

STUDI KEMAMPUAN *VERTICAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND* DALAM MENYISIHKAN KONSENTRASI TSS, TDS, dan ORP PADA LINDI MENGGUNAKAN TUMBUHAN ALANG-ALANG (*TYPHA ANGUSTIFOLIA*)

Raisa Yuniarmita^{*)}; Badrus Zaman^{)}; Titik Istirokhatun^{**)}**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Uversitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, S.H Tembalang - Semarang, Kode Pos 50275 Telp. (024)76480678, Fax (024) 76918157

Website : <http://enveng.undip.ac.id> - Email: enveng@undip.ac.id

Abstract

*In general, the leachate contains organic and inorganic substances with a high concentration that are toxic. Leachate TPS Industrial Estate Terboyo have TSS content of 530 mg / l, TDS 1930 ppm, and ORP value was 193 mv. Therefore, the processing of leachate is very important before being dumped directly into the recipient's body of water in order not give a bad influence on the quality of the environment. One of the technologies to manipulate the leachate i.e. using constructed wetlands. This research aims to know the decrease in concentration of TSS, TDS, and ORP with the system sub surface flow constructed wetland. The type of plant that used in this research is *Typha angustifolia* which has been used in several previous research (Hamdani, 2013) with a system of sub-surface flow constructed wetland to reduce the organic pollution load in wastewater. In addition, plant *Typha angustifolia* grows and develops around the site. The research was conducted with a residence time of 15 days. There are 4 reactors were observed and made in duplicate, with a variation of the number of plants, among other: 1 plant ,3 plants,5 plants, and without plant and the residence time variation among others: 3,6,9,12, and 15 days. Sampling was done with a variation interval of 3 days was based on the results of research conducted by Tangahu & Warmadewanthi (2001) and Ismaryanto (2012). System Vertical Subsurface Flow Constructed Wetlands by use of plant *Thypa angustifolia* could remove the concentration of TSS, TDS, and change the rate of ORP. Highest TSS removal efficiency in the reactor that contains 5 plants with a residence time of 15 days, amounting to 97.55% and for TDS occur in the reactor which contains 1 plant with a residence time of 6 days, by 77%. While the ORP value changes are not too significant, which is about 200 mV in the overall residence time.*

Keyword: Leachate, Vertical Subsurface Flow Constructed Wetlands, Typha Angustifolia, Residence Time

PENDAHULUAN

Lindi didefinisikan sebagai suatu cairan yang dihasilkan dari pemaparan air hujan pada timbunan sampah. Secara umum lindi mengandung zat organik dan anorganik dengan konsentrasi yang tinggi

sehingga bersifat toksik. Sedangkan kesadaran masyarakat membuang sampah ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) masih rendah. sehingga banyak ditemukan sampah berserakan pada beberapa lokasi TPS ilegal, termasuk kawasan Industri

Terboyo, Semarang. Padahal timbunan sampah juga menimbulkan aliran lindi (*leachate*) yang dapat mencemari lingkungan khususnya lingkungan perairan, baik air permukaan maupun air tanah dangkal.

Lindi TPS Kawasan Industri Terboyo mempunyai kandungan TSS sebesar 530 mg/l dan TDS 1930 mg/l. Sehingga perlu adanya pengolahan lindi yang bertujuan untuk mengurangi nilai konsentrasi dan mencegah dampak negatifnya pada lingkungan. Sampai saat ini, salah satu upaya yang dilakukan untuk mengontrol polutan lindi mulai dari pengolahan air limbah (*waste water treatment*) adalah biologi. Pengolahan ini merupakan suatu cara pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme melalui proses biodegradasi. Sistem pengolahan *Constructed Wetlands* adalah sistem yang direkayasa yang telah didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses secara alami yang melibatkan Tumbuhan, tanah, dan kumpulan mikroba untuk membantu dalam mengolah limbah cair (Vymazal,2008).Sistem ini merupakan alternatif pengolahan air buangan yang biayanya dikategorikan sesuai untuk negara berkembang dan juga membutuhkan operasi dan perawatan yang mudah (Kadlec,2009). Pada *constructed wetland* dengan sistem aliran vertikal, inlet ditempatkan di bagian atas, air limbah dituangkan pada permukaan *wetland*. Tumbuhan yang ditanam pada media yang berkisar antara kerikil kasar sampai pasir (Imas dan Tri Padmi, 2010).

Tujuan penggunaan tumbuhan pada *constructed wetland* adalah untuk menyediakan oksigen di zona akar dan

untuk menambah luas permukaan bagi pertumbuhan mikroorganisme yang tumbuh di zona akar selain itu tumbuhan juga dapat menyerap logam dari air limbah yang diolah. Jenis tumbuhan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Typha angustifolia* yang telah digunakan dalam beberapa penelitian terdahulu (Hamdani, 2013) dengan sistem *Sub-surface flow constructed wetland* untuk menurunkan beban pencemaran organik pada limbah cair. Disamping itu, tumbuhan *Typha angustifolia* tumbuh serta berkembang di sekitar lokasi penelitian.

METODOLOGI PENELITIAN

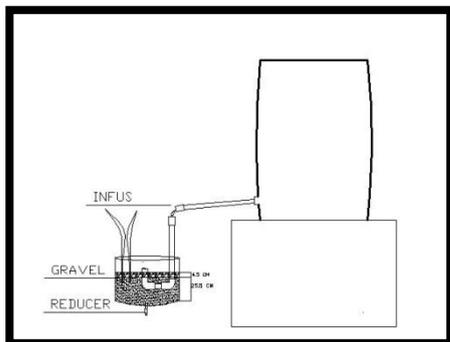
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi penurunan TSS, TDS, dan perubahan ORP pada lindi dengan sistem pengolahan *constructed wetland* dengan metode vertical subsurface flow menggunakan tumbuhan alang-alang (*Typha Angustifolia*)

Penelitian berlangsung dari bulan Mei - Agustus 2014. Lokasi pengambilan sampling lindi berasal dari Tempat Pembuangan Sampah Kawasan Industri Treboyo, Semarang. Penelitian dilakukan di *Green House* Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Secara keseluruhan pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahapan, meliputi :

1. Tahap Persiapan

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk tabung dengan dimensi diameter 26 cm dan tinggi 40 cm. Dilengkapi dengan tangki penampung influen (drum) yang bervolume 200 liter. Suplai lindi menggunakan bak penampung. Bak penampung yang

digunakan terdiri atas drum air sebagai wadah penampung lindi, pipa PVC yang berfungsi untuk mengalirkan lindi (sebagai pipa *influent*) serta selang infus untuk mengontrol debit air lindi yang keluar dari drum. Reaktor penelitian sebanyak 4 reaktor, dimana masing-masing reaktor terdapat tumbuhan dengan jumlah 1,3, dan 5, serta tanpa tumbuhan atau yang berfungsi sebagai reaktor kontrol.

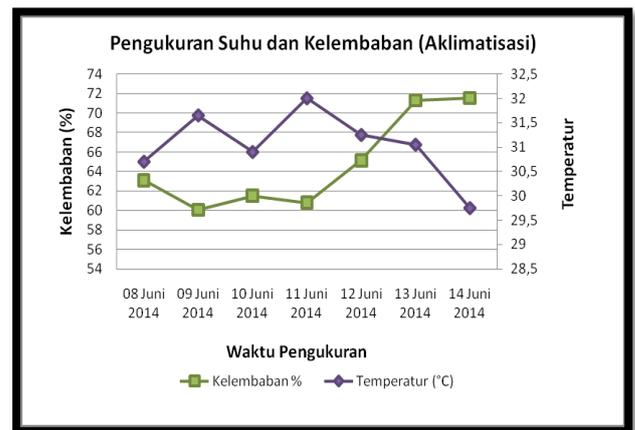


Gambar 1. Detail Reaktor

Selanjutnya tahap penyediaan tumbuhan menggunakan media pasir. Kemudian dilakukan proses pengayakan pasir, dilanjutkan tahap aklimatisasi pada tumbuhan di media pasir. Aklimatisasi pasir ini bertujuan untuk mengadaptasikan tumbuhan yang tadinya ditumbuhkan menggunakan tanah dan akan dipindahkan ke media pasir supaya tidak terjadi *shock loading*. Sebelum digunakan untuk penelitian, tumbuhan *Typha Angustifolia* (alang-alang) tersebut di *seeding* dalam media pasir yang diberi air keran kedalam reaktor.

2. Pelaksanaan Penelitian

Aklimatisasi terhadap tumbuhan *Typha Angustifolia* berlangsung selama satu minggu, berawal dari tanggal 8 Juni 2014 hingga tanggal 14 Juni 2014. Pada saat aklimatisasi dilakukan pengukuran data fisik lingkungan (ambien) berupa suhu dan kelembaban.



Gambar 2. Grafik Pengukuran Ambien

Tahap pelaksanaan penelitian (*running*) dapat dimulai dengan menggunakan umur tumbuhan kurang lebih 2 bulan dengan tinggi sekitar 30-40 cm (Masayu, 2009). Reaktor yang memiliki volume efektif sebesar 5,3 liter dioperasikan secara kontinu terstratifikasi dengan perhitungan waktu tinggal keseluruhan reaktor adalah 15 hari. Kemudian dilakukan tahap pengambilan data (*sampling*) di outlet menggunakan konsep batch dengan variasi waktu tinggal setiap 3 hari sekali (Ismaryanto, 2012) untuk kemudian dianalisis dengan analisa lab untuk mengetahui perbandingan jumlah koloni dan waktu tinggal yang optimal dengan efisiensi penyisihan parameter TSS, TDS, dan analisa perubahan ORP.

Asumsi penggunaan konsep batch pada proses *running* dikarenakan:

- Debit *influent* yang masuk ke masing-masing reaktor cukup kecil sehingga tidak terjadi pencampuran (*mixing*) lindi.
- Pola aliran yang terjadi didalam reaktor adalah *plug flow* dari atas ke bawah (vertikal), maka lindi terstratifikasi.
- Adanya penggunaan media pasir.
- Titik pengambilan sampel atau *effluent* terletak di bagian bawah reaktor.

- Waktu tinggal disesuaikan dengan waktu pengambilan sampel.

3. Tahap Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program microsoft excel. Analisis data dilakukan dengan menganalisis data yang telah diperoleh dari kegiatan sampling, yaitu data konsentrasi TSS, TDS, ORP serta data pH lindi dan suhu ambien. Analisa meliputi analisis dengan tabel perhitungan untuk hubungan konsentrasi konsentrasi TSS, TDS, dan ORP terhadap waktu dan hubungan efisiensi penyisihan TSS dan TDS terhadap waktu. Penyajian data juga dilakukan dalam grafik untuk menunjukkan hubungan konsentrasi TSS, TDS dan ORP terhadap waktu, dan juga dapat mengetahui hubungan efisiensi penyisihan TSS dan TDS terhadap waktu.

Sedangkan untuk menganalisa hubungan antara variabel bebas dan terikat didapatkan dengan menggunakan analisa bivariat dengan analisis korelasi pearson (Pearson Bivariate Correlation) menggunakan bantuan software SPSS untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara banyaknya jumlah tumbuhan dan waktu dengan penurunan konsentrasi TSS dan TDS pada lindi TPS Kawasan Industri Terboyo Semarang. Dari data yang telah didapatkan akan dibobotkan kemudian di input ke dalam software SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

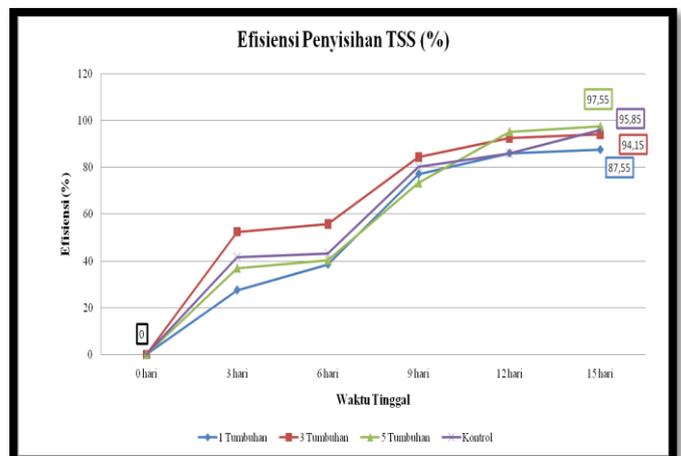
Tabel 1. Karakteristik Influent Lindi

No.	Parameter	Hasil Uji	Perda Prov Jateng No. 5 Tahun 2012	Keterangan
1.	TSS	530 mg/l	100 mg/l	Tidak Memenuhi
2.	TDS	1930 ppm	2000 ppm	Memenuhi Baku Mutu
3.	ORP	193 mV	-	-
3.	pH	7.68	6,0-9,0	Memenuhi Baku Mutu

Berdasarkan uji pendahuluan dapat diketahui bahwa konsentserasi TSS pada lindi TPS Kawasan Industri Terboyo, Semarang tidak memenuhi baku mutu air limbah yang ada dan nilai TDS yang tinggi hampir mencapai ambang baku mutu, sehingga perlu adanya pengolahan terlebih dahulu seperti *constructed wetland* sebelum dibuang ke lingkungan atau badan penerima

a. Hasil Pengukuran TSS

Proses analisa TSS ini menggunakan metoda gravimetri. Berdasarkan jumlah tumbuhan dan lamanya waktu tinggal didapatkan data penurunan TSS untuk masing-masing reaktor yaitu 1R1, 1R2, 3R1, 3R2, 5R1, 5R2, dan kontrol 1 dan 2 yang dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.



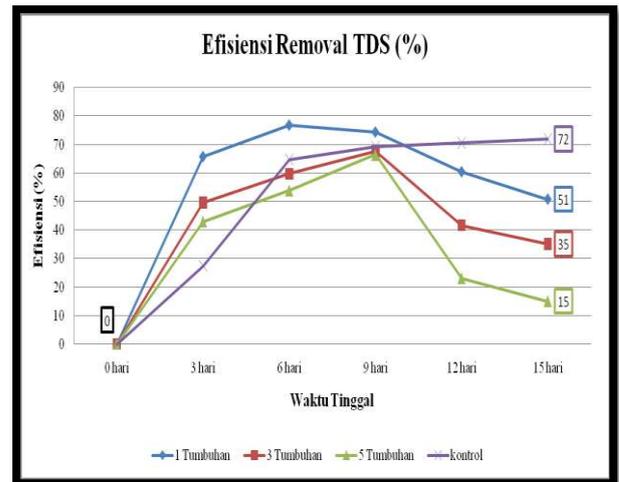
Gambar 3. Efisiensi Penyisihan TSS

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan TSS

Hasil	Efisiensi (%)			
	1 Tumbuhan	3 Tumbuhan	5 Tumbuhan	Kontrol
0 hari	0	0	0	0
3 hari	27,55	52,45	36,98	41,70
6 hari	38,49	55,85	40,38	43,21
9 hari	77,17	84,34	73,40	80,19
12 hari	86,04	92,45	95,28	86,04
15 hari	87,55	94,15	97,55	95,85

Dari grafik efisiensi tersebut, dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan TSS yang didapat mengalami kenaikan secara bertahap pada setiap pengambilan sampel. Efisiensi penurunan konsentrasi TSS tertinggi terjadi pada hari ke-15. Nilai efisiensi yang didapatkan paling besar dibandingkan dengan efisiensi pada waktu tinggal yang lainnya, yaitu sebesar 97,55 %. Akan tetapi jika diperhatikan dalam hasil penelitian, waktu tinggal pada hari ke 9 sudah menunjukkan nilai *effluent* yang diinginkan sebesar 83 mg/l dengan nilai dibawah batas baku mutu untuk TSS. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke-9 sudah memasuki waktu tinggal yang efektif untuk penyisihan TSS. Semakin lama waktu tinggal maka semakin besar efisiensi penyisihan TSS nya atau waktu tinggal berbanding lurus dengan nilai efisiensi penyisihan. Berdasarkan teori dari Supradapta (2005), ada beberapa mekanisme penyerapan polutan pada *Vertical Sub Surface Flow Constructed Wetland* yang berkaitan mengenai penyisihan konsentrasi TSS, yaitu secara *settling* atau sedimentasi, efektif untuk menghilangkan partikulat dan padatan tersuspensi. Tumbuhan juga dapat membantu proses sedimentasi. Tumbuhan akan mengurangi kecepatan air dan turbulensi sehingga menyebabkan pengendapan.

b. Hasil Pengukuran TDS



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan TDS

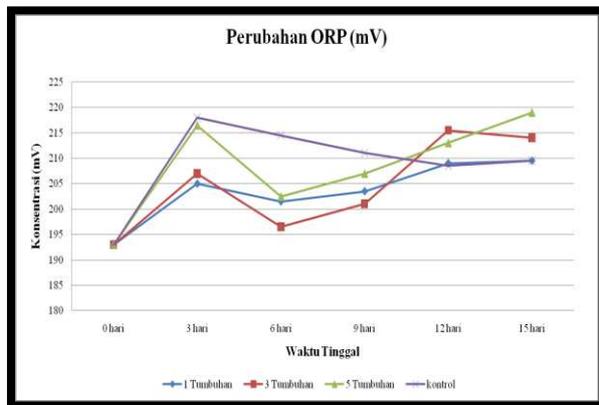
Tabel 3. Efisiensi Penyisihan TDS

Hasil	Efisiensi (%)			
	1 Tumbuhan	3 Tumbuhan	5 Tumbuhan	Kontrol
0 hari	0	0	0	0
3 hari	66	50	43	27
6 hari	77	60	54	65
9 hari	74	68	66	69
12 hari	60	42	23	71
15 hari	51	35	15	72

Dari gambar grafik efisiensi di atas terlihat bahwa kurva mengalami kenaikan dari waktu tinggal 0 hari ke 9 hari kemudian mengalami penurunan pada waktu tinggal 15 hari dengan nilai efisiensi terkecil 15 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi TDS yang didapatkan tidak sesuai dengan teori, dimana nilai efisiensi berbanding lurus terhadap waktu tinggal. Penurunan efisiensi konsentrasi TDS bisa disebabkan karena kondisi media, tumbuhan typha dan mikroorganisme telah mengalami kejenuhan mulai dari pengukuran hari ke 9 sampai hari ke 15. Kemampuan adsorpsi, yang merupakan proses kimiawi yang terjadi pada tanaman, substrat, sediment maupun lindi, yang berkaitan erat dengan waktu retensi lindi semakin lama semakin menurun.

Pengukuran nilai konsentrasi TDS dilakukan menggunakan TDS meter.

c. Analisa Perubahan ORP (Eh)



Gambar 5. Perubahan ORP

Tabel 4. Data Perubahan ORP

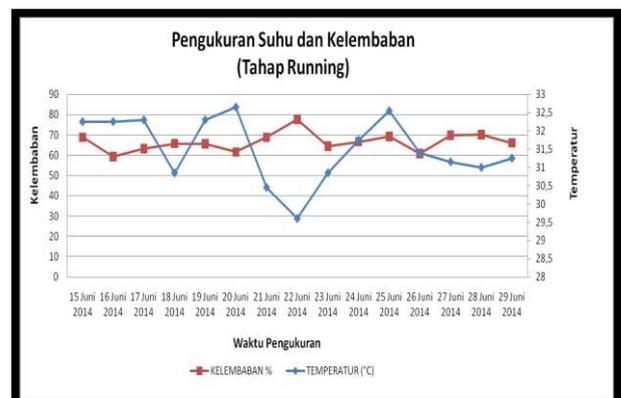
Hasil	Konsentrasi ORP (mV)			
	1 Tumbuhan	3 Tumbuhan	5 Tumbuhan	Kontrol
0 hari	193	193	193	193
3 hari	205	207	217	218
6 hari	202	197	203	215
9 hari	204	201	207	211
12 hari	209	216	213	209
15 hari	210	214	219	210

Pada saat air menggenangi media, ruang udara dipenuhi air, mengakibatkan terjadinya perubahan karakteristik beberapa fisik-kimia. Perubahan sifat-sifat kimia dimaksud antara lain terjadinya perubahan potensial redoks (Eh) dan pH yang merupakan dua faktor utama yang saling berkaitan dalam mempengaruhi kelarutan dan ketersediaan hara dan transformasinya di dalam media serta berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tumbuhan. Pada hasil data diatas terdapat perubahan ORP di setiap waktunya meskipun perubahan yang terjadi tidak begitu signifikan. Pada kondisi ini Eh mengalami penurunan sampai dengan hari ke-9. Hal ini dapat disebabkan Eh mengalami penurunan dengan adanya

penambahan lindi sehingga media tergenang maka penurunannya semakin tajam dengan penambahan bahan organik. Semakin lama suatu media tergenang semakin tinggi deplesi O₂ dan semakin menurun pula Eh nya. Kondisi ini berkaitan dengan pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme dalam media *SSF-Wetlands*. Dengan banyaknya kandungan oksigen dalam media, maka jumlah mikroba yang ada pun semakin banyak sehingga pengolahan yang terjadi akan berlangsung dengan baik (Greenway,M, 2007 disitasi Ismaryanto, 2012).

d.Faktor Lingkungan (Ambien) *Greenhouse*

Sama seperti halnya pada saat aklimatisasi, ketika pelaksanaan *running* perlu dilakukan pengukuran faktor lingkungan pada *greenhouse*. Hal yang dilakukan yaitu berupa pengambilan data mengenai suhu dan kelembaban. Kegiatan tersebut dimaksudkan untuk melihat kecenderungan iklim yang sedang berlangsung saat penelitian sehingga dapat melihat pengaruh yang terjadi pada tumbuhan *typha*

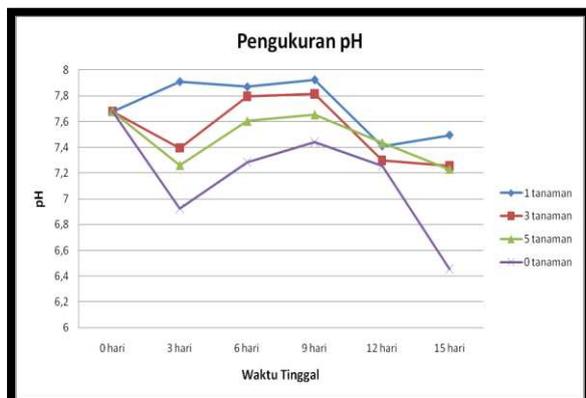


Gambar 6. Kondisi Ambien

Pada tabel dan grafik menunjukkan bahwa temperatur rata-rata setiap harinya berkisar antara 29 - 32 °C, sedangkan kelembaban antara 60 – 77 %. Rentang suhu tersebut merupakan kategori Mesophilic. Kategori optimum ini berada pada rentang suhu antara 20-40°C, sehingga yang terjadi merupakan keadaan normal karena baik tumbuhan maupun mikroorganisme yang terdapat pada media atau akar tumbuhan masih dapat berkerja untuk mengurai zat organik di dalam lindi (Tchobanoglous, 2003).

e. Faktor Lingkungan Lindi

Selain faktor ambien atau lingkungan sekitar, faktor lingkungan lindi juga berpengaruh dalam pertumbuhan tumbuhan untuk mencapai pertumbuhan tumbuhan yang optimal. Salah satu faktornya adalah pH. Pada pH asam, unsur yang terikat pada jaringan tumbuhan akan semakin meningkat dan dapat mengganggu metabolisme tumbuhan. Sedang pada pH basa, unsur yang diserap oleh jaringan tumbuhan semakin sedikit menyebabkan metabolisme tumbuhan menjadi terganggu (Syahputra, 2005 disitasi oleh Dhinny, 2013).



Gambar 7. Pengukuran pH

Pengukuran pH pada sampel *effluent* menggunakan alat pH meter. Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa pH

pada tiap reaktor selama waktu penelitian berlangsung, memiliki nilai berkisar 6,5-7,9. Meskipun terjadi kenaikan dan penurunan, rentang nilai yang didapat masih dikategorikan netral menurut baku mutu. Pada umumnya unsur hara akan mudah diserap tumbuhan pada pH 6-7, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara akan mudah larut dalam air.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Pengolahan lindi TPS Kawasan Industri Terboyo menggunakan sistem *constructed wetland (vertical subsurface flow)* dengan tumbuhan *Thypha Angustifolia* mencapai efisiensi penurunan optimum sebesar 97,55% untuk konsentrasi TSS, 77% untuk konsentrasi TDS, dengan peningkatan ORP pada lindi sebesar 12 %.

2. Konsentrasi penyisihan TSS, TDS, dan perubahan ORP memiliki perbedaan yang cukup nyata secara signifikan dan berpengaruh kuat berkaitan dengan penggunaan variasi waktu tinggal dibandingkan variasi jumlah tumbuhan dengan presentase 66,4 %. Sedangkan penggunaan variasi jumlah tumbuhan berpengaruh rendah terhadap nilai konsentrasi dengan presentase 34,1 %.

3. Waktu tinggal yang paling efektif diperoleh pada hari ke 9 dengan akhir penyisihan konsentrasi TSS 83 mg/l, TDS 495 ppm, dan ORP sebesar 206 Mv.

b. Saran

1. Bagi penelitian berikutnya, pada saat proses *running* menggunakan *constructed wetland* dapat dilakukan pengukuran atau pemantauan terhadap

tumbuhan yang digunakan agar lebih menunjang analisa data penyisihan konsentrasi.

2. Sebaiknya diterapkan konsep *batch* apabila menggunakan variabel waktu tinggal agar tidak ada pencampuran *influent* lindi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulgani, Hamdani. 2013. *Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk Dengan Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Typha Angustifolia*. Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik Lingkungan UNDIP

Cyro, M. Basir. 2008. Efektifitas Bahan Organik Dan Tinggi Genangan Terhadap Perubahan Eh, Ph, Dan Status Fe, P, Al Terlarut Pada Tanah Ultisol. Fakultas Pertanian Universitas Tadulako Sulawesi Tengah.

Damanhuri, Tri Padmi. 2010. *Penyisihan Logam Pada Lindi Menggunakan Constructed Wetland*. Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.

Gunawan, Ismaryanto. 2012. *Studi Kemampuan Vertical Subsurface Flow Constructed Wetlands Dalam Menyisihkan COD, Nitrit, Dan Nitrat Pada Air Lindi (Studi Kasus: TPA Ngronggo, Salatiga)*. Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP. Semarang

Kadlec, R.H., 2009. *Comparison of free water and horizontal subsurface treatment wetlands*. *Ecol.Eng.*35, 159-174

Masayu. 2010. *Penyisihan Senyawa Non Logam Pada Lindi Menggunakan Constructed Wetland*. Program Studi Teknik Lingkungan ITB. Bandung

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah

Supradata. 2005. *PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN TANAMAN HIAS Cyperus alternifolius, L. DALAM SISTEM LAHAN BASAH BUATAN ALIRAN BAWAH PERMUKAAN (SSF-Wetlands)*. Thesis Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang

Tchobanoglous. (2003), *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill.

Vymazal, Jan and Kropfelova, Lenka. 2008. *Wastewater Treatment in Constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. Springer Netherlands Volume 14, 121-202.