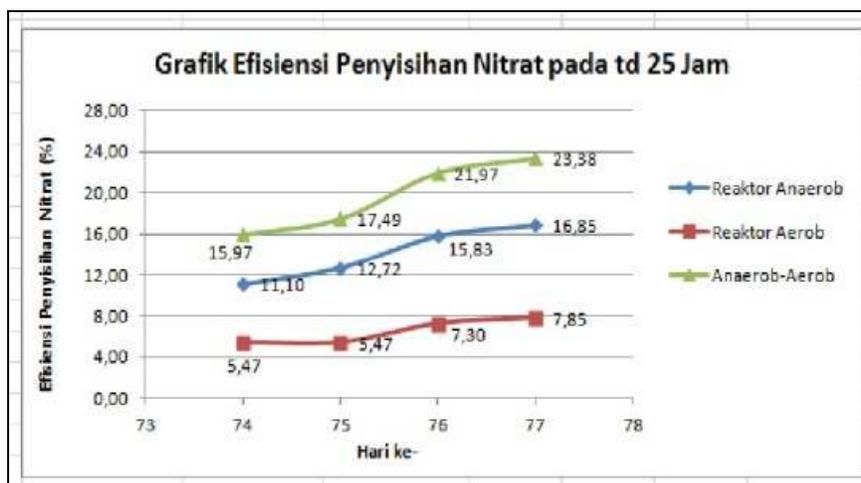
f. Parameter Nitrat



(a)



(b)



(c)

Dari grafik hasil penelitian tersebut dapat terlihat jelas bahwa waktu tinggal sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan parameter pencemar, yaitu BOD₅, COD, TSS, amoniak, nitrit dan nitrat. Semakin lama waktu tinggal, semakin lama pula air lindi terkontak dengan *biological film* bakteri yang telah terbentuk pada media kerikil. Hal ini menyebabkan bakteri dapat memakan zat pencemar dengan lebih mudah sehingga kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran efluen pun lebih kecil.

Dari grafik tersebut juga dapat terlihat bahwa efluen yang dihasilkan reaktor anaerob lebih besar efisiensinya bila dibandingkan dengan reaktor aerob. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pada reaktor aerob telah dilakukan aerasi, bakteri anaerob bekerja lebih efektif pada pengolahan air lindi. Hal ini disebabkan oleh karakteristik air lindi yang tidak memiliki kandungan oksigen di dalamnya, sehingga bakteri yang banyak terdapat pada air lindi merupakan bakteri anaerob.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Proses biofilter anaerob terbukti lebih efektif dalam mengolah air lindi akibat karakteristik dasar air lindi yang tidak memiliki kandungan oksigen terlarut (DO = 0)
2. Proses biofilter ini berkaitan erat dengan waktu tinggal. Hal ini ditunjukkan pada data hasil penelitian yang menunjukkan efisiensi penyisihan parameter pencemar pada waktu tinggal 25 jam lebih baik bila dibandingkan waktu tinggal yang lain.
3. Pada reaktor wetland, semakin banyak jumlah tumbuhan *Scirpus grossius* (lingi) yang digunakan maka semakin tinggi penurunan konsentrasi COD dari air lindi TPA Ngronggo, Salatiga.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan :

1. Diperlukan adanya pretreatment sebelum proses biofilter agar rasio BOD dan COD tidak terlalu kecil sehingga memudahkan kinerja bakteri.
2. Diperlukan adanya pengolahan lanjutan setelah proses biofilter karena efluen belum memenuhi baku mutu air limbah domestik.

3. Diperlukan adanya *flowmeter* agar debit yang mengalir ke dalam reaktor lebih mudah untuk dikontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Sumentri. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Bagwell, E. C., Yvette M. Piceno, Amy Ashburn-Lucas and Charles R. Lovell. 1998. *Physiological of Rhizosphere Diazotroph Assemblages of Selected Salt Marsh Grasses*. Applied and Environmental Microbiology Journal, Vol. 64, No.11, p. 4276-4282
- Cooper, P. 1999. *A Review of the Design and Performance of Vertical-Flow and Hybrid Reed Bed Treatment Systems*. Water Science and Technology 40(3): 1-9
- Damanhuri, E. 1996. *Teknik Pembuangan Akhir Sampah*. Jurnal Teknik Lingkungan ITB. Bandung.
- Droste, R.L., 1997, *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons, New York.
- Eckenfelder, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control, Third Edition*. Mc Graw – Hill Book Company Inc. Singapore.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Gerardi, M. H. 2002. *Wastewater Microbiology: Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*. John Wiley & Sons, New York. USA.
- Hammer, M.J. 1986. *Water and Wastewater Technology SI Version*, John Wiley & Sons: Singapore
- Henze, Mogens, Poul Harremoës, Jes la Cour Jansen, dan Erik Arvin, 1995, *Wastewater Treatment : Biological and Chemical Process*, Springer-Verlag Berlin. Germany.
- Hutagalung H. P., Rozak. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan. Biota*. Volume ke- 2. Jakarta: P3O-LIPI.
- Idaman, Nusa Said, dan Herlambang. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. BBPT. Jakarta.
- Peraturan Daerah (Perda) Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004. *Baku Mutu Air Limbah*.
- Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. 2003. Mc Graw Hill Company. New York.

**Mochtar H., Wiharyanto O., Alloysius RP,
Bernadette NP, dan Ismaryanto G.**

*Pengolahan Air Lindi dengan Proses Kombinasi
Biofilter An-Aerob-Aerob dan Wetland*

Schlegel, G.H.1994. *Mikrobiologi Umum*.
Gadjah Mada Press: Yogyakarta
Soerjani, et al. 1987. *Weeds of Rice in
Indonesia*. Balai Pustaka: Jakarta
Suriawiria, U. 1993. *Mikrobiologi Air*, Penerbit
Alumni: Bandung
Sundstrom, Donald W dan Herbert E Klei.
1979. *Wastewater Treatment*.
Prentice-Hal. Inc. Englewood Cliffs
USA.
Tchobanoglous, G. dan F.L Burton. 1991.
*Wastewater Engineering: Treatment,
Disposal, and Reuse*. 3rd Ed. McGraw-
Hill.Inc. Singapore.

Tchobanoglous, George and Theisen H, Vigil
SA. 1993. *Integrated Solid Waste
Management: Engineering Principles
and Management Issues*. McGraw-Hill,
Inc., N.Y. Tchobanoglous, George dan
F.L Burton. 2003. *Wastewater
Engineering: Treatment and Reuse*. 4th
Ed. McGraw-Hill.Inc. New York.
Vymazal J., Brix H., Cooper P.F., Green
M.B., Haberl R. 1998. *Constructed
Wetlands for Wastewater Treatment in
Europe*. Backhuys Publisher: Leiden