

PENGOLAHAN LINDI DARI PROSES KOMPOSTING DENGAN *CANNA EDULIS* PADA *CONSTRUCTED WETLAND* ALIRAN VERTIKAL

TREATMENT OF LEACHATE FROM COMPOSTING PROCESS USING *CANNA EDULIS* IN VERTICAL FLOW CONSTRUCTED WETLAND

Mohammad Falahul A'laa Alharomaini dan Bieby Voijant Tangahu
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, Surabaya
email: gstcompe_fala@yahoo.com

Abstrak

Lindi yang dihasilkan dari aktivitas komposting jarang diperhatikan pengelolaannya, sehingga dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan air permukaan. Alternatif solusi yang dapat digunakan adalah sistem *Constructed Wetland*, yaitu sistem pengolahan limbah cair menggunakan tumbuhan air. Penelitian ini bertujuan menguji kemampuan reaktor *Sub Surface Flow Constructed Wetland* (SSFCW) aliran vertikal untuk menurunkan kandungan N total, Total Solids (TS) dan Permanganate Value (PV) lindi pada berbagai variasi lindi dengan beban konsentrasi N sebesar ± 100 mg/L dan 150 mg/L dengan menggunakan *Canna edulis*. Reaktor yang digunakan berukuran 90×30×50 cm dengan kedalaman media 40 cm. Media yang digunakan adalah pasir dengan porositas 47,91% dengan perencanaan waktu tinggal 1 hari dan debit pengaliran 25 L/hari. Dari hasil penelitian didapatkan efisiensi penyisihan kandungan N paling tinggi adalah 89,88% pada reaktor SSFCW aliran vertikal dengan beban konsentrasi N sebesar 150 mg/L. Sedangkan untuk efisiensi TS dan PV tertinggi adalah 70,72 % dan 98,20 % didapatkan pada reaktor SSFCW aliran vertikal dengan tanaman *C. edulis* dengan beban lindi N sebesar 100 mg/L. Tanaman *C. edulis* mengalami pertumbuhan tinggi maksimal sebesar 1,83 cm pada pengamatan hari ke-6.

Kata kunci: Constructed Wetland, lindi, *Canna edulis*

Abstract

Leachate formation during composting process until now has been often neglected by compost producers. Consequently the leachate has caused contamination to ground water and surface water to occur. A solution alternative is Constructed Wetland system, which processes liquid waste using plant. The aim of this research is to measure the ability of Sub Surface Flow Constructed Wetland (SSFCW) vertical flow reactor to reduce N, Total Solids (TS) dan Permanganate Value (PV) of the leachate with in a number of leachate variations and N concentration limits of ± 100 mg/L and 150 mg/L. The type of plant used was *Canna edulis*. The dimension of reactor was 90×30×50 cm with the depth of media 40 cm. Sand with porosity of 47,91% was used for media in this research, detention time was 1 day with influent discharge of 25 L/day. Results of the research showed the highest N removal efficiency was 89,88% at vertical stream of SSFCW reactor with N concentration of 150 mg/L. Whereas the highest TS and PV removal efficiency were 70,72% and 98,20% respectively in the reactor with N concentration of 100 mg/L. *Canna edulis* reached maximum growth increase of 1,83 cm within six days.

Keyword: Constructed Wetland, leachate, *Canna edulis*

1. PENDAHULUAN

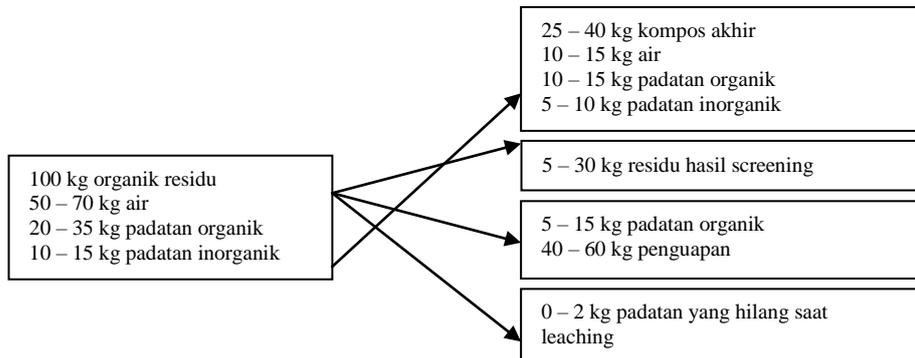
Kompos yang dibuat memanfaatkan proses biologis dengan melibatkan interaksi kompleks dari mikroorganisme yang terdapat di dalam sampah. Dari proses komposting dihasilkan pula gas dan lindi dari proses dekomposisi sampah.. Berdasarkan perbandingan dari hasil perolehan *mass balance* pada Gambar 1, sebanyak 2 kg dari 100 kg sampah

yang dikompos secara aerobik akan terlarut dalam lindi.

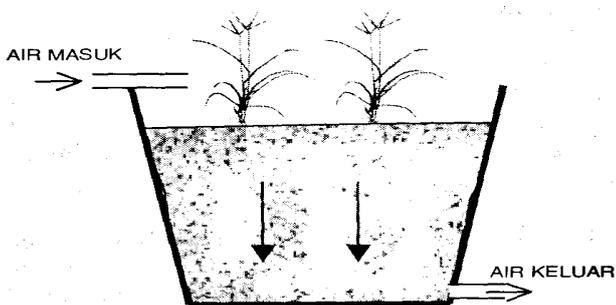
Lindi dari proses komposting sangat jarang diperhatikan, sehingga sering dibuang langsung ke badan air. Hal ini memunculkan ide untuk melakukan penelitian pengolahan lindi hasil komposting dengan teknologi yang sederhana dan biaya operasi dan pemeliharaan yang murah.

Sistem *sub-surface flow constructed wetland* (SSFCW) aliran vertikal dalam aplikasinya tidak memerlukan lahan yang luas. Selain itu lindi berada

di bawah permukaan media, sehingga tidak timbul genangan dan mengurangi bau dan nyamuk.



Gambar 1. Perbandingan Mass Balance Proses Dalam Komposting Aerobik. (Polsen, 2003)



Gambar 2. SSFWS Aliran Vertikal Menurun (Khatuddin, 2003)

Dalam sistem SSFWS, pengolahan lindi terjadi karena mengalir melalui tanaman yang ditanam pada media berpori. Media yang digunakan tanah, pasir dan kerikil. Dalam sistem ini tanaman melalui akar dan rizhoma yang mentransfer oksigen ke dalam media *subsurface* dan menciptakan kondisi aerobik. Proses pengolahan lindi terjadi melalui proses filtrasi, sedimentasi, absorpsi oleh mikroba dan adsorpsi oleh tanah (Crites, 1998; dalam Yuanita, 2003).

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Canna edulis*. Tanaman ini mempunyai karakteristik relatif adaptif terhadap kelembaban media tanam yang cukup tinggi. Selain itu tanaman ini juga relatif mudah ditemukan dan mudah dikembangbiakkan.

Tanaman *C. edulis* tumbuh merumpun, bersifat semusim dan dapat hidup lebih dari setahun. Dalam sistematika tumbuhan, *C. edulis* diklasifikasikan sebagai berikut: Kingdom Plantae, Divisi Spermatophyta, Sub-divisi Angiospermae, Kelas Monocotyledonae, Famili Cannaceae, Spesies *Canna edulis* (Rukmana, 1997).



Gambar 3. Tanaman *Canna edulis*

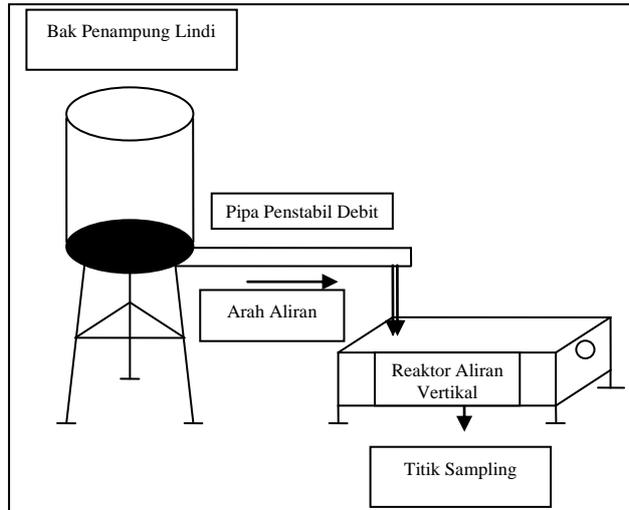
Tujuan penelitian ini adalah menentukan kemampuan reaktor *constructed wetland* aliran vertikal dengan menggunakan *C. edulis* untuk mereduksi konsentrasi Nitrogen dan Total Solid pada lindi dari proses komposting, serta PV. Tujuan lainnya adalah mengamati pertumbuhan *C. edulis* yang meliputi pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah tanaman yang hidup.

2. METODOLOGI

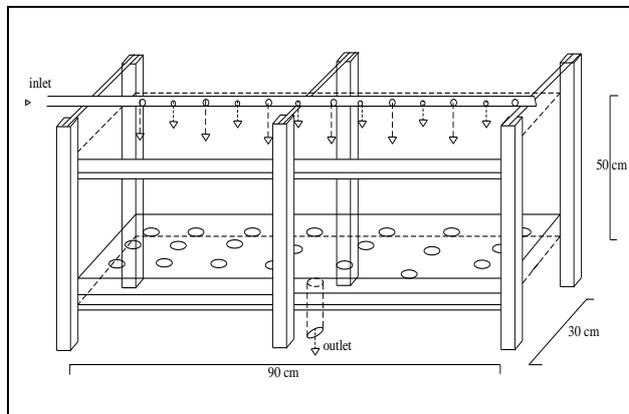
Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan, ITS. Penelitian dibatasi pada pengolahan lindi yang dihasilkan dari proses komposting di TPS Bibis, Kelurahan Karah, Kecamatan Jambangan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor yang dirancang dengan penentuan lebar dan panjang bak yang ditentukan berdasarkan beban maksimum dan waktu detensi. Reaktor yang digunakan terbuat dari kaca dengan panjang 90 cm, lebar 30 cm dan kedalaman 50 cm. Kedalaman media 40 cm. Media yang digunakan adalah pasir dengan porositas 47,91%, dengan rencana waktu tinggal 1 hari dan debit pengaliran 25 L/hari.

Tanaman *C. edulis* dipilih dengan klasifikasi: umur 2-3 bulan, jarak tanam 30 cm x 30 cm, aklimatisasi dengan mengaliri tanaman dengan limbah selama ± 1 minggu.



Gambar 4. Skema Reaktor Penelitian



Gambar 5. Detail Reaktor Aliran Vertikal

Pelaksanaan penelitian diawali dengan set-up peralatan, yaitu pengkondisian dari masing-masing reaktor sesuai dengan proses yang akan terjadi.

Rincian langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut: pengukuran konsentrasi awal lindi dengan parameter konsentrasi N total, TS dan PV, pengenceran air limbah sesuai dengan variasi kadar N yang akan diolah dalam *constructed wetland*, pengaturan debit dan sistem pengaliran secara vertikal, analisis TS, N dan PV effluen, pengamatan pertumbuhan tinggi tanaman secara visual. Pengambilan sampel 100 ml dilakukan sebanyak 6 kali (setiap 2 hari) di tiap reaktor. Setelah itu dilakukan karakterisasi efluen dari setiap sampel. Pengukuran N dengan analisis N total dengan spektrofotometer. Analisis TS dilakukan dengan gravimetri. Analisis PV dengan metode

titrasi. Tabel 1 menunjukkan jenis variasi dan parameter yang diteliti.

Tabel 1. Variabel dan Parameter Penelitian

Proses	Variabel Penelitian	Parameter
Constructed wetland	- Variasi beban bahan organik yang akan diolah dilihat dari konsentrasi N : 100 mg/L dan 150 mg/L	- TS - N - PV - Pertambahan tinggi tanaman
	- Variasi jenis tumbuhan	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakterisasi Lindi

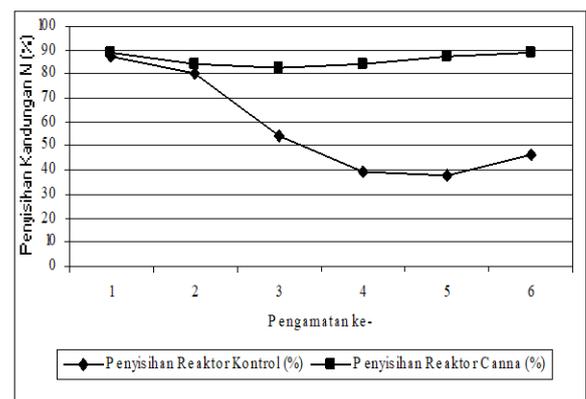
Karakterisasi awal lindi dilakukan beberapa kali pada saat aklimatisasi. Lindi langsung diambil dari bak penampung lindi tanpa pengenceran. Hasil analisis awal dari karakteristik lindi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Awal Lindi

Parameter	Konsentrasi
N	343,75 mg/L
COD	1320 mg/L
P	10,02 mg/L
TS	14224 mg/L
pH	7,65
Suhu	28,3 °C

Karakteristik Effluen Kadar N

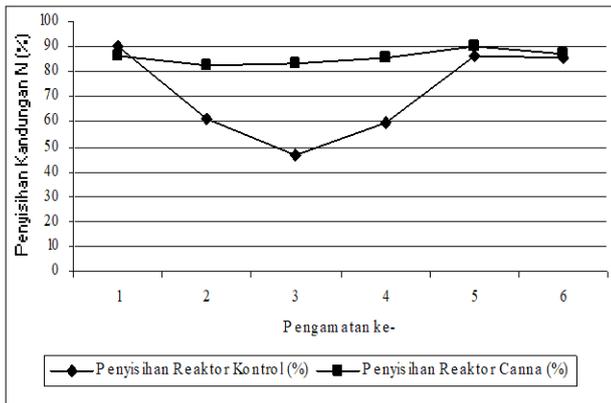
Pola penyisihan N pada variasi kadar lindi N ± 100 mg/L dan 150 mg/L dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Penyisihan Konsentrasi N Pada Kadar N ± 100 mg/L

Gambar 6 menunjukkan kemampuan optimum penyisihan kandungan N pada reaktor kontrol media dengan beban N ± 100 mg/L adalah sebesar 46,66-87,72%. Sedangkan untuk reaktor uji, besarnya efisiensi penyisihan N adalah 88,97-88,71%. Gambar 7 menunjukkan efisiensi penyisihan N optimum pada reaktor kontrol dengan beban N ± 150 mg/L sebesar 46,79-

90,21%. Sedangkan hasil yang ditunjukkan pada reaktor uji, besarnya penyisihan N adalah 82,74-89,88%.

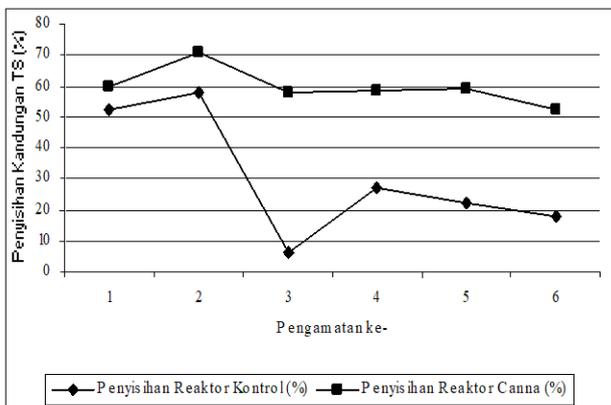


Gambar 7. Penyisihan Konsentrasi N Pada kadar N ± 150 mg/L

Tanaman *C. edulis* berguna sebagai tempat perlekatan mikroorganisme. Jumlah mikroba yang semakin banyak dapat 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 menjadi lebih lama tertahan oleh akar tanaman, sehingga proses penurunan N menjadi lebih optimum, khususnya pada daerah akar tanaman. Selain itu, sisa tanaman yang mati dapat menjadi sumber energi dalam proses denitrifikasi.

Parameter TS

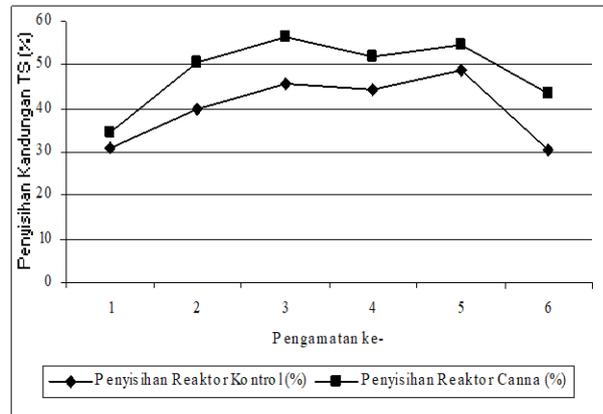
Penyisihan konsentrasi TS dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Penyisihan Konsentrasi TS Pada Variasi Beban Lindi N±100 mg/L

Gambar 9 menunjukkan konsentrasi N 150 mg/L mampu diserap lebih baik oleh *C. edulis*. Tanaman

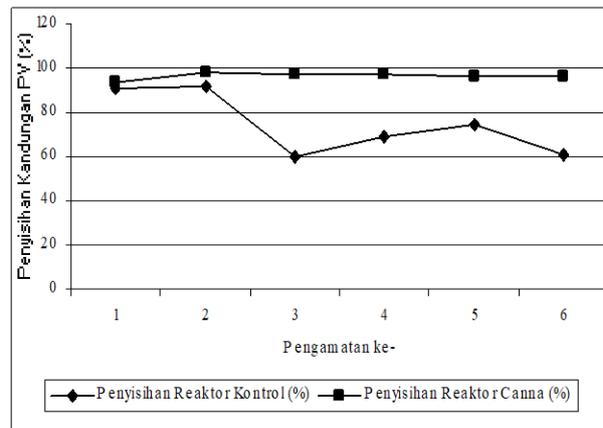
C. edulis memiliki akar rimpang yang dapat menyebar ke semua arah pada permukaan media pasir sedalam 30-40 cm. Struktur akar tersebut menyediakan jalur infiltrasi melalui lapisan atas media pasir sehingga memastikan bahwa permukaan filter tidak mengalami *clogging*. Dengan demikian proses sedimentasi dan filtrasi partikel padatan pada reaktor *Canna* menjadi lebih optimal.



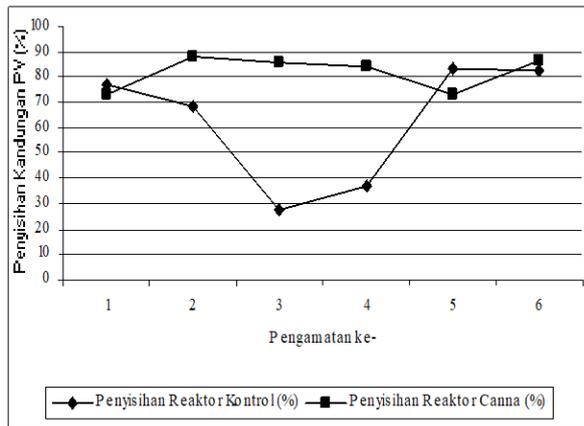
Gambar 9. Penyisihan Konsentrasi TS Pada Variasi Beban Lindi N ± 150 mg/L.

Parameter PV

Gambar 10 dan 11 memperlihatkan perbandingan antara efisiensi penyisihan konsentrasi PV pada variasi tanaman *C. edulis*. Dalam grafik tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya tanaman berpengaruh terhadap penyisihan konsentrasi PV, tetapi dari dua jenis variasi lindi yang digunakan dalam penelitian ini penyisihan PV pada lindi dengan beban N 150 mg/L mampu disisihkan secara optimum oleh tanaman *C. edulis*. Tanaman *C. edulis* memiliki akar rimpang yang menyediakan jalur infiltrasi melalui lapisan atas media pasir sehingga transfer oksigen dapat berjalan dengan baik.



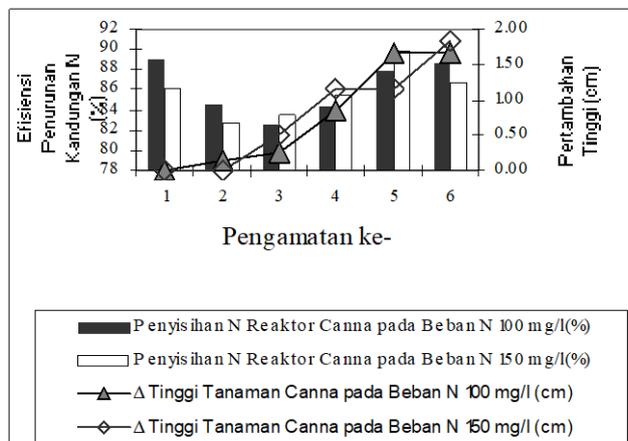
Gambar 10. Penyisihan Konsentrasi PV Pada Variasi Beban Lindi N±100 mg/L



Gambar 11. Penyesihan Konsentrasi PV Pada Variasi Beban Lindi N ± 150 mg/L

Perbandingan Pertambahan Tinggi Tanaman terhadap Efisiensi N, TS dan PV

Efisiensi penurunan N pada tahap pengisian pertama pada Gambar 12 cenderung fluktuatif, sehingga kurang menunjukkan pengaruh pada pertumbuhan tanaman.

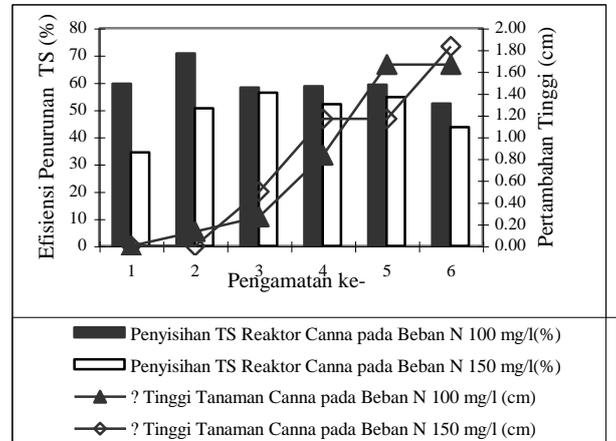


Gambar 12. Hubungan Antara Efisiensi N Terhadap Tinggi *C. edulis*

Hal ini disebabkan karena tanaman maupun media masih beradaptasi dengan konsentrasi air lindi yang berubah-ubah. Interaksi antara media, mikroorganisme dan tanaman menyebabkan efisiensi penurunan nitrogen dan tinggi tanaman semakin meningkat.

Gambar 13 menunjukkan secara umum pertumbuhan tinggi dari tanaman *C. edulis* yang semakin meningkat seiring dengan efisiensi penurunan konsentrasi TS. Nilai efisiensi penurunan TS keadaan optimum adalah 70,72% pada beban konsentrasi N sebesar ± 100 mg/L. Pertambahan tinggi tanaman menyebabkan pertumbuhan akar tanaman semakin meluas dalam

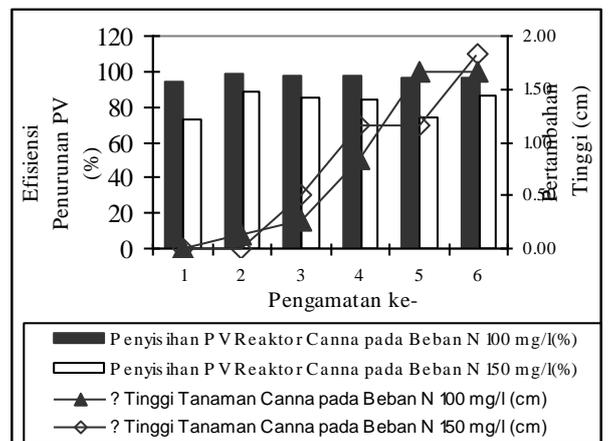
menopang batang untuk berdiri tegak. Air lindi dari proses komposting mengalir turun ke bawah melewati sistem jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap, sehingga efisiensi penurunan total solid menjadi optimum.



Gambar 13. Hubungan Antara Efisiensi TS Terhadap Tinggi *C. edulis*

Berdasarkan performa grafik yang ditunjukkan pada Gambar 14, diketahui bahwa pertumbuhan tanaman mendukung efisiensi penurunan kandungan PV. Hasil yang menunjukkan efisiensi penurunan PV keadaan optimum pada tanaman *C. edulis* adalah sebesar 98,20% pada variasi lindi dengan beban N sebesar ± 100 mg/L.

Karakteristik media yang mempunyai ruang pori sebagai tempat translokasi oksigen dimanfaatkan oleh akar tanaman untuk perluasannya sehingga mendukung proses degradasi oleh mikroorganisme aerobik yang hidup pada daerah sistem perakaran tersebut.



Gambar 14. Hubungan Antara Efisiensi PV Terhadap Tinggi *C. edulis*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa reaktor *constructed wetland* aliran vertikal dengan menggunakan *Canna edulis* mampu menyisihkan kandungan N, TS dan PV pada lindi komposting yang berasal dari TPS Bibis Karah. Reaktor tersebut mampu dengan baik menyisihkan kandungan N, TS dan PV pada lindi dengan beban N \pm 100 mg/L dan \pm 150 mg/L. Selain itu pertumbuhan dan pertambahan tinggi *C. edulis* mendukung efisiensi penyisihan N, TS dan PV dalam reaktor *constructed wetland* aliran vertikal.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, C.S. dan Ogden (1999). **Constructed Wetland in The Sustainable Landscape**. John Wiley and Son, Inc. New York.
- Crites, R. dan Tchobanoglous (1998). **Small and Desentralized Wastewater Management System**. McGraw-Hill, 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.
- Fleming, R. (2002). **Impact of Use Compost on The Quality of Drainage Water**. University of Guelph. Canada.
- Haberl, Rainmud, Stelanod, G. dan Langergraber (2003). **Constructed Wetland for Treatment of Organik Pollutant**. *Journal of Solid and Sediment*. **3**. Nomor 2.
- Heskett dan Bartholomew (2001). **Constructed Wetland**, <URL: <http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/overview.pdf>>.
- Khiatudin, M. (2003). **Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan**. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Langergraber G. (2003). **Simulation Of Subsurface Flow Constructed Wetland Result and Furturer Research Needs**. *Water Science Tecnology*, **48**. Nomor 5. 157-166.
- Liehr, S. K. (2000). **Constructed Wetland Treatment of High Nitrogen Landfil Leachate**, *Water Environment Research Fondation*. Alexandria, Virginia, USA.
- Ogden, Michael (2000). **Constructed Wetland for Wastewater Treatment**. Office of Research and Development Washington D. C.
- Rukmana, R. (1997). **Bunga Kana**. Kanisius, Yogyakarta.
- Scheper, J. (2003). **Canna X generalis**, <URL: http://www.floridata.com/ref/c/cann_xge.cfm>.
- Tangahu, B. V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A. (2001). **Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha latifolia) dalam Sistem Constructed Wetland**. *Jurnal Purifikasi*. **3**. Mei 2001, 127-132.
- Tjalfe G. Polsen (2003). **Solid Waste Management: Aerobik Komposting**. Aalborg University Hand out.
- Vymazal, J. (1999). **Removal of BOD5 in Constructed Wetlands with Horozontal Sub-surface Flow: Czech Experience**. *Water Science Tecnology*. **40**. No. 3. 133-138.
- Yuanita, C. (2003). **Pengaruh Variasi Media Tanaman Terhadap Penurunan PV dan TSS pada Pengolahan Effluen IPLT Keputih Surabaya dengan Tanaman Cattail Menggunakan Sistem Constructed Wetland**, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan-ITS, Surabaya.