

LAHAN BASAH BUATAN UNTUK MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK

T. Edy Sabli* dan Mubarak**

**) Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Riau*

****) Dosen Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Riau*

ABSTRACT

Domestic wastewater have caused the surrounding environment to be polluted by high organic content of the wastewater. Domestic wastewater which causes water pollution were around 70% in Indonesia. According to this reason, it is important to develop appropriate low cost technology to solve this problem such as developing wetland system. The system tries to take the advantage of mutual activities between the soil microorganism and the plant roots which releases oxygen. Treating domestic wastewater using wetland system technology was already applied in some countries in Europe. It is important to intensive study about developing wetland system technology in Indonesia.

Key Words : *Organic Wastewater, Wetland System*

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air limbah domestik adalah cairan buangan dari rumah tangga, maupun tempat-tempat umum lainnya yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan (Metcalf dan Eddy, 1993). Menurut Mara dan Cairncross (1994), laju penghasil air limbah biasanya antara 80 dan 200 liter per orang per hari, atau sekitar 30-70 m³ per orang per tahun. Berdasarkan survei, buangan yang berasal dari permukiman penduduk memberi kontribusi utama terjadinya pencemaran badan air, yaitu sekitar 60% sampai 70% (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup RI, 1977).

Masalah utama yang harus dihadapi dunia antara lain adalah menghadapi krisis air yang berkepanjangan, meningkatnya masalah pencemaran yang memasuki badan air dan jumlah kebutuhan air akan semakin tinggi seiring pertumbuhan penduduk. Terjadinya pencemaran beberapa sumber air, penggundulan hutan yang mengakibatkan erosi tanah, terganggunya fungsi peresapan air, kegiatan pertanian yang mengabaikan kelestarian lingkungan, berubahnya fungsi daerah tangkapan air, serta distribusi air yang tidak



merata menunjukkan bahwa perhatian terhadap kelestarian sumberdaya air ini perlu secara total ditingkatkan.

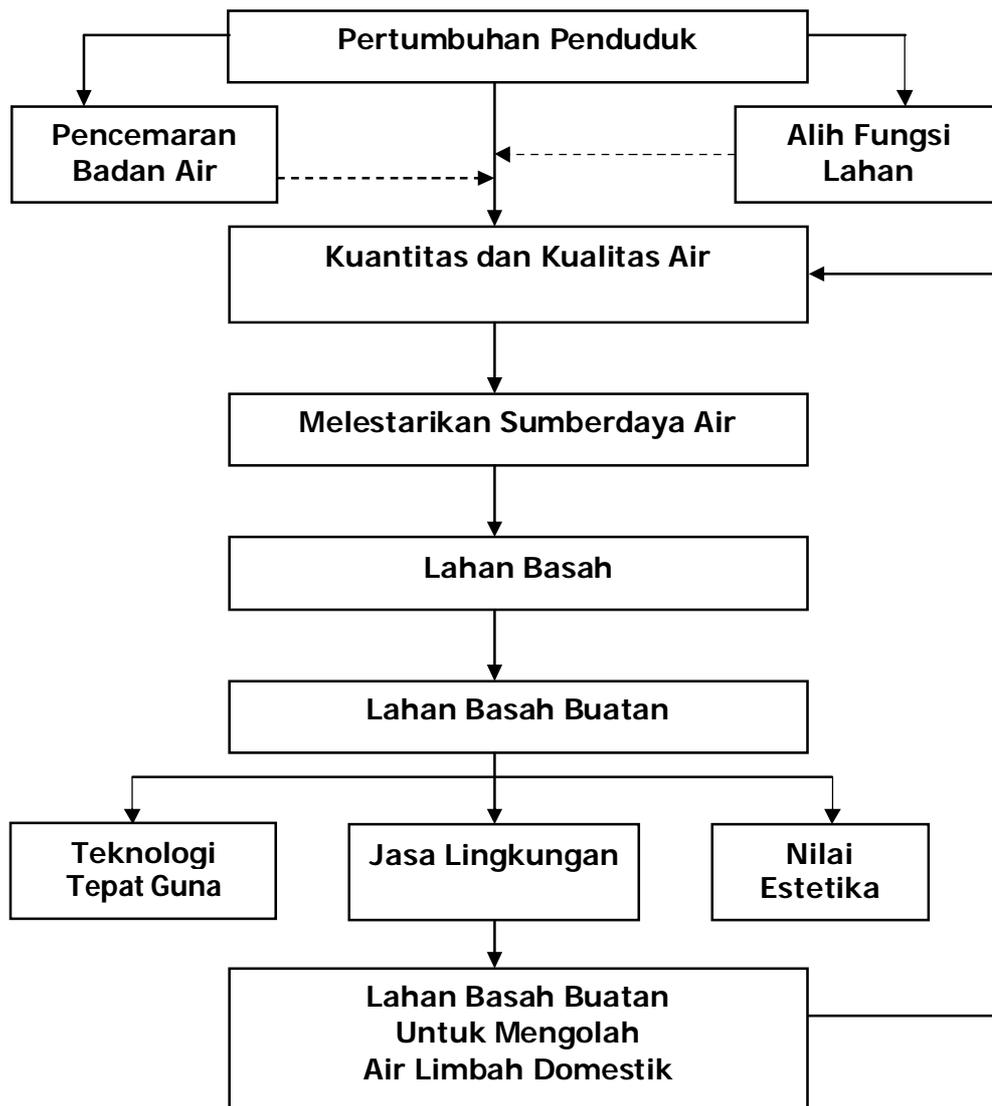
Agar biaya lingkungan dapat ditekan maka perlu dikaji dan ditemukan teknologi pengolahan air limbah yang dapat diterapkan oleh masyarakat. Diantara metoda yang banyak mendapat perhatian saat ini adalah pengolahan air limbah menggunakan teknologi sistem lahan basah (*wetland system*). Sistem ini dianjurkan karena dapat mengolah air limbah domestik, pertanian dan sebagian limbah industri, tidak berbau, biaya perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan murah dan tidak membutuhkan keterampilan yang tinggi (Tanggahu dan Warmadewanthi, 2001).

Teknologi sistem lahan basah ini, berpeluang untuk dikembangkan di Indonesia. Sebagai negara yang beriklim tropis, berbagai jenis tumbuhan air, baik yang jenis mengapung, tenggelam maupun mencuat, hidup dengan suburnya sepanjang tahun, namun belum ditemukan pola tumbuhan air yang tepat dan efisien dalam mengolah air limbah. Lahan basah adalah salah satu agroekosistem yang dimiliki Indonesia dengan luas sekitar 13,27 juta hektar, potensi lahan basah ini belum banyak dimanfaatkan (Noor, 2007).

1.2. DIAGRAM ALIR

Kerangka konsep dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut :





KAJIAN TEORI

DESAIN SISTEM LAHAN BASAH

Ekosistem lahan basah memiliki kemampuan alamiah untuk menghilangkan berbagai jenis limbah dengan tingkat efisiensi yang bervariasi akibat adanya pengolahan secara biologis (Nichols, 1993). Menurut Hammer dan Bastian (1989), lahan basah adalah habitat peralihan antara lahan darat dan air, jadi bukan merupakan habitat darat ataupun habitat air. Sistem tersebut memanfaatkan simbiosis mikroorganisme tanah dengan akar tumbuhan yang mengeluarkan oksigen. Metoda ini berasal dari hasil penelitian Saidel dan Kickuth di Jerman Barat tahun 1960-an. Sejak itu banyak sistem telah dibuat di beberapa

Negara, seperti di Australia, Inggris, Cina, India dan Mesir. Sistem-sistem ini memakai berbagai konfigurasi yang berbeda jenis media dan tumbuhan airnya (Kurnadie, 2000).

Pengolahan air limbah secara alami, menggunakan lahan basah diantaranya telah dilakukan di Kota Arcata, Amerika Serikat. Menurut laporan Gearheart (1996), di kota tersebut dibuat pembuangan air limbah tampak seperti sebuah taman. Sekitar sebelas juta liter limbah cair yang dihasilkan kota itu, setiap hari dikumpulkan dan dibersihkan. Sistem penjernihan ini terdiri dari 750.000 meter persegi di tepi Hudson Bay, merupakan lahan rawa-rawa yang ditumbuhi tumbuhan rawa seperti cattail dan bulrush.

Konfigurasi dasar dalam mendesain system lahan basah buatan umumnya terdiri dari satu atau beberapa unit yang disebut sel. Untuk limbah pertanian atau peternakan, jumlah sel sebanyak 3-4 buah disusun secara seri menghasilkan reduksi efluen paling banyak (Surrency, 1993). Sedangkan untuk limbah lindi, Martin dkk., (1993) menggunakan 10 sel yang disusun seri dan limbah dialirkan ke setiap sel pada permukaan secara gravitasi. Untuk limbah septik tank, Steiner dkk., (1993) mengajukan beberapa alternatif jumlah sel dalam sistem lahan basah buatan yang dapat berupa tunggal, dua sel disusun seri, atau multi sel yang disusun seri maupun parallel. Sistem tunggal biasanya digunakan pada lokasi dimana limbah tidak dapat dibuang dengan cara perkolasi karena aliran terlalu deras, pada permukaan air tanah yang dangkal, tanah dangkal di atas batuan cadas atau pada tanah lempung yang impermeabel.

Tipe aliran air dalam sistem lahan basah bisa menggunakan aliran air dalam ataupun aliran air permukaan. Sistem aliran air dalam biasanya mengandung substrat berpori karena system ini didesain dan dioperasikan untuk menghindari air diam. Shutes dkk., (1993) menganjurkan agar efluen dialirkan ke system secara aliran air dalam, agar terjadi kontak yang maksimal antara limbah dengan substrat, sehingga didapat hasil pengolahan yang maksimal. Steiner dkk., (1993) merekomendasikan ketinggian air sekitar 30 cm. Sel yang dangkal dipercaya memiliki aerasi limbah yang lebih baik dari sel yang dalam. Pengontrolan ketinggian air juga diperlukan untuk menghindari air diam.

Penelitian yang dilakukan Setyowati dan Trihadiningrum (2000) menyimpulkan bahwa kedalaman media tanam yang optimum adalah 6 cm. Chaney dkk., (1997) menyatakan bahwa keadaan tanah yang meliputi permeabilitas, konduktivitas hidrolis sangat berpengaruh pada waktu detensi air limbah. Waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dan air limbah. Tangahu dan Warmadewanthi (2001), melaporkan efisiensi penurunan konsentrasi bahan organik air limbah secara optimum terjadi dengan waktu detensi selama 3 hari.

Hasil penelitian Surface dkk., (1993) menunjukkan bahwa sel yang berisi media campuran pasir dan kerikil, dengan diameter pasir 0,05 cm dan diameter kerikil 0,5-1 cm, paling efektif menurunkan BOD, namun secara berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan substrat, karena adanya lapisan lender anaerobik. Pada sistem lahan basah buatan yang tidak menginginkan perkolasi air, permukaan dasar sistem bisa terdiri dari tanah lempung padat. Sistem ini menjaga agar ketinggian permukaan air tetap pada level yang diinginkan (Martin dkk., 1993).

Konsentrasi bahan organik tersuspended solid dapat dihilangkan dengan proses sedimentasi, sedangkan untuk bahan organik terlarut dihilangkan dengan aktifitas mikroorganisme dan tanaman (Wood, 1993). Nutrien dalam air limbah dimanfaatkan oleh mikroorganisme, sehingga kualitas air limbah meningkat (Gopal, 1999). Sedangkan transformasi nutrient tergantung konsentrasi nutrient di dalam influen, nutrient yang

tersedia dari dalam sistem, sediment, mineral atau bahan organik, dan biota-biota lain (Mitsch dan Gosselink, 1993).

TUMBUHAN AIR PADA LAHAN BASAH

Prinsip dasar pengolahan air limbah secara biologis adalah dalam proses respirasi tanaman hidrofita. Tanaman ini mampu mengisap oksigen dari udara melalui daun, batang, akar dan rizomanya yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran. Kondisi ini memungkinkan aktifitas bakteri pengurai bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar meningkat. Fungsi dari tumbuhan air yang lain adalah menjaga konduktivitas hidrolis dari substrat supaya stabil, dan sumber karbon bagi bakteri.

Berbagai jenis tumbuhan air yang biasa ditanam dalam sistem lahan basah diantaranya seperti, *Phragmites australis*, *Juncus effuses*, *Typha latifolia* dan *Schoeplectus locustris*. Berbagai golongan tumbuhan hidrofita dan helofita tumbuh dengan subur di Indonesia, namun studi pemanfaatannya sebagai pengolah air limbah masih sangat terbatas.

Tabel 2.1. Beberapa Jenis Tumbuhan yang Mengapung, Tenggelam dan Mencuat.

Tumbuhan Mengapung	Tumbuhan Tenggelam	Tumbuhan Mencuat
<i>Lagorosiphon major</i>	<i>Potamogeton spp</i>	<i>Scirpus robustus</i>
<i>Salvinia rotundifolia</i>	<i>Egeria densa</i>	<i>Scirpus lacustris</i>
<i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Schoenoplectus lacustris</i>
<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Phragmites australis</i>
<i>Lemna minor</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>
<i>Eichornia crassipes</i>	Algae	<i>Typha domingensis</i>
<i>Wolffia arrhiza</i>		<i>Typha latifolia</i>
<i>Azolla caroliniana</i>		<i>Canna flaccida</i>
<i>Hydrocotyle umbellata</i>		<i>Iris pseudoacorus</i>
<i>Lemna gibba</i>		<i>Scirpus validus</i>
<i>Ludwigia spp.</i>		<i>Scirpus pungens</i>

Sumber: Guntenspergen et al. (1989), Polprasert (1989) dalam Khiatuddin (2003)

MEDIUM TANAH LAHAN BASAH

Konfigurasi sistem konstruksi lahan basah buatan dapat menggunakan berbagai jenis medium tanah, pasir atau kerikil. Tanah berfungsi sebagai tempat berkembangbiaknya mikroorganisme, terjadinya proses sedimentasi serta berfungsi sebagai medium transformasi kimiawi, tempat penyimpanan bahan-bahan mineral dan nutrient (Hammer, 1992). Mikroorganisme yang diharapkan berkembang pada medium tanah adalah heterotropik aerobik, pengolahan ini berlangsung lebih cepat dibandingkan secara anaerobik (Vymazal, 1999).

PENGOLAHAN SECARA BIOLOGIS

Proses pengolahan air limbah domestik pada sistem konstruksi lahan basah buatan dominan merupakan pengolahan secara biologis. Jenis-jenis mikroba yang berperan, tergolong kedalam bakteri, mikroalge dan protozoa. Selain mikroba tersebut ada juga jasad lain yang ikut aktif walaupun tidak merupakan jasad utama seperti jamur, serangga air dan hewan kecil lainnya.

Suriawiria (1993), mengemukakan kalau kadar organik dari buangan bernilai rendah, maka konsentrasi nutrien akan rendah pula, sehingga mikroalge akan lebih baik tumbuhnya daripada bakteri. Dalam kondisi air masih jernih mikroba belum melakukan aktifitasnya, maka keadaan jasad akan konstan. Apabila ada buangan masuk ke dalamnya bakteri merupakan jasad yang pertama aktif. Dengan bantuan oksigen dan hasil fotosintesa mikroalge atau oksigen terlarut, elemen-elemen anorganik di dalam aliran air sebagai sumber nutrien akan berkurang sehingga mikroalge jumlahnya mulai berkurang.

Apabila kandungan organik di dalam air meningkat dan bakteri mendapatkan sumber nutrien maka jumlah amoniak bertambah. Proses selanjutnya amoniak dioksidasi menjadi nitrat, sehingga akhirnya senyawa organik bersama-sama nitrat, pospat dan sulfat jumlahnya bertambah sehingga jumlah bakteri juga akan bertambah pesat sampai mencapai titik maksimum. Bersama dengan penambahan jumlah bakteri protozoa akan berkembang karena bakteri merupakan sumber makanan protozoa (Mahida, 1984).

Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme atau oleh bakteri memerlukan waktu yang cukup lama, kira-kira 10 hari. Dalam waktu 2 hari mungkin reaksinya telah mencapai 50% dan dalam waktu 5 hari mencapai 75% (Wardhana, 1995).

Berdasarkan hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sistem pengolahan air limbah domestik menggunakan konstruksi lahan basah ini cukup tinggi. Kurnadie (2000) diantaranya, melaporkan sistem lahan basah buatan mempunyai efisiensi penurunan kadar BOD sebesar 90-97%, NH₄-N sebesar 80-96%. COD sebesar 86-97%, total-N sebesar 30-80% dan patogen parasit sebesar 93%.

Teknologi lahan basah, dimasa yang akan datang diarahkan agar potensi lahan kritis atau lahan tidur yang ada, dapat dijadikan unit instalasi pengolah air limbah secara alami, ramah lingkungan, murah, sederhana dan tidak memerlukan keterampilan yang tinggi sehingga dapat dilakukan oleh masyarakat, dengan menyelenggarakan taman kota



pengolah air limbah, mengolah air buangan kompleks pemukiman penduduk baik secara komunal maupun individu. Pengembangan teknologi lahan basah di Indonesia, masih memerlukan serangkaian penelitian lebih lanjut.

KEUNGGULAN DAN KELEMAHAN TEKNOLOGI LAHAN BASAH

Keunggulan teknologi lahan basah dibandingkan dengan fasilitas pembersih air yang berteknologi konvensional adalah (Khatuddin, 2003):

- a. Biaya pembangunan dan operasional relatif lebih murah.
- b. Mudah dioperasikan dan dirawat, sehingga tidak membutuhkan karyawan yang berkeahlian tinggi.
- c. Menyediakan fasilitas pembersih air limbah yang efektif dan dapat diandalkan.
- d. Relatif toleran terhadap berbagai tingkat konsentrasi bahan pencemar sebagai akibat fluktuasi hidrologis dan jumlah bahan pencemar yang memasuki sistem.
- e. Dapat menghilangkan senyawa beracun (termasuk logam berat) yang tidak dapat dibersihkan oleh fasilitas konvensional.
- f. Bahan pencemar di dalam air dapat di daur ulang untuk menjadi biomassa yang bernilai ekonomis.
- g. Cocok dikembangkan di permukiman kecil dimana harga tanah relatif murah dan air limbah berasal dari rumah tangga.
- h. Menyumbangkan keuntungan yang tidak langsung bagi lingkungan seperti kawasan hijau, habitat satwa liar, kawasan rekreasi dan pendidikan.

Namun demikian teknologi lahan basah juga memiliki beberapa kelemahan jika dibandingkan dengan fasilitas pembersih air limbah yang menggunakan teknologi konvensional. Kelemahannya adalah :

- a. Memerlukan areal tanah yang luas untuk dapat menghasilkan air yang relatif bersih.
- b. Kriteria desain dan operasi masih belum jelas

- c. Kompleksitas biologis dan hidrologis, serta masih kurangnya kemampuan memahami proses dinamis yang terjadi dalam pembersihan.
- d. Kemungkinan berjangkitnya penyakit yang mikroba patogen atau vektornya berkembang dalam lingkungan air, seperti malaria, demam berdarah dan sebagainya, serta kemungkinan berpindahnya bahan pencemar ke biomassa yang dikonsumsi manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, A.J.M. 1999. Metal Hyperaccumulator Plants: a Biological Resource for Exploitation in the Phytoextraction of metal-polluted Soil.
- Chaney, R.L.,M. Malik, Y.M.Li, S.L. Brown, E.P.Brewer, J.S. Angle dan A.J.M. Baker. 1997. Phytoremediation of Soil Metals.
- Gearheart, B. 1996. Taman Limbah Kota. *Dalam* Aubrey Wallace (ed.). Langkah-langkah Hijau: Hidup Lembut Bersama Alam. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta. Halaman 67-76.
- Gopal, B. 1999. Natural and Constructed Wetlands for wastewater Treatment: Potentials and Problems.
- Hammer, D.A., dan Bastian, R.K. 1989. Wetlands Ecosystem: Natural Water Purifier?. *Dalam* Hammer, D.A. (ed.) Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Minicipal, Industrial and Agricultural. Lewis Publisher, Michigan. Halaman 5-10.
- Hammer, D.A. 1992. Creating Freshwater Wetlands. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1997. Ringkasan Agenda 21 Indonesia (strategi Nasional untuk Pembangunan Berkelanjutan). Kerjasama United Nations Development Programme, Jakarta.
- Khiatuddin, M. 2003. Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kurnadie, D. 2000. Akar Olah Limbah. Majalah Ozon, Volume 2. Nomor 1, Edisi September. Halaman 66-67.
- Mahida, U.N. 1984. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. Rajawali, Jakarta.
- Mara, D., dan S. Cairncross. 1994. Pemanfaatan Air Limbah dan Ekskreta. Penerbit ITB dan Penerbit Universitas Udayana, Bandung.
- Martin, C.D., Moshiri, G.A., dan Miller, C.C. 1993. Mitigation of Landfill Leachate Incorporating in Series Constructed Wetlands of a Closed-loop Design. *Dalam* Moshiri, G.A. (ed.) Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.



- Metcalf dan Eddy. 1993. Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse. McGraw Hill Comp., London, New York.
- Mitsch dan Gosselink, J.G. 1993. Wetlands. Second Edition. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Nicols, D.S. 1993. Capacity of Natural Wetlands to Remove Nutrients from Wastewater. *Journal Water Pollution. Control Fed.* 55: 495-505.
- Noor, Muhammad. 2007. Rawa lebak; Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya. PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Notohadiprawiro, T. 1987. Ekoteknologi, Suatu Pilihan Arif Untuk Pembangunan Pertanian Indonesia. *Repro: Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada* (2006).
- Olson, G.W. 1981. Soil and Environment. A Guide to soil surveys and Their Application. Chapman and Hall, New York.
- Salikin, Karwan A. 2003. Sistem Pertanian Berkelanjutan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Satrawijaya, A.T. 2000. Pencemaran Lingkungan. Rineka Cipta, Jakarta.
- Setyowati, D. U., dan Y. Trihadiningrum. 2000. Studi Pemanfaatan *Azolla pinnata* untuk Menurunkan COD, N dan P Pada Air Limbah Pabrik Tahu. *Jurnal Kimia Lingkungan*, Volume 1, Nomor 2, Tahun 2000, KSL. FMIPA, Unair, Surabaya.
- Shutes, R.B., Ellis, J.B., Revitt, D.M., dan Zhang, T.T. 1993. The Use of *Thypha latifolia* for Heavy Metal Pollution Control in Urban Wetlands. *Dalam* Moshiri, G.A. (ed.) *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- Soemarwoto, O. 2001. Atur Diri Sendiri. Paradigma Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup. Gadjah Mada University Press.
- Steiner, G.R., Watson, J.T., dan Choate, K.D. 1993. General Design, Construction Guidelines for Small Constructed Wetlands Wastewater treatment System. *Dalam* Moshiri, G.A. (ed.) *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- Surface, J.M., Peverly, J.H., Steenhuis, T.S., dan Sanford, W.E. 1993. Effect of Season, Substrate Composition and Plant Growth on Landfill Leachate Treatment in a Constructed Wetland. *Dalam* Moshiri, G.A. (ed.) *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- Suriawiria, U. 1993. Mikro Biologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Penerbit Alumni, Bandung.
- Surrency, D. 1993. Evaluation of Aquatic Plants for Constructed Wetlands. *Dalam* Moshiri, G.A. (ed.) *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- Tangahu, B.V., dan I.D.A.A., Warmadewanthi. 2001. Treating Domestic Wastewater Using Cattail (*Thypha angustifolia*) in a constructed Wetland System. *Jurnal Purifikasi*. Volume 2, Nomor 3: 127-132.
- Veenstra. 1995. Wastewater Treatment. IHE Delf.



- Vymazal, J. 1999. Removal of BOD5 in Constructed Wetland with Horizontal Sub-surface Flow: Czech experience. *Water Science Technology*, Volume 40, Nomor 3: 133-138.
- Wardhana. W.A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset, Yogyakarta.
- Wood. A. 1993. *Constructed Wetland for Wastewater Treatment Engineering and Design Consideration*. South Africa.
- Zulkarnaen, R., 2008. Pengaruh Enam Jenis Agen Fitoremediasi dan Kombinasinya Terhadap Penurunan Konsentrasi Logam Besi Kualitas Air Sumur. Program Studi Magister Biologi STIH, Bandung.

