

STUDI ALIRAN DALAM *CONSTRUCTED WETLAND* MENGUNAKAN TANAMAN *CYPERUS PAPHYRUS* DALAM MENGOLAH LINDI

STUDY ON FLOW IN *CONSTRUCTED WETLAND* USING *CYPERUS PAPHYRUS* IN LEACHATE TREATMENT

Bieby Voijant Tangahu
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITS, Surabaya
email: voijant@its.ac.id

Abstrak

Teknologi sederhana pengolahan lindi adalah sistem *constructed wetland* menggunakan tumbuhan air, *Cyperus papyrus*. Tujuan penelitian adalah menentukan efisiensi sistem pengaliran horizontal maupun vertikal pada *constructed wetland* untuk menyisihkan N total dan Total Solid. Reaktor berukuran 90×30×50 cm dengan kedalaman media 40 cm. Media yang digunakan pasir dengan porositas 47,91 %, waktu tinggal 1 hari dan debit pengaliran 25 l/hari. Variasi konsentrasi N 100 mg/L dan 150 mg/L. Reaktor aliran horisontal dengan konsentrasi N 100 mg/l, efisiensi penyisihan N total tertinggi 90,52 %, sedangkan efisiensi TS 62,77 %. Pada reaktor aliran vertikal, efisiensi penyisihan N tertinggi 91,24 % dengan konsentrasi N 150 mg/L, sedangkan efisiensi penyisihan TS 64,56 % dengan konsentrasi N 100 mg/L.

Kata kunci: lindi, *constructed wetland*, *Cyperus papyrus*

Abstract

A simple technology to treat leachate is through the use of constructed wetland system using aquatic plant, *Cyperus papyrus*. The aims of this study were to determine the efficiency of horizontal and vertical flow system in constructed wetland in removing Total N and Total Solid. The dimension of the reactor was 90×30×50 cm with media height of 40 cm. The media was sand with porosity of 47,91 %, time detention of 1 day and flow of 25 l/day. The concentration variations of N are 100 mg/L and 150 mg/L. In horizontal flow reactor with N concentration of 100 mg/L, the highest efficiency of Total N reduction was 90,52 %, and TS reduction efficiency was 62,77 %. In the vertical flow reactor, the highest efficiency of Total N reduction of 91,24 % was achieved when N concentration was 150 mg/L and efficiency for TS reduction was 64,56 % when N concentration was 100 mg/L.

Keywords: leachate, constructed wetland, *Cyperus papyrus*

1. PENDAHULUAN

Lindi menjadi permasalahan lingkungan yang penting karena merupakan salah satu sumber pencemaran air tanah dan air permukaan. Hal ini memunculkan ide untuk melakukan penelitian pengolahan lindi dengan teknologi yang sederhana, yaitu dengan *constructed wetland*. Sistem ini memanfaatkan simbiosis mikroorganisme dalam tanah dengan akar tanaman yang mengeluarkan oksigen. Indonesia sebagai negara tropis sangat kaya dengan berbagai macam tanaman *hydrophita* yang tumbuh subur sepanjang tahun, salah satunya adalah *Cyperus papyrus*. Selain aktivitas mikroorganisme, faktor yang berpengaruh pada *constructed wetland* adalah sistem pengalirannya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan kajian pengaruh perbedaan sistem aliran dalam *constructed wetland*

terhadap kemampuan penyisihan kandungan N total dan Total Solid (TS) pada lindi.

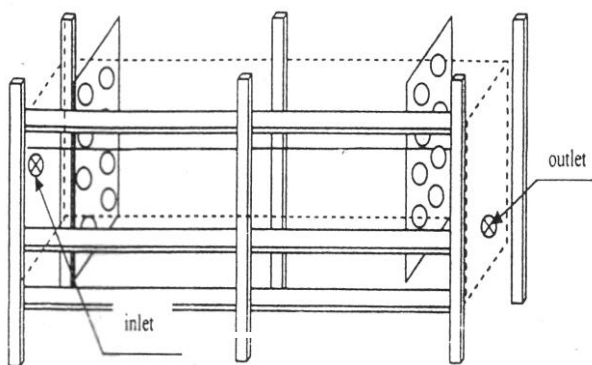
Kajian ini dimaksudkan untuk menjawab permasalahan yang ada dalam pengolahan lindi menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* dalam sistem *constructed wetland* dengan aliran horisontal dan vertikal. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah untuk dapat menentukan efisiensi penyisihan senyawa N Total dan TS pada lindi dengan menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* dalam reaktor *constructed wetland* aliran horisontal maupun vertikal.

2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian diawali dengan analisis karakteristik lindi dengan

parameter-parameter N, COD, P, TS dan PV. Kemudian lindi diencerkan untuk mendapatkan variasi konsentrasi nitrogen tertentu, yaitu 100 mg/L dan 150 mg/L, yang akan diolah dalam *constructed wetland*. Lindi yang sudah diencerkan dan mencapai konsentrasi yang ditentukan, dialirkan secara kontinu ke dalam reaktor dengan debit yang diatur untuk mendapatkan beban konsentrasi yang tetap. Effluen yang didapatkan dari reaktor dianalisis parameter-parameter N total dan TS untuk mengetahui besarnya efisiensi penyisihan yang terjadi di dalam reaktor.

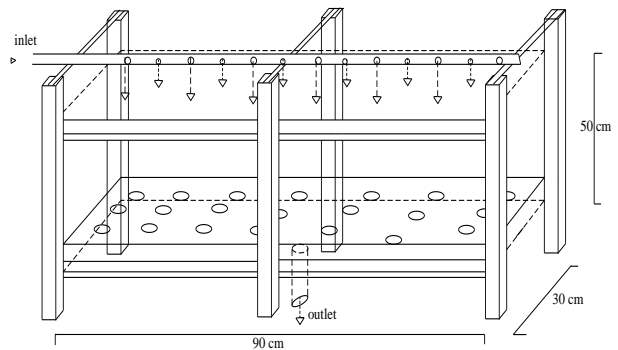
Reaktor yang digunakan adalah reaktor aliran horisontal dan vertikal yang terbuat dari kaca persegi dengan panjang total 90 cm, lebar 30 cm dan kedalaman 50 cm. Bagian penyekat reaktor tersebut terbuat dari kaca yang dilubangi yang berfungsi untuk tempat tertampungnya lindi setelah melewati media pasir dan kerikil. Pada reaktor aliran horisontal, sistem inlet di buat di salah satu sisi reaktor, lindi mengalir dari inlet melalui media tanam secara horisontal menuju outlet yang berada di sisi yang lain. Lubang outlet dilapisi kawat kasa untuk mencegah terbawanya media tanam oleh air. Slope reaktor direncanakan 2-3 % atau beda tinggi permukaan awal dengan akhir sebesar ± 1,5 cm. Hal ini dilakukan untuk memastikan lindi mengalir secara horisontal dengan lancar. Pada reaktor aliran vertikal, sistem inlet dibuat dengan sistem pipa atau selang yang berlubang, sedangkan sistem outlet terletak di bagian bawah reaktor.



Gambar 1. Reaktor Aliran Horizontal

Bahan yang digunakan adalah lindi hasil proses komposting dari TPS Bibis Kelurahan Karah Kecamatan Jambangan Surabaya dengan media tanam dalam reaktor berupa pasir dan kerikil. Media tanam yang akan digunakan telah melalui proses pengayakan untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Sedangkan tanaman yang digunakan adalah

Cyperus papyrus dengan kriteria: berumur 2-3 bulan, ditanam dengan jarak 30x30 cm, dilakukan aklimatisasi pada tanaman dengan cara mengalirkan air limbah selama ± 1 minggu.



Gambar 2. Reaktor Aliran Vertikal

Tabel 1. Variabel dan Parameter Penelitian

Proses	Variabel Penelitian	Parameter
<i>Constructed wetland</i> aliran horisontal	- Variasi beban bahan organik dilihat dari konsentrasi N 100 mg/L dan 150 mg/L	N total dan Total Solid
<i>Constructed wetland</i> aliran vertikal	- Variasi beban bahan organik dilihat dari konsentrasi N 100 mg/L dan 150 mg/L	N total dan Total Solid

Parameter penelitian yaitu N total dan TS, dianalisis dengan menggunakan prosedur analisis standar yang ada. Analisis parameter N total menggunakan spektrofotometer, sedangkan analisis parameter TS dilakukan dengan metode gravimetri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

KARAKTERISTIK AWAL LINDI

Analisis karakteristik awal lindi dilakukan beberapa kali sebelum penelitian dimulai yaitu pada saat aklimatisasi tanaman. Lindi ini langsung diambil dari bak penampung lindi tanpa diencerkan terlebih dahulu.

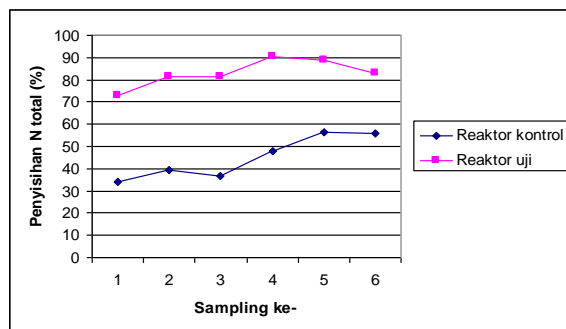
Tabel 2. Karakteristik Sampel Lindi Bibis Karah

Parameter	Nilai
COD	9.600 mg/L
N	343,75 mg/L
P	10,02 mg/L
TS	14.224 mg/L
PV	278,08 mg/L
pH	7,65

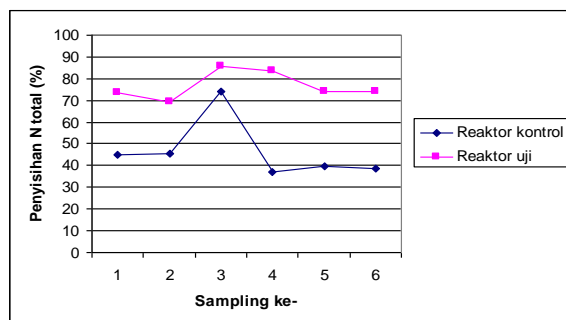
Lindi yang diolah di dalam reaktor sebelumnya dilakukan pengenceran. Variasi konsentrasi N yang digunakan sebesar ± 100 mg/L dan ± 150 mg/L. Efisiensi penyisihan senyawa nitrogen pada lindi TPS Bibis Karah sangat penting karena konsentrasi dari senyawa nitrogen cukup besar.

EFISIENSI REAKTOR ALIRAN HORIZONTAL

Hasil penelitian untuk reaktor aliran horizontal ditampilkan pada Gambar 3 sampai Gambar 6.



Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Konsentrasi N Total pada Reaktor Aliran Horizontal dengan konsentrasi N ± 100 mg/L.



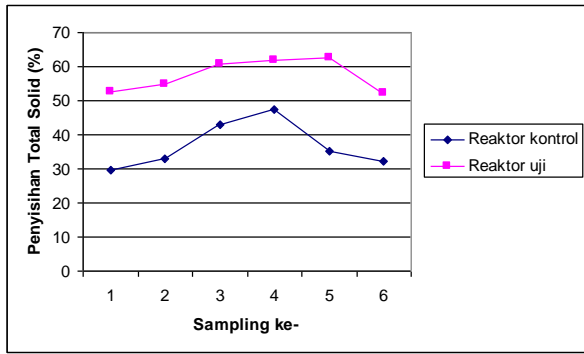
Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Konsentrasi N Total pada Reaktor Aliran Horizontal dengan Konsentrasi N ± 150 mg/L.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa hasil penyisihan N total pada reaktor kontrol, sampai dengan sampling terakhir (ke-6) menunjukkan efisiensi penyisihan N total belum mengalami penurunan. Pada reaktor uji, efisiensi penyisihan konsentrasi N total mencapai 90% pada sampling ke-4 dan mulai mengalami penurunan pada sampling ke-5 dan ke-6. Dapat diamati bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil penyisihan konsentrasi N total pada reaktor uji dengan reaktor kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa adanya tanaman *Cyperus papyrus* dapat meningkatkan kemampuan reaktor dalam menyisihkan konsentrasi N total pada lindi.

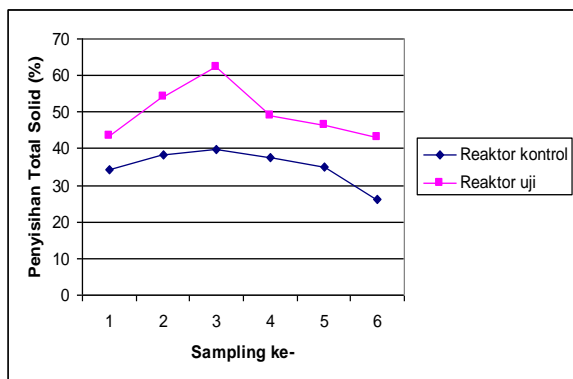
Tampak pada Gambar 4 bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi N total pada variasi konsentrasi N sebesar ± 150 mg/L dengan menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* sedikit berfluktuasi, demikian pula pada reaktor kontrol yang digunakan. Namun demikian dapat diamati bahwa efisiensi penyisihan N total tertinggi pada reaktor uji adalah sebesar 85% yang tercapai pada sampling ke-3, dan mulai mengalami penurunan kemampuan penyisihan pada sampling ke-4 sampai ke-6. Pada Gambar 4 tersebut juga dapat diamati bahwa reaktor uji mampu menyisihkan konsentrasi N total dengan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan reaktor kontrol, dikarenakan akar tanaman ini juga dapat berfungsi sebagai tempat pelekatan mikroorganisme sehingga jumlah mikroorganisme yang memanfaatkan nitrogen dari lindi yang berada di dalam reaktor menjadi lebih banyak.

Kedua reaktor uji diatas, yaitu reaktor uji dengan beban konsentrasi N total 100 mg/L dan reaktor uji dengan beban konsentrasi N total 150 mg/L, menghasilkan efisiensi penyisihan konsentrasi N total yang berbeda. Pada reaktor uji dengan beban konsentrasi N total 100 mg/L kemampuan penyisihan yang dicapai adalah antara 70-90%, sedangkan pada reaktor uji dengan beban konsentrasi N total 150 mg/L kemampuan penyisihan yang dicapai adalah 70-85%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kemampuan reaktor *wetland* aliran horizontal dalam menyisihkan konsentrasi N total adalah maksimal pada beban konsentrasi N total 100 mg/L. Hal ini ditunjukkan dengan efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan reaktor yang diberi beban konsentrasi N total 150 mg/L.

Pada Gambar 5 dapat diamati bahwa sampling pada reaktor uji maupun reaktor kontrol, terjadi peningkatan kemampuan penyisihan konsentrasi TS dan terjadi penyisihan maksimum pada sampling ke-5 pada reaktor uji dan sampling ke-4 pada reaktor kontrol. Pada reaktor uji, kemampuan penyisihan konsentrasi TS yang dapat dicapai adalah sebesar 52-62 %, sedangkan pada reaktor kontrol besarnya penyisihan yang dapat dicapai adalah 30-47 %. Tampak adanya perbedaan yang signifikan dalam kemampuan penyisihan konsentrasi TS pada kedua reaktor. Hal ini menunjukkan bahwa akar tanaman *Cyperus papyrus* memberikan keuntungan dalam proses sedimentasi dan filtrasi pada reaktor.



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan TS pada Reaktor Aliran Horizontal dengan Konsentrasi N ± 100 mg/L



Gambar 6. Efisiensi Penyisihan TS pada Reaktor Aliran Horizontal dengan Konsentrasi N ± 150 mg/L

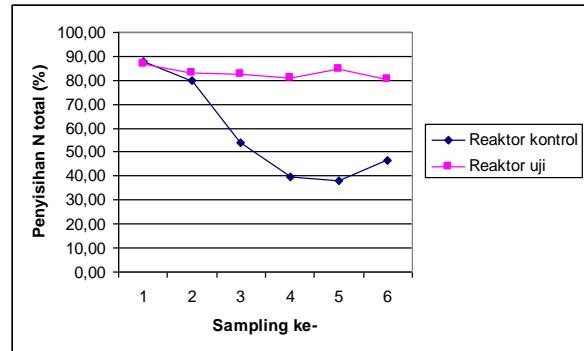
Gambar 6 menampilkan efisiensi penyisihan Total Solid pada reaktor uji maupun reaktor kontrol. Efisiensi penyisihan TS pada lindi disebabkan oleh adanya mekanisme sedimentasi dan filtrasi dalam sistem *Constructed Wetland*, tampak pada gambar diatas, bahwa kemampuan penyisihan lebih tinggi dapat dihasilkan oleh reaktor uji yang menggunakan tanaman *Cyperus papyrus*, hal ini menunjukkan bahwa akar tanaman berperan dalam mekanisme sedimentasi dan filtrasi. Kemampuan reaktor uji dalam menyisihkan konsentrasi TS adalah sebesar 44-62 % dan pada reaktor kontrol adalah sebesar 25-40 %.

Pada kedua reaktor uji yang diamati, tampak bahwa reaktor uji yang menerima beban N total sebesar 100 mg/L mempunyai kemampuan penyisihan konsentrasi TS yang sedikit lebih baik dibandingkan reaktor uji dengan beban N total sebesar 150 mg/L. Hal ini semakin menunjukkan bahwa kemampuan reaktor uji aliran horisontal ini

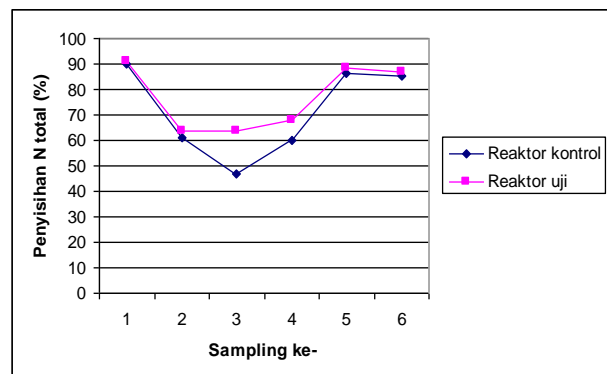
mempunyai kemampuan maksimum beban N total sebesar 100 mg/L, karena penyisihan konsentrasi N total maupun penyisihan konsentrasi TS yang dapat dicapai lebih tinggi dibandingkan reaktor dengan beban N total 150 mg/L.

EFISIENSI REAKTOR ALIRAN VERTIKAL

Hasil penelitian untuk reaktor aliran horisontal ditampilkan pada Gambar 7 sampai Gambar 10.



Gambar 7. Efisiensi Penyisihan N Total pada Reaktor Aliran Vertikal dengan Konsentrasi N ± 100 mg/L

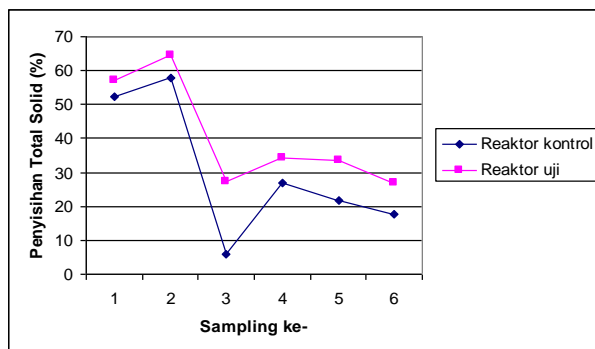


Gambar 8. Efisiensi Penyisihan N Total pada Reaktor Aliran Vertikal dengan Konsentrasi N ± 150 mg/L

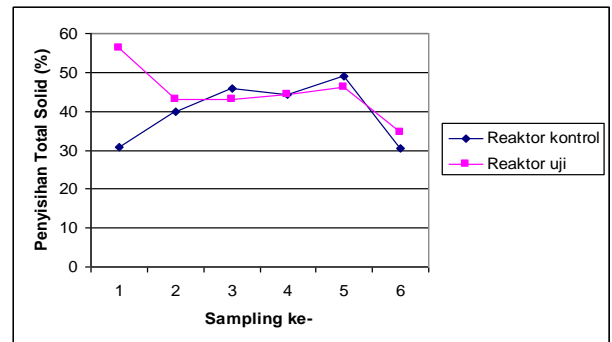
Tampak pada Gambar 7 dan Gambar 8 bahwa kemampuan penyisihan konsentrasi N total pada reaktor uji dengan beban N sebesar 100 mg/L adalah 80-85 %, sedangkan untuk reaktor uji dengan beban N sebesar 150 mg/L mencapai 90 %. Kemampuan penyisihan konsentrasi N total pada reaktor kontrol lebih rendah dibandingkan dengan kemampuan reaktor uji, hal ini menunjukkan bahwa adanya tanaman *Cyperus papyrus* memberikan pengaruh terhadap kemampuan penyisihan dalam reaktor. Proses penghilangan

senyawa nitrogen pada reaktor *constructed wetland* meliputi filtrasi, sedimentasi, pengambilan oleh tumbuhan (*uptake*) dan mikroorganisme, adsorpsi, nitrifikasi, denitrifikasi dan volatilisasi. Adanya tanaman *Cyperus papyrus* memberikan pengaruh walaupun tidak secara langsung, tetapi dapat membantu proses penurunan konsentrasi nitrogen yang cukup besar. Sistem perakaran tanaman berguna sebagai tempat pelekatan mikroorganisme sehingga jumlah mikroorganisme di dalam media lebih banyak. Semakin banyaknya jumlah mikroorganisme menyebabkan kecepatan penutupan pori secara mikrobiologis melebihi kecepatan peningkatan removal udara yang terperangkap dalam media akibat aliran lindi, hal ini dapat menstabilkan konduktivitas hidraulik yang sebelumnya meningkat, proses ini membantu dalam penurunan kandungan N. Lindi juga tertahan lebih lama oleh akar tanaman sehingga proses penurunan nitrogen menjadi lebih optimal, khususnya pada daerah akar tanaman. Selain itu, jika terdapat sisa tanaman yang mati dapat menjadi sumber energi dalam proses denitrifikasi, yaitu perubahan nitrat menjadi gas N_2 .

Gambar 9 dan Gambar 10 memperlihatkan perbandingan antara efisiensi penyisihan konsentrasi Total Solid pada reaktor wetland dengan variasi lindi dengan beban N 100 mg/l dan 150 mg/l menggunakan tanaman *Cyperus papyrus*. Efisiensi yang dicapai kedua reaktor tersebut adalah mencapai 65 % untuk reaktor uji dengan beban N total sebesar 100 mg/L dan 55 % untuk reaktor uji dengan beban N total sebesar 150 mg/L. Seperti pada gambar-gambar yang ditampilkan pada bagian sebelumnya, tampak bahwa hasil penyisihan konsentrasi Total Solid pada reaktor uji lebih baik dibandingkan dengan reaktor kontrol.



Gambar 9. Efisiensi Penyisihan TS pada Reaktor Aliran Vertikal dengan Konsentrasi N \pm 100 mg/L



Gambar 10. Efisiensi Penyisihan TS pada Reaktor Aliran Vertikal dengan Konsentrasi N \pm 150 mg/L.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya tanaman berpengaruh terhadap penyisihan konsentrasi Total Solid, tetapi dari dua jenis variasi beban lindi yang digunakan dalam penelitian ini, penyisihan konsentrasi Total Solid pada reaktor dengan konsentrasi N 150 mg/l adalah sedikit lebih baik dibandingkan pada beban konsentrasi 100 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor dengan aliran vertikal mempunyai kapasitas beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor dengan aliran horisontal. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya tanaman *Cyperus papyrus* memiliki akar rimpang yang dapat menyebar ke semua arah pada permukaan media pasir. Struktur akar tanaman tersebut menyediakan jalur infiltrasi melalui lapisan atas media pasir sehingga dapat menyebabkan mekanisme filtrasi menjadi lebih baik dan permukaan media tidak mudah mengalami *clogging*.

Mekanisme penyisihan kandungan TS dalam *constructed wetland* adalah melalui proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi. Mekanisme penyisihan secara fisik berjalan dengan sempurna karena adanya pasir sebagai media pendukung dalam proses filtrasi dan tanaman sebagai media pendukung proses sedimentasi. Tanaman dalam hal ini berfungsi sebagai tempat lindi melewati jaringan perakaran yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap secara optimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa efisiensi reaktor *constructed wetland* aliran horizontal menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* untuk menyisihkan konsentrasi N total adalah sebesar 70-90% dan efisiensi

penyisihan TS adalah 43-63%, dengan kemampuan maksimal beban konsentrasi N total reaktor adalah sebesar 100 mg/L. Sedangkan efisiensi reaktor *constructed wetland* aliran vertikal menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* untuk menyisihkan konsentrasi N total adalah sebesar 62-90 % dan efisiensi penyisihan TS adalah 30-65%, dengan capaian efisiensi penyisihan konsentrasi N total yang lebih baik pada beban konsentrasi N total dalam reaktor sebesar 150 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. (1998). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition.** Washington.
- Campbell, C.S. dan Ogclen, M.H. (1999). **Constructed Wetland in The Sustainable Landscape.** John Wiley, New York.
- Cooper, P. F., Job, G. D., Green, M. B. dan Shutes, R. B. E. (1996). **Reed Beds and Constructed wetlands for Wastewater Treatment.** pp 206. WRc Publications, Medmenham, Marlow, UK.
- Crites, R. dan Tchobanoglous, G. (1998). **Small and Desentralized Wastewater Managemen System.** The McGraw-Hill Companies. United States.
- Fleming, R. (2002). **Impact of Use Compost on The Quality of Drainage Water.** University of Guelph. Canada.
- Green, M. B. (1997). **Experience with Establishment and Operation of Reed Bed Treatment for Small Communities in The UK.** Wetland Ecology and Management. 4, 147-158.
- Haberl, R., Grego, S., dan Langergraber. (2003). **Constructed Wetland for Treatment of Organik Pollutant.** Journal of Solid and Sediment vol 3(no.2).
- Heskett dan Bartholomew. (2001). **Constructed Wetland,** <URL: <http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/-overview.pdf>>.
- Khiatuddin, M. (2003). **Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan.** Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Langergraber, G. (2003). **Simulation Of Subsurface Flow Constructed Wetland Result and Furturer Research Needs.** Water Science Tecnology, vol. 48 (No.5). pp 157-166.
- Liehr, S.K. (2000). **Constructed Wetlands Treatment of High Nitrogen Landfill Leachate,** Water Environment Research Fondation, Alexandria, Virginia (USA).
- Metcalf dan Eddy. (1993). **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse.** Mc Graw Hill Comp.
- Ogclen, Michael. (2000). **Constructed Wetland for Wastewater Treatment.** Office of Research and Development Washington D.C.
- Ron, F. (2002). **Impact of Use Compost on The Quality of Drainase Water.** University of Guelph. Canada.
- Scheper, J., (2004). **Cyperus papyrus,** <URL:http://www.floridata.com/ref/C/cypa_pap.cfm>
- Schulz, C. (2003). **Treatment of Rainbow Trout Farm Effluents in Constructed Wetland with Emergant Plant and Subsurface Horizontal Water Flow.** Aquaculture 217: (207-221), Elsevier. Germany.
- Tangahu, B. V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A. (2000). **Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha latifolia) dalam Sistem Constructed Wetland, Jurnal Purifikasi.** Volume 3, No.3 mei 2001 :127-132.
- Poulsen, T.G. (2003). **Solid Waste Management: Aerobik Komposting.** Aalborg University Hand out.
- Vymazal, J. (1999). **Removal of BOD5 in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-surface Flow: Czech Experience.** Water Science Tecnology, Volume 40, No. 3. 133-138.