SUBSURFACE (SSF) CONSTRUCTED WETLAND UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH LAUNDRY

Rhenny Ratnawati¹⁾ dan Aprilia Talarima¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan; Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Email: ratnawati@unipasby.ac.id

Abstrak

Air limbah laundry mengandung kadar amonium (NH_3), fosfor (PO_4), dan deterjen yang tinggi. Constructed wetland atau sistem rawa buatan merupakan salah satu alternatif teknologi yang sederhana, mempunyai biaya operasional dan pemeliharaan yang relatif murah untuk mengolah air limbah laundry. Berbagai jenis tumbuhan dapat tumbuh dalam sistem SSF constructed wetland. Penelitian ini bertujuan: 1) mengkaji kadar NH_3 dan PO_4 pada limbah laundry dengan SSF constructed wetland, 2) mengkaji kemampuan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam penurunan kadar NH_3 dan PO_4 . Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem kontinyu. Variasi jenis tumbuhan yang digunakan adalah melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Air limbah laundry diambil dari salah satu usaha industri laundry skala rumah tangga di daerah Sidoarjo. Parameter yang diukur adalah nilai suhu, pH, kadar NH_3 , dan PO_4 . Tumbuhan yang akan digunakan pada penelitian memiliki kondisi awal dengan umur dan tinggi yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan kadar NH_3 adalah sebesar 70-82%, sedangkan penurunan kadar PO_4 mencapai 83-88%. Jenis tumbuhan yang paling efektif dalam menurunkan kadar NH_3 dan PO_4 pada air limbah laundry dengan menggunakan SSF constructed wetland adalah tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*).

Kata kunci: Air limbah laundry, Amonia (NH_3), Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), Melati air (*Echinodorus palaefolius*), Fosfor (PO_4), Subsurface constructed wetland.

Abstract

Laundry waste contains high ammonium (NH_3), phosphor (PO_4), and detergent. Constructed wetland is considered a simplest alternative technology, low operational and maintenance costs for processing the laundry waste. Different types of plants can grow in a constructed wetland system. The aims of this study are: 1) to investigate NH_3 and PO_4 levels in laundry waste with SSF constructed wetland, 2) to investigate the ability of *Echinodorus palaefolius* and *Pistia stratiotes* L. in decreasing levels of NH_3 and PO_4 . The study was conducted on a laboratory scale with a continuous system. Variations of plant species used are *Echinodorus palaefolius* and *Pistia stratiotes* L.. Laundry waste water is taken from one household-scale laundry business in Sidoarjo. The measured parameters were temperature, pH, NH_3 , and PO_4 . Plants to be used in the study have the initial conditions with the same age and height. The results showed that the efficiency of NH_3 decreased by 70-82%, while the decrease of PO_4 level reached 83-88%. The most effective plant species in reducing levels of NH_3 and PO_4 in laundry wastewater using SSF constructed wetland is *Echinodorus palaefolius*.

Keywords: Ammonia (NH_3), Constructed wetland, *Echinodorus palaefolius*, Laundry waste, *Pistia stratiotes* L., Phosphor (PO_4)

PENDAHULUAN

Industri *laundry* merupakan salah satu industri skala rumah tangga yang saat ini sedang berkembang dengan pesat. Pertumbuhan jasa *laundry* yang semakin naik ini tidak diiringi dengan pengolahan air limbah *laundry* yang baik. Air limbah *laundry* biasanya langsung dibuang begitu saja ke badan air penerima tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Air sisa proses kegiatan mencuci sendiri mengandung kadar amonium (NH_3), fosfat (PO_4), dan deterjen yang tinggi (Hardyanti dan Rahayu, 2007). Selain itu, terdapat pula berbagai macam organisme pada air limbah *laundry*, seperti bakteri, jamur, dan organisme air sejenisnya (Sperling, 2007). Kandungan nutrisi (N dan P) yang tinggi pada air limbah *laundry* inilah yang menyebabkan terjadinya eutrofikasi pada badan air penerima (Stefhany dkk., 2013). Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi pengolahan air limbah *laundry* yang mampu mengatasi permasalahan tersebut.

Constructed wetland atau sistem rawa buatan merupakan salah satu alternatif teknologi yang sederhana, mempunyai biaya operasional dan pemeliharaan yang relatif murah untuk mengolah air limbah *laundry* (Hermawati dkk., 2005; Hardyanti dan Rahayu, 2007; Stefhany dkk., 2013; Padmaningrum dkk., 2014; Putri dkk., 2016). *Constructed wetland* adalah sistem pengolahan terkontrol yang telah didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan tumbuhan, tanah, dan mikroorganisme yang saling berinteraksi untuk pengolahan air limbah (Zhang, 2012; Hall, 2013). Pada prinsipnya sistem ini memanfaatkan hubungan simbiosis antara aktifitas mikroorganisme yang menempel pada akar tumbuhan air dalam menguraikan zat pencemar, dimana akar tumbuhan menghasilkan oksigen sehingga tercipta kondisi aerobik yang mendukung penguraian tersebut. Pada akhirnya di dalam *constructed wetland* tersebut terjadi siklus biogeokimia dan rantai makanan, sehingga sistem ini merupakan sistem berkelanjutan (Meutia, 2001).

Penggunaan sistem *subsurface (SSF) constructed wetland* dapat digunakan karena pada sistem ini air tidak menggenang di atas media tanam, tetapi mengalir di bawah media sehingga memiliki berbagai keuntungan. Salah satu keuntungannya adalah tumbuhan yang dapat beradaptasi lebih bervariasi, sehingga dapat digunakan sebagai taman dengan estetika yang baik (Suswati dan Wibisono, 2013).

Berbagai jenis tumbuhan dapat tumbuh dalam sistem *SSF constructed wetland*. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), melati air (*Echinodorus palaefolius*), genjer (*Limncharis flava* L.), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kana (*Thypha angustifolia*), rumput payung (*Cyperus Alternifolius*), teratai (*Nyphaea firecrest*) dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah (Hermawati dkk., 2005; Hardyanti dan Rahayu, 2007; Sutrisno, 2009; Stefhany dkk., 2013; Padmaningrum dkk., 2014; Putri dkk., 2016; Setiyanto, dkk., 2016; Hariyanti, 2016).

Tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dapat digunakan sebagai alternatif tumbuhan akuatik untuk ditanam pada *SSF constructed wetland* untuk pengolahan air limbah *laundry*. Tumbuhan ini relatif dapat beradaptasi terhadap kelembaban media tanam yang cukup tinggi. Selain itu, kedua tumbuhan tersebut juga relatif mudah ditemukan dan dikembangkan. Tumbuhan ini termasuk tumbuhan hias yang memiliki nilai estetika yang baik. Baik tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) maupun kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan jenis tumbuhan yang rentan terhadap adanya pencemar. Penelitian yang dilakukan oleh Padmaningrum dkk. (2014) menyimpulkan bahwa tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) mampu menurunkan kandungan fosfat pada air limbah *laundry* sebesar 77,73%, sedangkan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) mampu menurunkan kandungan fosfat pada air limbah *laundry* sebesar 41,90% (Hermawati dkk., 2005). Penelitian ini bertujuan: 1) Mengkaji kadar NH_3 dan PO_4 pada limbah *laundry* dengan *SSF constructed wetland*, 2) Mengkaji kemampuan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam penurunan kadar NH_3 dan PO_4 .

METODE

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem kontinyu. Variasi jenis tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Air limbah *laundry* diambil dari salah satu usaha industri *laundry* skala rumah tangga *Bee Clean Laundry* yang beralamat di Perumahan Griyo Mapan Sentosa Blok BH 20, Sidoarjo. Parameter utama yang diukur adalah penurunan kadar NH_3 dan

PO₄. Tahapan penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Persiapan Alat dan Bahan

Perencanaan debit air limbah laundry yang akan masuk ke dalam reaktor 1,7 L/menit dengan aliran kontinyu. Desain reaktor memiliki ukuran p x l x t adalah (73 x 20 x 35) cm. SSF *constructed wetland* menggunakan aliran *horizontal* atau beraliran bawah permukaan pada tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dan *Pistia stratiotes* L. dengan media berpori yaitu pasir dan zeolit berdiameter 6-10 mm. Tumbuhan yang akan digunakan pada penelitian memiliki kondisi awal dengan umur dan tinggi yang sama.

b. Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan agar tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dan *Pistia stratiotes* L. dapat beradaptasi dengan media tanam yang nantinya akan menjadi media tumbuh selanjutnya. Proses aklimatisasi ini dilakukan selama 7 hari dengan media pasir dan zeolit tanpa pencemar dan menggunakan air PDAM. Pemilihan tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dan *Pistia stratiotes* L. yang digunakan untuk penelitian utama mempunyai karakteristik tumbuh subur dan tidak mengalami kematian.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Air Limbah Laundry

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Hasil Uji
1.	Nilai suhu	(⁰ C)	-	30
2.	Nilai pH	-	6-9	7
3.	Kadar NH ₃	mg/L	-	14,4
4.	Kadar PO ₄	mg/L	10	12,88

*Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Nilai Suhu dan pH

Nilai suhu pada semua reaktor selama penelitian berada dalam kisaran suhu optimum pertumbuhan mikroorganisme. Nilai suhu baik pada reaktor dengan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) maupun kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) berlangsung berada dalam kisaran suhu mesofilik dengan nilai 27,00-36,00°C. Nilai ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ratnawati dkk. (2011) yang menyatakan bahwa kondisi suhu mesofilik merupakan suhu yang sesuai untuk proses biodegradasi.

Nilai pH pada semua reaktor selama penelitian berlangsung termasuk dalam kondisi netral untuk semua reaktor selama penelitian berlangsung dengan kisaran nilai adalah 6-8. Ratnawati dkk. (2016) menyimpulkan bahwa nilai pH netral dengan nilai 6-8 merupakan nilai

c. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air limbah laundry pada setiap reaktor SSF *constructed wetland* yang berisi media pasir dan zeolit. Penelitian utama dilakukan selama 7 hari, dengan pengambilan sampel dilakukan secara duplo. Parameter yang diukur adalah nilai suhu, pH, kadar NH₃, dan PO₄. Metode analisis untuk menguji nilai suhu adalah dengan termometer, pH dengan menggunakan pH meter. Kadar NH₃, dan PO₄ diuji dengan metode spektrofotometri (Eaton dkk., 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Limbah Laundry

Hasil karakteristik awal air limbah laundry disajikan pada **Tabel 1**. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa nilai kadar NH₃ dan PO₄ air limbah laundry berturut-turut adalah 14,4 mg/L dan 12,88 mg/L. Kadar NH₃ dan PO₄ ini melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013/.

yang optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Penurunan Kadar NH₃

Hasil analisis kadar NH₃ dengan *constructed wetland* baik menggunakan tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dan *Pistia stratiotes* L. disajikan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Dapat diamati pada **Gambar 1**, bahwa baik pada reaktor dengan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) maupun kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) mengalami penurunan kadar NH₃ dari awal sampai dengan akhir penelitian. Kadar NH₃ awal adalah 14,4 mg/L. Kadar NH₃ akhir pada reaktor dengan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) maupun kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) berturut-turut adalah 3,18 mg/L dan 4,39%.

Efisiensi penurunan kadar NH₃ pada reaktor tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) mencapai 82%, sedangkan pada

reaktor tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) adalah 70% (**Gambar 2**). Pada proses secara biologis kadar NH_3 awal tersedia dalam jumlah yang besar dan akan berangsur-angsur menurun sampai menjadi senyawa nitrat yang lebih stabil (Al Kholif dan Ratnawati, 2016). Penurunan kadar NH_3 pada air limbah laundry ini disebabkan karena adanya volatilisasi kadar

NH_3 , amonifikasi, imobilisasi sebagai senyawa nitrogen oleh mikroorganisme dan akar tumbuhan, serta konversi menjadi nitrat. Bakteri *Nitrosomonas* melakukan proses nitrifikasi dengan mengoksidasi amonium menjadi nitrit dan *Nitrobacter* akan mengubahnya menjadi nitrat (Rini dkk., 2015).

Gambar 1. Penurunan Kadar NH_3

Tumbuhan dan/ atau kombinasinya dengan mikroorganisme yang ada pada air limbah laundry akan melakukan imobilisasi dan pengambilan kadar NH_3 . *SSF constructed wetland* memanfaatkan hubungan sinergis yang terjadi secara alami antara tumbuhan, mikroorganisme, dan lingkungan. Akar tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zone akar. Akar tumbuhan selanjutnya akan mengadsorpsi larutan polutan

Gambar 2. Efisiensi Penurunan Kadar NH_3 sekitar akar ke dalam akar dan menranslokasi ke dalam organ tumbuhan seperti daun atau batang.

Penurunan Kadar PO_4

Hasil analisis kadar PO_4 dengan *constructed wetland* baik menggunakan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) disajikan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Kadar PO_4 mengalami penurunan dari awal sampai dengan akhir penelitian (**Gambar 3**). Kadar PO_4 akhir pada reaktor menggunakan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) berturut-turut adalah 0,35 mg/L dan 0,48 mg/L.

Gambar 3. Penurunan Kadar PO_4

Gambar 4. Efisiensi Penurunan Kadar PO_4

Efisiensi penurunan kadar PO_4 pada reaktor dengan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) masing-masing adalah 88% dan 83%. Dalam air limbah, kadar PO_4 umumnya dalam bentuk terlarut tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme. Kadar PO_4 organik dapat terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui biologis karena baik bakteri maupun tumbuhan menyerap kadar PO_4 dari untuk keperluan pertumbuhannya. Dalam reaktor sistem SSF *constructed wetland* ini melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), kadar PO_4 sudah terurai menjadi molekul yang lebih sederhana yaitu ortofosfat. Sehingga dapat digunakan oleh tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan mikroorganisme untuk pertumbuhan sendiri. Artiyani (2011) menyimpulkan bahwa kadar PO_4 merupakan salah satu nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman dan selain itu pada fase awal nutrisi sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme pada akar tumbuhan sehingga penurunan kadar kadar PO_4 dalam sampel air deterjen pada 10 hari awal sangat nyata

Penurunan kadar fosfat selama proses pengolahan juga dapat disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme rizosfer pada akar tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) yang merombak senyawa ortofosfat yang merupakan builder pada deterjen menghasilkan senyawa fosfat sederhana yang selanjutnya akan diserap oleh akar tumbuhan sebagai nutrisi bagi tumbuhan melakukan fotosintesis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi penurunan kadar NH_3 air limbah laundry menggunakan SSF *constructed wetland* adalah sebesar 70-82%, sedangkan penurunan kadar PO_4 mencapai 83-88%. Jenis tumbuhan yang paling efektif dalam menurunkan kadar NH_3 dan PO_4 dengan menggunakan SSF *constructed wetland* adalah tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana (UNIPA) Surabaya sebagai tempat penelitian dan analisis sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M. dan Ratnawati, R., (2016), "Removal Ammonia (NH_3) in Industrial Chicken Slaughterhouse by Anaerobic Biofilter", *Prosiding Seminar Internasional the 1st Seminar on Environment and Health Toward SDG's Achievement 2030 Integration System on Environment and Health Sustainability*, hal. 171-179, Surabaya.
- Artiyani, A., (2011), "Penurunan Kadar N-Total dan P-Total pada Limbah Cair Tahu dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch dan Kontinyu Menggunakan Tanaman *Hydrilla verticillata*", Jurnal Spectra, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional, Malang
- Eaton, Andrew, D., Clesceri, Lenore, S., dan Greenberg, Arnold, E., (2005), :Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, American Public Health Association, Washington.
- Hall, GB., (2013), "Subsurface Wastewater Treatment Wetlands: Understanding the Barriers to Implementation in the Landscape", Master of Landscape Architecture, The University of Texas at Arlington.
- Hardyanti, N., dan Rahayu, S.S., (2007), "Fitoremediasi Phospat dengan Pemanfaatan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) (Studi Kasus pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)
- Hariyanti, F., (2016), "Efektifitas *Subsurface Flow-Wetland* dengan Tanaman Eceng Gondok dan Kayu Apu dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus, Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Hermawati, E., Wiryanto, dan Solichatun, (2005), "Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limncharis flava* L.), Biosmart Vol. 7 (2): 115-124.
- Padmaningrum, RT., Aminatun, T., Yuliati, (2014), "Pengaruh Biomasa Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Teratai (*Nyphaea firecrest*) terhadap Kadar Fosfat, BOD, COD, TSS, dan Derajat Keasaman Limbah Cair Laundry", *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 19 (2): 64-74.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/ atau Kegiatan Usaha Lainnya

- Putri, MH., Jazuli, N., dan Dangiran, HL., (2016), “Perbedaan Efektivitas *Constructed Wetland Sub Surface Flow System* dan *Free Water Surface* pada Tanaman *Cattail* untuk Menurunkan BOD, COD, dan Fosfat Limbah Laundry di Kelurahan Tembalang, Kota Semarang, *Jurnal Kesehatan Masyarakat* Vol. 4 (5): 18-26.
- Ratnawati, R., Slamet, A., dan Hermana J., (2011), “Efek Penambahan Unsur Kalium dan Aerasi terhadap Kinerja Alga-Bakteri untuk Mereduksi Polutan pada Air Boezem Morokrembangan, Surabaya”, *Prosiding Seminar Nasional VIII Teknik Lingkungan ITS dan Seminar Nasional VII Ikatan Alumni Teknik Penyehatan Indonesia (IATPI)*, Surabaya.
- Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y., dan Juliastuti, SR., (2016), “*Composting of Rumen Content Waste Using Anaerobic-Anoxic-Oxic (A²O) Methods*”, *Journal of Solid Waste Technology and Management*. Vol. 42 (2): 98-106.
- Rini, IDWS., Ratnawati, R., dan Trihadiningrum, Y., (2015), “Pola Perubahan Kadar N-anorganik pada Proses Pengomposan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Sistem Aerobik”, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, hal. A-49-1 s/d A-49-8.
- Setiyanto, RA., Darundiati, YH., dan Joko, T., (2016), “Efektivitas Sistem *Constructed Wetlands* Kombinasi Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Karbon Aktif dalam Menurunkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Limbah Cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 4 (1): 436-441.
- Stefhany, CA., Sutisna, M., Pharmawati, K., (2013), “Fitoremediasi Phospat dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry)”, *Reka Lingkungan – Jurnal Institut Teknologi Nasional*, Vol. 1 (1): 1-11.
- Suswati, ACSP., dan Wibisono, G., (2013), “Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (*Constructed Wetlands*)”, *Indonesian Green Technology Journal*, Vol. 2 (2): 70-77.
- Sutrisno, J., (2009), “Pemanfaatan Rumput Payung (*Cyperus alternifolius*) dan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dalam Sistem *Subsurface Wetland* pada Media Pasir untuk Penurunan Kandungan BOD₅ Air Limbah Domestik. Universitas PGRI Adi Buana, Surabaya.
- Meutia, A. A., (2001), “Lahan Basah Buatan Untuk Membersihkan Air Sungai Citarum (Sebuah Gagasan)”, *Prosiding Lokakarya “Selamatkan Citarum” Serpong*, 10-11 April 2001. Wetland International- Indonesian Programme. pp. 155-156.
- Zhang, Y., (2012), “*Design of a Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Reuse in Mount Pleasant, Utah*”, Master of Landscape Architecture, Utah University.