

**Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* Sebagai
Pengolahan Lanjutan untuk Mengolah Limbah Lindi
TPST Piyungan Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus***

Skripsi



Maria Handayani Ohoira

31150081

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2019**

Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* Sebagai Pengolahan
Lanjutan untuk Mengolah Limbah Lindi TPST Piyungan
Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



Maria Handayani Ohoira

31150081

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2019**

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

**EFEKTIVITAS SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI
PENGOLAHAN LANJUTAN UNTUK MENGOLAH LIMBAH LINDI
TPST PIYUNGAN MENGGUNAKAN TANAMAN *Cyperus Papyrus***

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

**MARIA HANDAYANI OHOIRA
31150081**

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada tanggal 26 Juni 2019

Nama Dosen

1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, S.U.
(Ketua Tim / Dosen Penguji I)
2. Dra. Haryati B. Sutanto, M.Sc.
(Dosen Pembimbing I / Dosen Penguji II)
3. Drs. Guruh Prihatmo, M.S.
(Dosen Pembimbing II / Dosen Penguji III)

Tanda Tangan



Yogyakarta, 26 Juni 2019

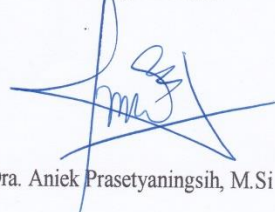
Disahkan Oleh:

Dekan,



Drs. Kisworo, M.Sc

Ketua Program Studi,



Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH
SKRIPSI**

Judul : Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* sebagai
Pengolahan Lanjutan untuk Mengolah Limbah
Lindi TPST Piyungan Menggunakan Tanaman
Cyperus papyrus

Nama Mahasiswa : Maria Handayani Ohoira

Nomor Induk : 31150081

Mahasiswa


Hari/Tanggal Ujian : Rabu / 26 Juni 2019

Disetujui oleh :

Pembimbing I,


Pembimbing II,


Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc
NIK: 894 E 099


Drs. Guruh Prihatmo, M.S.
NIK: 874 E 055

Ketua Program Studi Biologi




Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si
NIK: 884 E 075

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maria Handayani Ohoira

NIM : 31150081

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* sebagai Pengolahan Lanjutan untuk Mengolah Limbah Lindi TPST Piyungan Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*”

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 19 Juni 2019



(Maria Handayani Ohoira)

NIM : 31150081

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* sebagai Pengolahan Lanjutan untuk Mengolah Limbah Lindi TPST Piyungan Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*”. Skripsi ini merupakan hasil penelitian penulis yang menjadi salah satu syarat dalam menyelesaikan gelar Sarjana Sains bidang Biologi di Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Kesuksesan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini berkat dukungan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada :

1. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dan dengan sabar memberikan masukan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.
2. Drs. Guruh Prihatmo, MS., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dan dengan sabar memberikan masukan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.
3. Pihak Pengelola Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul yang telah memberikan izin kepada penulis untuk pengambilan sampel penelitian.
4. Ayah tercinta (Ferdinandus Ohoira), Ibu tercinta (Mariana A. Boky) dan kakak Ferdiana Ohoira yang tersayang, yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam pembuatan skripsi ini.
5. Kelompok diskusi pengolahan limbah, Dissa Christalonika, Bella Wijaya, Tumpal Gultom, Yohani Selan, Yanuarita Jedadu yang selalu membantu, memberikan masukan dan dukungan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
6. Teman – temanku, Eka Kurniati, Anggita Arvinandita, Findy Matasak, Marlen Pepiana, Kristi Wulandari, Karen Natasha, Irein Ester, Wegi Oktapiani, Olin Matulesy, Dhira Puttajaya, Junengsi Dahaklory, Zenas Dwigrasia, Adelia Gabriella, Phinka Sakuntala, Stella Patasik, Mona Loshinta dan Yani

Songjanaan yang telah membantu dan memberi dukungan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.

7. Sahabat – sahabatku, Vieri Resubun, Cinthia Rahajaan, Hikmahtika Ohoirat, Rahmat Reniuryaan, Betris Maswekan, Rudi Renmaur, Citra Rahantoknam dan Grace Matatula yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam penulisan skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2015 Program S1 Biologi Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta serta pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah ikut memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan baik dalam analisis dan penyajian, oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran dari para pembaca yang berkaitan dengan penulisan ini.

Yogyakarta, 19 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN JUDUL BAGIAN DALAM	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTARK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Deskripsi TPST Piyungan	5
2.2. Limbah Cair Sampah (Lindi).....	5
2.2.1. Pengertian Lindi.....	5
2.2.2. Karakteristik Lindi	6
2.2.3. Baku Mutu Limbah Cair TPA Sampah	8
2.3. Sistem Lahan Basah	9
2.4. Tanaman <i>Cyperus papyrus</i>	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	14

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2. Desain Penelitian	14
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3.1. Alat	14
3.3.2. Bahan.....	15
3.4. Parameter yang Diuji.....	15
3.4.1. Parameter Fisik	15
3.4.2. Parameter Kimia	15
3.4.3. Parameter Biologi.....	16
3.5. Cara Kerja.....	16
3.5.1. Persiapan.....	16
3.5.2. Tanaman yang Digunakan	17
3.5.3. Tahap Aklimatisasi.....	17
3.5.4. <i>Steady State</i>	18
3.5.5. Pengujian Parameter.....	18
3.6. Analisis Data.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Suhu.....	20
4.2. pH (Derajat Keasaman)	21
4.3. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	22
4.4. TDS (<i>Total Disolved Solid</i>).....	25
4.5. Perubahan Warna	27
4.6. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	28
4.7. Amonia Bebas.....	31
4.8. Nitrat	33
4.9. Tinggi dan Berat Tanaman	35
BAB V PENUTUP.....	38
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Karakteristik Lindi	7
2.2	Karakteristik Lindi Berdasarkan Umur TPA	7
2.3	Baku Mutu Limbah Cair TPA Sampah dalam Perda No. 7 Tahun 2016	8
2.4	Proses <i>Removal</i> pada Sistem <i>Wetland</i>	9
2.5	Kinerja Sistem CW Aliran Bawah Permukaan Berdasarkan Jenis Aliran yang Digunakan	11
4.1	Rerata Hasil Pengukuran Parameter Fisik, Kimia dan Analisis Varian	19
4.2	Hasil Pengukuran Tinggi dan Berat Tanaman	36

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Tipe Aliran Lahan Basah Buatan	11
2.2	Jenis Tumbuhan Air Berdasarkan Pertumbuhan dan Kaitannya dengan Permukaan	12
2.3	Tanaman <i>Cyperus papyrus</i>	12
3.1	Desain Reaktor Penelitian	17
4.1	Grafik Pengukuran Suhu Air Limbah	21
4.2	Grafik Pengukuran pH Air Limbah	21
4.3	Grafik Pengukuran TSS Air Limbah	23
4.4	Grafik Efisiensi Penurunan TSS pada Setiap Perlakuan	24
4.5	Media dalam Reaktor	25
4.6	Grafik Pengukuran TDS Air Limbah	26
4.7	Grafik Efisiensi Penurunan TDS pada Setiap Perlakuan	26
4.8	Perubahan Warna pada Sampel Air Limbah	28
4.9	Grafik Pengukuran COD Air Limbah	29
4.10	Grafik Efisiensi Penurunan COD pada Setiap Perlakuan	29
4.11	Grafik Pengukuran Amonia Air Limbah	32
4.12	Grafik Efisiensi Penurunan Amonia pada Setiap Perlakuan	32
4.13	Grafik Pengukuran Nitrat Air Limbah	34
4.14	Grafik Efisiensi Penurunan Nitrat pada Setiap Perlakuan	34
4.15	Kondisi Tanaman dalam Reaktor	37

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1.	Foto – Foto Penelitian
2.	Tabulasi Data Pengukuran Parameter
3.	Hasil Analisis ANOVA dengan SPSS
4.	Hasil Pengukuran Parameter di Laboratorium BBTKLPP
5.	Lembar Aktivitas Skripsi

ABSTRAK

Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* sebagai Pengolahan Lanjutan untuk Mengolah Limbah Lindi TPST Piyungan Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*

MARIA HANDAYANI OHOIRA

TPA (Tempat Pembuangan Akhir) merupakan sarana fisik yang digunakan untuk kegiatan pengelolaan dan pengolahan akhir sampah padat perkotaan yang dirancang dengan sistem tertentu. Hasil pengolahan tersebut menghasilkan cairan residu atau yang lebih dikenal dengan air lindi. Karakteristik air lindi yang banyak mengandung bahan cemar tinggi dan kompleks, menjadi permasalahan bagi lingkungan. Pada umumnya, teknologi pengolahan yang diterapkan, masih mengeluarkan *effluent* yang belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Dengan demikian masih diperlukan pengolahan lanjutan yang mampu meminimalkan kadar pencemar dalam lindi. *Constructed wetland* (CW) merupakan salah satu alternatif sistem pengolahan limbah yang ramah lingkungan, hemat energi, pengoperasian yang mudah, biaya yang murah serta memiliki efisiensi tinggi dalam menghilangkan bahan cemar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas sistem CW sebagai pengolahan lanjutan untuk mengolah limbah air lindi TPST Piyungan menggunakan tanaman *Cyperus papyrus*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, presentase penurunan pada masing – masing perlakuan dengan parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), TDS (*Total Dissolved Solid*), Amonia (NH₃) dan Nitrat (NO₃⁻) secara berturut – turut sebesar 53,3% - 58,78% ; 21,37% - 37,26% ; 32,84% - 38,06% ; 64,45% - 66,63% ; dan 36,37% - 52,76%. Presentase penurunan parameter dipengaruhi oleh proses fisika, kimia dan biologis.

Kata Kunci : Air lindi, *Constructed wetland*, *Cyperus papyrus*, Pengolahan lanjutan.

ABSTRACT

The Effectiveness of Constructed Wetland System as Tertiary Treatment for TPST Piyungan Leachate Waste Water Treatment Using *Cyperus papyrus*

MARIA HANDAYANI OHOIRA

The final disposal site is the physical facility used for management and final processing of municipal solid waste designed with a particular system. The processing results produce a residual liquid, or more known as leachate. One of the characteristic of leachate is that it has a lot contains of high and complex contaminants that can become a problem for environment. In general, effluent discharging from the treatment has not met waste water quality standard. Therefore, a tertiary treatment is still needed so that it can minimize the level of contamination in leachate. Constructed wetland (CW) is one of environmental friendly alternative methods that can be used to treat the leachate, it is low energy need, easy operation, low cost and high efficiency in removing pollutants. This study aims to determine the effectiveness of leachate waste water treatment in TPST Piyungan by using CW system as an tertiary treatment with *Cyperus papyrus*. Based on the results, the removal efficiency of COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), TDS (Total Dissolved Solid), Amonia (NH₃) dan Nitrat (NO₃⁻) are 53,3% - 58,78% ; 21,37% - 37,26% ; 32,84% - 38,06% ; 64,45% - 66,63% ; and 36,37% - 52,76% respectively. The reducing of these parameters depends on physical, chemical and biological process.

Keyword: Constructed wetland, *Cyperus papyrus*, Leachate, Tertiary treatment.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Yogyakarta adalah salah satu kota besar di Indonesia dengan jumlah penduduk 3.802.900 jiwa. Data tersebut menjadikan Kota Yogyakarta menduduki peringkat ke 19 di Indonesia dengan jumlah penduduk terbanyak pada tahun 2018, berdasarkan hasil sensus Badan Pusat Statistik Indonesia. Pertumbuhan penduduk di Yogyakarta tentunya memberikan dampak terhadap lingkungan itu sendiri, seperti menurunnya kualitas lingkungan. Salah satu dampaknya ialah sampah, yang menjadi masalah penting dan harus mendapat penanganan dan pengolahan khusus sehingga tidak menimbulkan dampak yang berkelanjutan. Menurut Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH), meningkatnya volume sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain pertumbuhan penduduk, tingkat konsumsi masyarakat terhadap bahan pokok dan teknologi, dan sistem pengelolaan sampah di masing – masing daerah. (KNLH,2008). Hal tersebut juga turut mempengaruhi kualitas dan kuantitas sampah yang dihasilkan.

Salah satu upaya pemerintahan Yogyakarta dalam menanggulangi permasalahan sampah ialah dengan membangun tempat pembuangan akhir, yang berlokasi di Piyungan, Bantul. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan sarana fisik yang digunakan untuk kegiatan pengelolaan dan pengolahan akhir sampah padat perkotaan yang dirancang dengan sistem tertentu. Sistem yang paling banyak digunakan yaitu *sanitary landfill*. TPST (Tempat Pembuangan Sampah Terpadu) Piyungan termasuk dalam salah satu TPA yang menggunakan sistem tersebut. Dalam pengelolaannya, sampah akan ditimbun dengan tanah tidak lebih dari 3 hari, karena apabila dibiarkan terbuka dengan jangka waktu yang lebih maka akan terjadi proses anaerob yang dapat menimbulkan bau.

Sampah yang di timbun dan di padatkan menggunakan alat berat akan mengalami dekomposisi secara alami yang menghasilkan gas dan cairan yang disebut lindi (*leachate*).

Lindi merupakan cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut dan tersuspensi terutama dari hasil dekomposisi biologis materi sampah (Damanhuri, 2010 dalam Sari dan Afdal, 2017). Keberagaman jenis sampah dan volume sampah yang dibuang ke TPA mempengaruhi komposisi dan konsentrasi lindi yang dihasilkan, seperti kandungan senyawa organik, anorganik dan sejumlah patogen. Tingginya senyawa organik dan anorganik yang berada dalam lindi setiap TPA berbeda, tergantung pada proses yang terjadi dalam *landfill* yang meliputi proses fisika, kimia dan biologis. Al-Wabel (2011) pada penelitiannya mengenai karakteristik lindi di TPA Kota Riyadh, Saudi Arabia menemukan bahwa di lokasi tersebut air lindi yang dihasilkan mengandung *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan konsentrasi yang tinggi tetapi memiliki nilai pH rendah. Torobi, et al., (2015) melakukan penelitian pada TPA Ngronggo Salatiga, Jawa Tengah menemukan bahwa konsentrasi awal air lindi memiliki nilai COD sebesar 6.650 mg/L dan amonia sebagai $\text{NH}_3\text{-N}$ sebesar 602 mg/L.

Pada umumnya konsentrasi BOD dapat mencapai 2.000 – 30.000 mg/L, COD antara 3.000 – 60.000 mg/L untuk TPST yang masih beroperasi, sedangkan untuk TPST yang telah beroperasi lebih dari 15 tahun akan mengalami penurunan pada BOD dan COD (Tchobanoglous, 1993). Konsentrasi BOD dan COD yang relatif tinggi, menjadi salah satu permasalahan yang sering ditemui dalam proses pengolahan lindi. Hal ini dikarenakan masih menggunakan sistem konvensional yang berupa bak – bak pengendapan tanpa pengolahan lanjutan, sehingga seringkali ditemukan hasil uji laboratorium belum mencapai optimal. Demikian pula yang terjadi di TPST Piyungan, Yogyakarta yang pada hasil uji laboratorium pada bulan oktober 2017, konsentrasi lindi setelah kolam

pengolahan mengandung BOD = 232,68 mg/L; COD = 541,41 mg/L; TSS = 36 mg/L; TDS = 3280 mg/L; Nitrat = 8,41 mg/L dan Amonia = 809,65 mg/L. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh pihak TPST Piyungan, beberapa parameter di atas belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan demikian, untuk mengoptimalkan pengolahan pada TPST Piyungan, diperlukan pengolahan lanjutan (*Tertiary treatment*) agar menghindari kerusakan lingkungan akibat pembuangan lindi.

Constructed Wetland (CW) merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan limbah buangan lindi. Selain menghemat energi dan biaya, sistem ini sudah terbukti efisien dalam menurunkan BOD, COD dan logam berat pada penelitian yang dilakukan Kamarudzaman, et al., (2011). Dalam sistem CW tumbuhan air memegang peran penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (*self purification*). Jenis tumbuhan air yang memiliki kemampuan baik dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan NTK (Nitrogen Total Kjeldahl) ialah *Cyperus papyrus* dengan efisiensi sebesar 80 – 97%, hal ini disampaikan oleh Sembiring, et al., (2011) dalam penelitiannya.

Berdasarkan uraian diatas yang menunjukkan tingginya konsentrasi beberapa parameter, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan tanaman *Cyperus papyrus* dengan menggunakan sistem *Constructed Wetland* sebagai pengolahan lanjutan (*Tertiary treatment*) dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS, TDS, Amonia dan Nitrat yang terkandung di dalam limbah air lindi di TPST Piyungan, Bantul.

1.2. Rumusan Masalah

- 1.2.1. Bagaimana efektivitas penggunaan *Cyperus papyrus* pada sistem *constructed wetland* dalam menurunkan parameter COD, TDS, TSS, Amonia dan Nitrat sebagai *tertiary treatment* ?

1.2.2. Berapakah presentase penurunan pada setiap parameter yang diuji ?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Mengetahui efektivitas *constructed wetland* sebagai pengolahan lanjutan (*tertiary treatment*) dalam menurunkan parameter COD, TDS, TSS, Amonia dan Nitrat

1.3.2. Mengetahui berapa besar presentase penurunan pada setiap parameter yang diuji

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi peneliti dan akademis, sebagai media pembelajaran, sumber informasi dan penerapan ilmu dalam pengoptimalan pengolahan limbah lindi.

1.4.2. Bagi pemerintah dan instansi terkait, sebagai bahan acuan dalam melakukan analisis lanjutan proses pengolahan limbah air lindi dengan menggunakan sistem *Constructed Wetland*.

1.4.3. Sebagai referensi bagi penelitian terkait berikutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *Subsurface Flow Constructed Wetland* sebagai pengolahan lanjutan mampu menurunkan parameter yang diukur dengan tingkat efisiensi pada P1, yaitu (COD = 53,3%), (TSS = 21,37%), (TDS = 32,84%), (Amonia = 64,45%) dan (Nitrat = 52,76%) sedangkan pada P2, (COD = 58,78%), (TSS = 37,26%), (TDS = 38,06%), (Amonia = 66,63%) dan (Nitrat = 36,37%).

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan guna menyempurnakan penelitian selanjutnya adalah :

1. Sebelum memulai penelitian, sebaiknya memilih tempat penempatan reaktor harus sesuai dengan arah cahaya matahari, agar tanaman pada sistem *SSF* mendapat suplai cahaya matahari secara efektif.
2. Perlu dilakukan penggunaan HRT yang berbeda – beda (selain 4 hari) untuk mengetahui HRT yang paling optimal digunakan.
3. Perlu dilakukan uji untuk melihat jenis mikroorganisme yang terdapat pada sistem *wetland* yang hidup pada perakaran *Cyperus papyrus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A.A., Jingsong, G., Ping, L.Z., Ya, P.Y., dan Al-Rekabi, W.S. 2009. Riview on landfill leachate treatments. *American Journal of Applied Sciences*. **6** (4): 672-684.
- Akinbile, C.O., Yusoff, M.S., dan Zuki A.Z.A. 2012. Landfill leachate treatment using sub-surface flow constructed wetland by *Cyperus haspan*. *Waste Management*. **32** : 1387-1393.
- Al-Wabel, M.I., W.S. Al Yehya, A.S., AL- Farraj, S.E., and El-Maghraby. 2011. Characteristics of landfill leachate and bio-solids of municipal solid waste (MSW) in *Saudi Soociety of Agricultural Sciences*. **10** (2) : 65 -70.
- Astuti, A.D., Lindu, M., Yanidar, R., dan Kleden, M.M. 2016. Kinerja subsurface constructed wetland multilayer filtration tipe aliran vertikal dengan menggunakan tanaman akar wangi (*Vetiver zozanoides*) dalam penyisihan BOD dan COD dalam air limbah kantin. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*. **1**(2): 91-108.
- Christensen, T.H. and Kjeldsen, P., (1991). Basic biochemical processes in landfills, In: Christensen, TH., Stegmann, R., and Cossu, R. (Eds.). Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact. Academic Press. London, 251–256.
- Doraja,P.H., Maya Shovitri, dan N.D.Kuswytasari. 2012. Biodegradasi limbah domestic dengan menggunakan inoculum alami dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.**1**(1): 44-47.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. 254 hal.
- Effendi,H. 2007. Telaah kualitas air. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Fajariyah, C., dan Mangkoedihardjo, S. 2017. Kajian literature pengolahan lindi tempat pemrosesan akhir sampah dengan teknik lahan basah menggunakan tumbuhan air. *Jurnal Teknik ITS*. **6** (2) : D191 – D193.
- Faridatuzzahro, L., Sedyawati, S.M.R., dan Widiarti, N. 2015. Penurunan nilai BOD COD limbah tahu menggunakan *Cyperus papyrus* sistem *wetland*. *Indonesian Journal of Chemical Science*. **4** (1): 75-79.
- Fitriadi, R., Haeruddin, dan A'in, C. 2016. Efektivitas mikroorganisme sebagai bahan bioremediasi pada limbah pencucian ikan tongkol (*Auxis thazard*). *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology (IJFST)*. **12**(1): 52-59.
- Kamarudzaman, A.N., Ismail, N.S., Aziz, R.A., and Jalil, M.F.A., (2011a). Removal of nutrients from landfill leachate using subsurface flow constructed wetland planted with *Limnocharis flava* and *Scirpus atrovirens*. International Conference on Environmental and Computer Science. IPCBEE, IACSIT Press, Singapore. **19**: 79-83.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2008. Status lingkungan hidup Indonesia. KNLH. Jakarta.

- Komarwidjaja, Wage. 2006. Pengaruh perbedaan dosis oksigen (DO) pada degradasi ammonium kolam kajian budidaya udang. *Jurnal Hidrosfir*.**1**(1): 32-37.
- Maramis, A., 2008. Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA. Alumni Program Pasca Sarjana Magister Biologi Terapan, Universitas Satya Wacana, Salatiga.
- Metcalf and Eddy. 1991. Waste water engineering, treatment, disposal and reuse. Singapore: Mc Graw Hill Book.
- Moravia, W.G., Amaral, M.C.S., dan Lange, L.C. 2013. Evaluation of landfill leachate treatment by advanced oxidative process by Fenton's reagent combined with membrane separation system. *Waste Manage.* **33**: 89-101.
- Oliveira, G.R., Fernandes, N.S., Melo, J.V., Silva, D.R., Urgeghe, C., and Martinez-Huitle, C.A. 2011. Electrocatalytic properties of Ti-supported Pt for decolorizing and removing dye from synthetic textile wastewaters. *Chemical Engineering Journal*. **168**: 208-214.
- Paramita, P., Maya Shovitri, dan N.D. Kuswytasari, 2012. Biodegradasi limbah organik pasar dengan menggunakan mikroorganisme alami tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. **1**: 23-26.
- Paundra, S., Sudarno dan Irawan, W.D. 2015. Pengaruh jumlah tanaman *Cyperus alternifolius* dan waktu tinggal limbah dalam penyisihan kadar ammoniak, nitrit dan nitrat. *Journal Teknik Lingkungan*. **4**(2).
- Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 mengatur tentang Baku Mutu Limbah.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengatur tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Saeed, T. dan Sun, G. 2012. A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow constructed wetlands: dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media. *Journal Environment Manage.* **112**: 429-448.
- Sari, R.N., dan Afdal. 2017. Karakteristik air lindi (*Leachate*) di empat pembuangan akhir sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*. **6** (1): 93-99.
- Sembiring, E.T.J., dan Muntalif, B.S. 2011. Optimasi efisiensi pengolahan lindi dengan menggunakan constructed wetland. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **17** (2): 1-10.
- Suprihatin Hasti, 2014. Penurunan konsentrasi BOD limbah domestik menggunakan sistem wetland dengan tanaman hias bintang air (*Cyperus alternifolius*). *Dinamika Lingkungan Indonesia*. **1**(2): 81-87.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S. 1993. Integrated solid waste management : Engineering principles and management issues. New York; Mc Graw Hill International Editions.
- Torobi, Pieter M. I., Manuputty, Christina N., Mangimbulude, Jubhar C. 2015. Pengurangan Amonium (NH₄) dan Materi Organik (COD) pada Lindi TPA Melalui Sistem Sinambung Anaerob dan Aerob Kultur-Alga dalam *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 873-877.

- Witthayaphirom,C., Chiemchaisri,C., Chiemchaisri,W., dan Takemura,J. 2014. Remediation of municipal solid waste landfill leachate by using subsurface flow constructed wetland with low permeable reactive media. *Asean Engineering Journal Part C*,**4** (1): 104-111.
- Wojciechowska, E., 2017. Potential and limits of landfill leachate treatment in a multi-stage subsurface flow constructed wetland – evaluation of organics and nitrogen removal. *Bioresour. Technol.* **236** : 146-154.
- Wu, H., Zhang, J., Ngo, H.H., Guo, W., Hu, Z., Liang, S., Fan, J., and Liu, H., (2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation. *Bioresour. Technol.* **175**: 594–601.

©UKPDW