

Pengolahan Air Limbah Hotel Dengan Metode *Free Surface Constructed Wetland* Menggunakan Tumbuhan *Equisetum hymale*

Siswanto, Lita Darmayanti, Yohana Lilis Handayani, Mohammad Ridwan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
Kampus Bina Widya, Jl. HR Subrantas KM 12,5 Pekanbaru Kode Pos 28293
Email : siswan_to@yahoo.com

Abstract

Throwing domestic waste water directly to the drainage without treatment had caused the water pollution. The effect of water pollution can disturb the health and water biota. One of simple technology to decrease the pollutant in the water is constructed wetland. This research aims to determine the effectiveness of free surface constructed wetland with bamboo plants in a peat soil water and treat waste water using detention time 1,2,3 and 4 respectively 3 replications. Each detention time and repetition experiences the same treatment in terms of both the type and volume of waste water. The Fluctuations of waste water, rain water and the occupancy rate in this study were not taken into account. The quality parameter of water that was tested are pH, COD, TSS. Statistic calculation that was used in this research is one way Anova (Analysis of variance). The result of the research showed that the constructed wetland with peat and water bamboo (*Equisetum hymale*) resulted the highest efficiency in decreasing pH from 8.5 to 6 or 29.41% , COD from 97.7 mg/l to 43 mg/l or 55.98% , and TSS from 447.90 mg/l to 66.00 mg/l or 85.26%. Constructed wetland with the media of peat and without using the plant resulted the highest efficiency in decreasing pH from 8.5 to 6.5 or 23.53% , COD from 250 mg/l to 173 mg/l or 30.8% , and TSS from 447.90 to 79.20 mg/l or 82.32% All result showed that constructed wetland can improve the quality of the waste water.

Key words: bamboo plant, COD, constructed wetland, peat, waste water

1. Pendahuluan

Kota-kota besar di Indonesia pada umumnya sedang mengalami pertumbuhan di segala bidang, terutama dari segi ekonomi, pengembangan dan perluasan kota. Salah satu bisnis yang berkembang pesat di kota besar adalah bisnis perhotelan. Namun hal ini menimbulkan permasalahan lingkungan di setiap kota dimana hotel-hotel tertentu membuang air limbah yang kualitas maupun kuantitasnya berdampak pada penurunan kualitas lingkungan perkotaan dan menurunnya kesejahteraan masyarakat kota.

Limbah erat kaitannya dengan pencemaran, karena limbah inilah yang menjadi substansi pencemaran lingkungan. Beberapa komposisi senyawa dalam air limbah kawasan komersial antara lain uap air, zat organik, pestisida, fenol, alidrin, nitrogen, fosfor, kalsium, seng, kadmium, sulfat, sulfida, amoniak, besi, tembaga dan senyawa kimia toksik lainnya (Duncan dalam Sugiharto, 1987).

Limbah yang terakumulasi akan menyebabkan kemampuan pemulihan alamiah (*self-purification*) badan air terlampaui sehingga terjadilah peristiwa eutrofikasi. Eutrofikasi menyebabkan kandungan oksigen terlarut dalam air berkurang sehingga membahayakan makhluk hidup yang ada di badan air tersebut.

Salah satu sistem pengolah air limbah *on-site* yang sudah terbukti cukup berhasil, baik di negara maju maupun berkembang adalah sistem rawa buatan atau yang dikenal dengan *constructed wetland*. *Wetland* adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent* misalnya *cattail*, *bulrush*, *umbrella plant* dan *canna* (Metcalf and Eddy, 1991).

Pada penelitian *free surface constructed wetland (FSC-Wetland)* ini, digunakan tanaman bambu air. Tanaman bambu air memiliki batang dengan kandungan silikat yang tinggi, yang berguna mengikat partikel logam yang terserap oleh akar tanaman. Tanaman bambu air pada *FSC-Wetland* mempunyai peran dalam menyediakan lingkungan yang cocok bagi mikroba pengurai untuk menempel dan

tumbuh. Tanaman ini digunakan sebagai alternatif media penelitian karena banyak dijumpai dan dibudidayakan di pekarangan rumah. Jenis tanaman ini mempunyai daya tahan yang cukup kuat dalam kondisi terendam maupun kering dan tidak mudah mati karena mempunyai akar serabut berbentuk liku-liku yang sangat lebat sehingga penyerapan terhadap bahan pencemar sebagai unsur hara yang dibutuhkan relatif lebih besar.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah untuk penelitian tugas akhir ini adalah seberapa besar kemampuan *free surface constructed wetland* dengan menggunakan tumbuhan bambu air (*Equisetum hyemale*) dan media tanam berupa tanah gambut dalam mengolah air limbah kawasan komersial.

2. Bahan dan Metode

Alat yang paling utama dalam penelitian ini adalah *constructed wetland*.

2.1. Constructed wetland

Reaktor *constructed wetland* 1 unit terbuat dari kaca dan berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 90 cm, lebar 50 cm, tinggi 50. Untuk mengalirkan air dari *constructed wetland* ke penampungan air yang dikontrol dengan kran air. Untuk mengukur tinggi media dan ketinggian air di dalam reaktor digunakan meteran dan penggaris. Dan untuk dokumentasi selama percobaan digunakan kamera.

2.2. Indikator universal

Indikator universal merupakan campuran dari bermacam-macam indikator yang tiap kotak dilengkapi dengan peta warna. Sehelai indikator dicelupkan ke dalam larutan yang akan diukur pH-nya. Kemudian dibandingkan dengan peta warna yang tersedia.

Parameter yang akan diuji adalah kadar pH, COD dan TSS sebelum air dimasukkan ke reaktor dan setelah keluar dari reaktor.

Metode pelaksanaan diawali dengan Membuat *constructed wetland* dari bahan kaca dengan panjang 90 cm, lebar 50 cm dan tinggi 50 cm. Menyiapkan media-media seperti tanah gambut, kerikil dan air limbah kawasan komersial dan bambu air. Reaktor diisi dengan media tanah gambut 35 cm. Reaktor ini ditanami tanaman bambu air berjarak cukup rapat. Penyebaran tanaman bambu air dalam reaktor harus merata, untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif untuk semua areal permukaan reaktor. Kemudian dialirkan air limbah sampai ketinggian 45 cm dengan *free board* 5 cm.

Pemeliharaan tanaman ini dilakukan sekitar 40 hari. Pada masa aklimatisasi ini, perkembangan tanaman dikontrol terus agar tanaman bambu air tetap tumbuh dengan baik. Pada minggu terakhir proses aklimatisasi secara perlahan-lahan dimasukkan air limbah kawasan komersial 10-15 liter, agar tanaman dapat lebih menyesuaikan dengan kondisi air limbah. Sampel limbah kemudian didiamkan selama 1 hari didalam reaktor kemudian dikeluarkan pelan-pelan dan ditampung menggunakan ember. Selanjutnya air tersebut diuji pH, kadar COD dan

kada TSS nya hasil uji sebelum dan sesudah dibandingkan. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali

3. Hasil dan Pembahasan

Nilai pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Nilai pH didefinisikan sebagai logaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut dan nilai pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Analisis pH pada penelitian ini dilakukan dengan waktu detensi yang bervariasi yaitu dimulai dengan waktu detensi 1, 2, 3 dan 4 hari, setiap waktu detensi dilakukan ulangan sebanyak 3 kali, dengan menggunakan alat indikator universal. Sampel air limbah yang diukur pH-nya yaitu *inlet* (air limbah kawasan komersial dari salah satu hotel berbintang di Pekanbaru) dan *outlet* (air limbah setelah melewati *constructed wetland*).

3.1. Analisis pH

Hasil analisis pH pada waktu detensi 1 hari dengan 3 kali masa *ulangan* serta persentase penurunan pH air limbah kawasan komersial setelah melalui *constructed wetland* menggunakan tanaman dan tanpa tanaman dengan waktu detensi 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 4 hari dapat dilihat pada Tabel 1 s/d tabel 4 berikut.

Tabel 1. Penurunan nilai pH pada waktu detensi 1 hari

Ulang	pH dengan tanaman		eff. (%)	pH tanpa tanaman		eff. %
	In	Out		In	Out	
1	8	6,5	18,75	8,50	6,50	23,53
2	8,5	6,5	23,53			
3	8	6	25,00			

Sumber: Hasil Penelitian, 2013

Tabel 2. Penurunan nilai pH pada waktu detensi 2 hari

Ulang	pH dengan tanaman		eff. (%)	pH tanpa tanaman		eff. (%)
	In	Out		In	Out	
1	8	6	25,00	8,00	6,5	18,75
2	8,5	6,5	18,75			
3	8	6,5	23,53			

Sumber: Hasil Penelitian, 2013

Tabel 3. Penurunan nilai pH pada waktu detensi 3 hari

Ulang	pH dengan tanaman		eff. (%)	pH tanpa tanaman		eff. (%)
	In	Out		In	Out	
1	8	6	25,00	8,00	6,0	18,75
2	8,5	6	25,00			
3	8	6,5	23,53			

Sumber: Hasil Penelitian, 2013

Tabel 4. Penurunan nilai pH pada waktu detensi 4 hari

Ulang	pH dengan tanaman		eff. (%)	pH tanpa tanaman		eff. %
	In	Out		In	Out	
1	8	6	25,00	8,50	6,5	23,53
2	8,5	6,5	23,53			
3	8,5	6	29,41			

Sumber: Hasil Penelitian, 2013

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai pH pada *outlet* memenuhi standar nilai pH yang telah ditetapkan oleh Kepmen LH no 52 tahun 1995 yaitu 6-9. Dengan efisiensi penurunan antara 18,75% s/d 23,53% untuk berbagai variasi waktu detensi. Penurunan nilai pH air limbah kawasan komersial pada reaktor *wetland* yang menggunakan tanaman lebih efisien daripada reaktor *wetland* tanpa tanaman. Hal ini terjadi karena pengaruh aktivitas akar, proses metabolisme biokimia dalam tanaman dan juga aktivitas mikroorganisme yang tumbuh di sekitar akar tanaman.

3.2. Analisis COD

Pada penelitian ini, kadar COD diukur setiap masa *ulangan*. Pengukuran kadar COD air limbah dilakukan di Laboratorium Unit Pelaksana Teknis Pengujian (UPT) Kesehatan dan Lingkungan Dinas Kesehatan Provinsi Riau. Hasil analisis COD pada waktu detensi 1 hari dengan 3 kali masa *ulangan* serta persentase penurunan pH air limbah kawasan komersial setelah melalui *constructed wetland* menggunakan tanaman dan tanpa tanaman dengan masa detensi 1,2,3 dan 4 hari dapat dilihat pada Tabel 5 s/d Tabel 8.

Tabel 5. Penurunan nilai COD pada waktu detensi 1 hari

Ulang	COD dengan tanaman		eff. (%)	COD tanpa tanaman		eff. (%)
	In	Out		In	Out	
1	104	92	11,5	287	257	10,45
2	287	245	14,6			
3	99	83	16,2			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Tabel 6. Penurunan nilai COD pada waktu detensi 2 hari

Ulang	COD dengan tanaman		eff (%)	COD tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	100	79	21,0	287	257	10,45
2	117	89	29,3			
3	211	156	26,1			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Tabel 7. Penurunan nilai COD pada waktu detensi 3 hari

Ulang	COD dengan tanaman		eff (%)	COD tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	174	119	31,6	135	101	25,19
2	135	82	39,3			
3	194	107	44,9			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Tabel 8. Penurunan nilai COD pada waktu detensi 4 hari

Ulang	COD dengan tanaman		eff (%)	COD tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	214	110	48,6	250	173	30,80
2	250	123	50,8			
3	97,7	43	56,0			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Berdasarkan Tabel 5 s/d 8 di atas, terlihat bahwa COD air limbah pada *inlet* setelah melewati *constructed wetland*, COD air limbah penurunan. Semakin lama waktu detensi semakin besar penurunan yang terjadi dengan efisiensi 10,45 % s/d 30,80 %

3.3. Analisis TSS

Kandungan maksimum TSS yang ditoleransikan dalam air limbah adalah 50 mg/l (Kepmen LH no 52 Tahun 1995 tentang baku mutu air limbah hotel). Pengukuran TSS dilakukan pada waktu detensi yang bervariasi, mulai dari waktu detensi 1, 2, 3 dan 4 hari, dengan masa *ulangan* 1 kali. Analisis TSS pada masa *ulangan* penelitian ini, serta persentase penurunan TSS air limbah setelah melalui *constructed wetland* menggunakan tanaman dan tanpa tanaman dapat dilihat pada Tabel 8 s/d Tabel 12 berikut.

Tabel 9. Penurunan nilai TSS pada waktu detensi 1 hari

Ulang	TSS dengan tanaman		eff (%)	TSS tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	125,4	39,67	68,37	237	88,70	62,57
2	237	80,63	65,98			
3	141,3	47,8	66,17			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Tabel 10. Penurunan nilai TSS pada waktu detensi 2 hari

Ulang	TSS dengan tanaman		eff (%)	TSS tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	112,5	39	65,33	139,80	54,90	60,73
2	139,8	38,2	72,68			
3	150,3	48,3	67,86			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Tabel 11. Penurunan nilai TSS pada waktu detensi 3 hari

Ulang	TSS dengan tanaman		eff (%)	TSS tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	244,4	65,3	73,28	376,1	111,9	70,25
2	376,1	82,7	78,01			
3	463,2	111,7	75,89			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Tabel 12. Penurunan nilai TSS pada waktu detensi 4 hari

Ulang	TSS dengan tanaman		eff (%)	TSS tanpa tanaman		eff (%)
	In	Out		In	Out	
1	394,5	67,3	82,94	447,90	79,20	82,32
2	447,9	66	85,26			
3	380,8	58,2	84,72			

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa penurunan nilai TSS pada outlet semakin meningkat seiring semakin lamanya waktu detensi yang ditetapkan. Tingkat efisiensi penurunan nilai TSS berkisar antara 68,37 s/d 85,26 %.

3.4. Analisis Varian

Analisis Varian Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Kualitas pH

Analisis varian dilakukan untuk mengetahui apakah variasi masa detensi dan jumlah *ulangan* mempengaruhi kualitas pH dan memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan pada kualitas air *outlet*. Dari hasil penelitian dan perhitungan didapatkan nilai rata-rata *outlet* untuk setiap variasi media. Untuk menentukan apakah kedua variasi media tersebut memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan pada kualitas pH *outlet* air limbah, digunakan analisis varian satu arah. Nilai α yang digunakan adalah 0,05 (5%). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13. Analisis varian pengaruh variasi media terhadap kualitas pH

Sumber variasi	Dk	JK	KT	F-hit	F-tab
Rata-rata	1	6817,763	6817,763	1,1479	4,07
Antar kelompok	3	27,0793	9,023453		
Dalam kelompok	8	62,88293	7,860367		
Total	12	6907,717	6834,4		

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa F hitung lebih kecil daripada F tabel, yang menunjukkan bahwa hipotesis yang mengatakan rata-rata pengaruh kedua variasi tersebut sama, dapat diterima. Artinya variasi kedua reaktor tersebut memberikan nilai pH rata-rata yang sama secara signifikan.

Analisis Varian Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Kualitas COD

Dari hasil penelitian dan perhitungan didapatkan nilai rata-rata *outlet* untuk setiap variasi, untuk menentukan apakah kedua variasi media tersebut memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan pada kualitas COD *outlet* air limbah, digunakan analisis varian satu arah. Nilai α yang digunakan adalah 0,05 (5%). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Hasil perhitungan anova untuk kualitas COD

Sumber variasi	Dk	JK	KT	F-hit	F-tab
Rata-rata	1	12313,61	12313,61	46,8055	4,07
Antar kelompok	3	2472,243	824,0811		
Dalam kelompok	8	140,852	17,6065		
Total	12	14926,71	13155,2976		

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa F hitung lebih besar daripada F tabel, yang menunjukkan bahwa hipotesis yang mengatakan rata-rata pengaruh variasi tersebut sama, tidak dapat diterima. Artinya variasi waktu detensi reaktor tersebut memberikan nilai COD rata-rata yang berbeda secara signifikan.

Analisis Varian Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Kualitas TSS

Analisis varian dilakukan untuk mengetahui apakah variasi menggunakan tanaman dan tanpa tanaman mempengaruhi kualitas TSS dan memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan pada kualitas *outlet* air. Dari hasil penelitian dan perhitungan didapatkan nilai rata-rata *outlet* untuk setiap variasi, untuk menentukan apakah kedua variasi media tersebut memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan pada kualitas pH *outlet* air limbah, digunakan analisis varian satu arah. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 15 berikut.

Tabel 15. Hasil perhitungan anova untuk kualitas TSS

Sumber variasi	Dk	JK	KT	F-hit	F-tab
Rata-rata	1	6556 8,52	655 68,52	29, 512	4,07
Antar kelompok	3	562, 3607	187, 3607		
Dalam kelompok	8	50,8 146	6,35 1825		
Total	12	661 81,9	657 62,32		

Sumber: Hasil penelitian, 2013

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa F hitung lebih besar daripada F tabel, yang menunjukkan bahwa hipotesis yang mengatakan rata-rata pengaruh kedua variasi tersebut sama, tidak dapat diterima. Artinya variasi kedua reaktor tersebut memberikan nilai TSS rata-rata yang berbeda secara signifikan, dengan kata lain, variasi kedua media tersebut memberikan pengaruh yang signifikan pada penurunan nilai TSS pada air limbah

4. Kesimpulan

Constructed wetland dengan media tanah gambut dan tanaman bambu air dapat mengolah air limbah kawasan komersial dengan baik. Efisiensi tertinggi dari 3 ulangan yang dilakukan dalam menurunkan nilai COD dari 97,7 mg/l menjadi 43 mg/l atau 55,98%, menurunkan nilai TSS dari 447,90 mg/l menjadi 66,00 mg/l atau 85,26% dan menurunkan pH dari 8,5 menjadi 6 atau 29,41%.

Penurunan nilai COD, TSS dan pH air limbah komersial pada reaktor *wetland* yang menggunakan tipe *SSF-Wetland* lebih efisien daripada tipe *FSC-Wetland*. Hal ini terjadi karena air limbah mengalami kontak yang lebih luas dengan tanah gambut dan akar tanaman sehingga mikro-organisme dan akar tanaman mampu melakukan proses pengolahan limbah lebih efektif dan efisien.

Secara keseluruhan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu detensi 4 harian merupakan waktu tinggal terbaik dari ke empat waktu detensi yang digunakan baik media tanah gambut dengan atau tanpa tanaman.

Daftar Pustaka

- Biddlestone, A. J., Gray, K. R. dan Thurairajan, K. (1991). *A botanical approach to the treatment of wastewaters. J. Biotechnol.* 17(3), 209-220.
- Boyd, C.E. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture.* Alabama agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 482 p.
- Crites, R. and Tchobanoglous, G. 1998. *Small and Decentralized Wastewater Management System.* The McGraw-Hill Companies. United States.
- Dasuki, Ahmad Undang. 1991. *Sistematik Tumbuhan Tinggi.* Bandung: ITB
- De Santo, R.S. 1978. *Concepts of applied ecology.* Heidelberg Science Library. Springer-Verlag, New York. 320 p.

Erina dan Wiyono. 2012. *Domestic Wastewater Treatment using Constructed Wetland as a Development Strategy of Sustainable Residential.* Surabaya:

Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

Haberl, H., M. Wackernagel, F. Krausmann, Erb. K-H, C. Monfreda. 2004. *Ecological footprints and human appropriation of net primary production: a comparison.* Land Use Policy 21:279–288

Halverson, Nancy V. 2004. *Review of Constructed Subsurface Flow vs. Surface Flow Wetlands.* United State : Westinghouse Savannah River Company Savannah River Site.

Hidayah, Amaliyah Nurul. 2010. *Penyisihan Polutan Greywater Dengan Free Water Surface Constructed Wetland.* Prodi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. Available at : <http://digilib.its.ac.id/penyisihan-polutan-greywater-dengan-free-water-surface-constructed-wetland-10105.html> (Diakses tanggal 24 Februari 2013)

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112. 2003. *Baku Mutu Air Limbah Domestik.* Indonesia: Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse.* United State: McGraw-Hill Comp.

Novotny, V. and Olem, H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution.* New York: Van Nostrans Reinhold.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun. 2001. *Pengelolaan Kualitas Airdan Pengendalian Pencemaran Air.* Indonesia : Presiden Republik Indonesia. Available at : <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=peraturan%20pemerintah%20ori%20no%2082%20tahun%202001> (Diakses pada tanggal 27 Februari 2013)

Purwati, Surachman. 2006. *Potensi dan Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas dengan Sistem Lahan Basah.* Bandung: Balai Besar Pulp dan Kertas.

Reed, S. C. (1993). *Subsurface Flow Constructed Wetland For Wastewater Treatment And Technology Assesmen,* US Environmental Protection Agency, New Orleans.

Reed, S. C., Middlebooks, E.J. dan Crites, R.W. (1987). *Natural Systems for Waste Mangement and Treatment.* McGraw-Hill Book Co. New York.

Soeprijanto dan Liu, J.C. (2007). *Performance of constructed wetland systems for nitrogen removal.* Industri: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, 6(3), 230-238.

- Soeprijanto dan Karnaningroem. (2007). *Perencanaan Penerapan Constructed Wetland Untuk Pegolahan Efluen Tanki Septik*. Tesis Magister Ilmu Lingkungan. Surabaya: Universitas Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sudjana. 1996. *Metode Statistika*. Bandung: Penerbit Tarsito.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius Dalam sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan*. Tesis Magister Ilmu Lingkungan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Suriawiria, U. 1993. *Mikrobiologi Air*. Cetakan pertama. Edisi Kedua. Bandung: Alumni.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi. 2000. *Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha latifolia) dalam Sistem Constructed Wetland*. Jurnal Purifikasi volume 3. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Veenstra. 1995. *Wastewater Treatment International Institute for Infrastructural Hydraulic and Environmental Engineering (IHE)*, Delf, Netherland.
- Vymazal, J, 2009. "The Use Constructed Wetlands with Horizontal Subsurface Flow for Various Types of Wastewater". *EcologicalEngineering*, 35:1-17.
- Wijayanti. 2004. *Uji Tumbuhan Cyperus papyrus dan Heliconia rostrata dalam Mereduksi COD dan TSS pada Limbah Laboratorium Teknik Lingkungan ITS Surabaya dengan Sistem Constructed Wetland*. Tugas Akhir. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh November
- Wood, A. 1990. *Constructed Wetland for wastewater Treatment Engineering and design Consideration*. Cooper, P.F. and Findlater, B.C (eds). Pergamon press.