

OPTIMASI EFISIENSI PENGOLAHAN LINDI DENGAN MENGUNAKAN CONSTRUCTED WETLAND

OPTIMIZATION OF LEACHATE TREATMENT EFFICIENCY BY USING CONSTRUCTED WETLAND

^{1*}Elsa Try Julita Sembiring, ²Barti Setiani Muntalif

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl Ganesha 10 Bandung 40132

*¹elsatryjulita@ymail.com dan ²barti@itb.ac.id

Abstrak: Lindi (leachate) dari landfill menjadi permasalahan bagi lingkungan khususnya untuk air permukaan dan air tanah. Teknologi pengolahan yang diterapkan landfill pada umumnya masih mengeluarkan effluen yang belum memenuhi baku mutu. Dengan demikian masih diperlukan pengolahan lanjutan yang mampu menurunkan kadar pencemar di dalam lindi. Sistem constructed wetland merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan. Constructed wetland merupakan suatu alternatif sederhana dengan biaya rendah yang telah terbukti efektif dalam perbaikan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi optimum constructed wetland aliran bawah permukaan dengan variasi jenis vegetasi, beban COD initial, dan waktu detensi dalam menyisihkan COD, BOD, NTK, Total Fosfat (TP) dan total suspended solid (TSS) pada lindi. Pada penelitian ini digunakan lima buah reaktor constructed wetland yang terdiri dari dua jenis tanaman: *Cyperus papyrus* dan *Canna sp.* Salah satu reaktor digunakan sebagai kontrol yakni diberi perlakuan tanpa tanaman. Nilai beban COD initial yang digunakan terdiri dari dua variasi yaitu 1000 mg/l COD dan 1500 mg/l COD, dengan waktu detensi (T_d) 2 hari dan 4 hari. Dari hasil penelitian diketahui bahwa penyisihan tertinggi COD, BOD, dan TSS terjadi pada reaktor *Cyperus papyrus* dengan efisiensi penyisihan sebesar 94,81 % dan 94,72% untuk BOD dan COD (beban 1000 mg/l COD, T_d 2 hari) serta 97,47% untuk TSS (beban 1000 mg/l COD, T_d 4 hari). Penyisihan NTK dan TP terjadi pada tanaman *Cyperus papyrus* dengan efisiensi sebesar 96,36% (beban 1000 mg/l COD, T_d 2 hari) dan 92,15% (beban 1500 mg/l COD, T_d 4 hari)

Kata kunci: constructed wetland, efisiensi penyisihan, lindi, vegetasi wetland, waktu detensi.

Abstract : Leachate from landfills becomes problem for environment, particularly for surface water and groundwater. Leachate treatment technology applied in landfill generally still discharges effluent that is not meet the quality standards given yet. Thus, following treatment is required to decrease pollutant concentration. The constructed wetland is a method that can be applied. It is a simple low cost technology that has been proven effective in amelioring. This experiment puposes to identify the optimum condition of subsurface flow (SSF) constructed wetland with the variation of vegetations, initial COD loading, and detention time in order to remove COD, BOD, TKN, Total Phosphate (TP) and total suspended solid (TSS) in leachate. In the experiment, there were five reactors consisted of two types vegetation: *Cyperus papyrus* and *Cyperus papyrus*. One of the reactor was used as a control that had no vegetation. The COD initial loadings were 1000 mg / l and 1500 mg / l and the detention times (T_d) used were 2 days and 4 days. The experiment showed that highest efficiency of COD, BOD, and TSS conducted in *Cyperus papyrus* reactor with removal efficiency 94.81% and 94.72% for COD and BOD (organic loading 1000 mg / l COD, T_d 2 days) and 97.47% for TSS. The highest removal of TKN and TP conducted in *Cyperus papyrus* with efficiency 96.36% (organic loading 1000 mg / l COD, T_d 2 days) and 92.15% (organic loading 1500 mg / l COD, T_d 4 days).

Key words: constructed wetland, removal effeciency, leachate, wetland vegetation, detention time

PENDAHULUAN

Pengelolaan akhir sampah secara *landfill* merupakan metode yang umum digunakan untuk penanganan limbah padat di banyak negara (Tchobanoglous, 1993). Masalah timbul ketika air hujan atau air permukaan meresap ke dalam timbunan sampah dan kemudian terjadi penguraian sampah secara kimia dan biokimia yang akan menimbulkan rembesan yang disebut dengan lindi (*leachate*). Lindi umumnya terdiri dari logam berat, senyawa organik dan anorganik seperti ammonia, sulfat, dan logam kationik (Christnsen et al 2002 dalam Yalcuk et al 2009). Lindi dapat mencemari air permukaan dan air bawah tanah karena pada umumnya mengandung nilai BOD 2.000-30.000 mg/L dan COD berkisar 3.000-60.000 mg/L (Martono et al). Lindi dengan karakteristik ini tidak dapat langsung dibuang ke badan air karena akan mencemari air. Pengolahan utama yang telah diterapkan untuk penanganan lindi antara lain *aerated lagoon*, *activated sludge*, *thickling filter* dan lain-lain (Renou et al 2008 dalam Syarifah 2010). Pengolahan ini memerlukan biaya konstruksi dan operasional yang cukup tinggi. Selain itu, effluent yang dikeluarkan dari pengolahan utama kebanyakan belum memenuhi baku mutu karena kadar pencemar initial lindi yang cukup besar. Dengan demikian dibutuhkan pengolahan lanjutan untuk mengolah effluent lindi ini.

Constructed wetland dapat dijadikan sebagai alternatif pengolahan lanjutan yang memiliki karakteristik performa yang baik, biaya pengoperasian dan investasi yang minimum dan sesuai untuk di negara berkembang seperti Indonesia. *Constructed wetland* merupakan pengolahan terencana dan terkontrol yang telah disesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah. Jenis *constructed wetland* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *subsurface flow* (SSF). *Constructed wetland* SSF mengolah limbah saat mengalir secara horizontal melalui celah-celah media dalam keadaan di bawah permukaan media. Pada SSF *constructed wetland* ini, vegetasi memiliki peran dalam menyediakan oksigen di zona akar, menjadi tempat melekatnya bakteri, dan menyerap polutan dalam limbah. Jenis tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah *Cyperus papyrus* dan *Canna sp.*

Pada penelitian ini, lindi dengan dua variasi konsentrasi diolah dengan menggunakan *Cyperus papyrus*, *Canna sp* dan tanpa tanaman (*blank reactor*) pada waktu detensi dua dan empat hari. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi optimum SSF *constructed wetland* akan dengan variasi jenis vegetasi, beban pengolahan, dan waktu detensi dalam menyisihkan COD, Total NTK, Total Fosfat (TP) dan total suspended solid (TSS) pada lindi.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang dipilih sebagai tempat pengambilan sampel adalah tempat pengelolaan akhir (TPA) Sarimukti yang terletak di Cipatat Kabupaten Bandung Barat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan ITB mulai Maret sampai Agustus 2011.

Vegetasi Wetland

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah *Cyperus papyrus* dan *Cyperus papyrus* yang diperoleh dari Cihideung Lembang. Pada **Gambar 1.** dan **Gambar 2.** ditunjukkan kedua jenis tanaman yang digunakan.



Gambar 1. *Cyperus papyrus*



Gambar 2. *Cyperus papyrus*

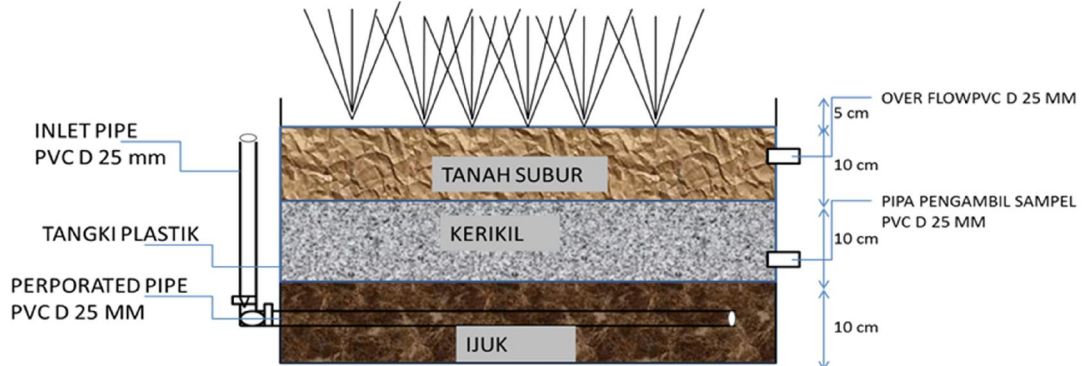
Reaktor Wetland

Pada penelitian ini dipergunakan 5 reaktor SSF *constructed wetland* yang terbuat dari bahan plastik dengan ukuran 54 x 39 x 35 cm dengan sistem *batch reactor*, yaitu:

1. Reaktor A: tanaman *Cyperus papyrus*
2. Reaktor B: tanaman *Cyperus papyrus*
3. Reaktor E: tanpa tanaman (kontrol)
4. Reaktor C: tanaman *Cyperus papyrus*
5. Reaktor D: tanaman *Cyperus papyrus*

Media Reaktor Wetland

Media yang digunakan pada *constructed wetland* ini adalah ijuk yang berada pada dasar reaktor, batu kerikil, dan pada bagian paling atas adalah tanah subur. Ijuk digunakan sebagai penyaring atau filtrasi partikel tersuspensi dalam limbah. Kerikil yang digunakan memiliki diameter ± 2 cm berasal dari Sungai Cikapundung. Pada bagian paling atas reaktor digunakan tanah subur sebagai tempat tumbuhnya vegetasi. Media tanah ini berasal dari Lembang. Susunan media dari kelima reaktor dalam penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan Media pada Reaktor

Aklimatisasi Reaktor

Tahap aklimatisasi dilakukan setelah penyiapan reaktor dan penanaman vegetasi *wetland* selesai dilakukan dengan cara mengalirkan air hujan ke dalam reaktor, dan air tersebut didiamkan selama satu minggu dalam reaktor. Tahap penjenjuran selesai dilakukan jika muka air pada reaktor tidak mengalami penurunan lagi (Setiyawan, 2007).

Pengoperasian Reaktor

Lindi dialirkan melalui saluran inlet yang masuk ke dalam reaktor melalui *perforated pipe* dan pengambilan sampel dilakukan pada pipa outlet yang berada di sisi kanan reaktor. Pada

penelitian ini dilakukan variasi waktu detensi pada *constructed wetland* dan variasi tanaman untuk melihat pengaruhnya pada lindi yang dimasukkan. Variasi yang dilakukan yaitu:

Variasi 1 : Beban pengolahan COD 1000 mg/l COD tanaman *Cyperus papyrus*

Variasi 2 : Beban pengolahan COD 1000 mg/l COD tanaman *Cyperus papyrus*

Variasi 3 : Beban pengolahan COD 1500 mg/l COD tanpa tanaman (kontrol)

Variasi 4 : Beban pengolahan COD 1500 mg/l COD tanaman *Cyperus papyrus*

Variasi 5 : Beban pengolahan COD 1500 mg/l COD tanaman *Cyperus papyrus*

Limbah dimasukkan pada hari pertama dan dilakukan pengambilan sampel setiap hari sekali, untuk melihat penurunan konsentrasi COD dan pengukuran BOD, NTK, TP, dan TSS pada air limbah pada hari kedua dan keempat.

Dalam penelitian ini dilakukan 3 kali running, meskipun kondisi awal untuk setiap running tidak tepat sama. Running pertama dilakukan setelah reaktor melewati tahap aklimatisasi terlebih dahulu. Namun pada running kedua dan ketiga dilakukan dengan cara mengeluarkan efluen dalam reaktor dan reaktor ditinggalkan selama 1 hari sebelum dilakukan running selanjutnya.

Pengambilan dan Pengukuran Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode sampel sesaat (*grab sample*). Kerangka penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Sampling dan Pengukuran

Reaktor	Penggunaan Vegetasi	COD initial (mg/L)	Pengukuran parameter
CW A	<i>Cyperus papyrus</i>	1000	COD, pH dan temperatur (setiap hari)
CW B	<i>Cyperus papyrus</i>	1000	NTK, fosfat, BOD, TSS (initial dan hari ke-2 dan hari ke-4)
CW C	Tanpa vegetasi	1500	
CW D	<i>Cyperus papyrus</i>	1500	
CW E	<i>Cyperus papyrus</i>	1500	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban COD initial yang digunakan adalah 1000 mg/l COD dan 1500 mg/l. Konsentrasi ini dipilih berdasarkan efisiensi pengolahan utama lindi yang diperkirakan berkisar 97% untuk pengolahan dengan cara kolam aerasi. COD lindi secara umum yaitu 2520 – 28800 mg/l. Dengan demikian efluen diperkirakan memiliki konsentrasi antara 1000 – 2000 mg/l COD.

Sebelum reaktor dioperasikan, dilakukan pengukuran karakteristik awal limbah berdasarkan variasi konsentrasi. **Tabel 2.** menunjukkan karakteristik limbah initial.

Tabel 2. Karakteristik Limbah Initial

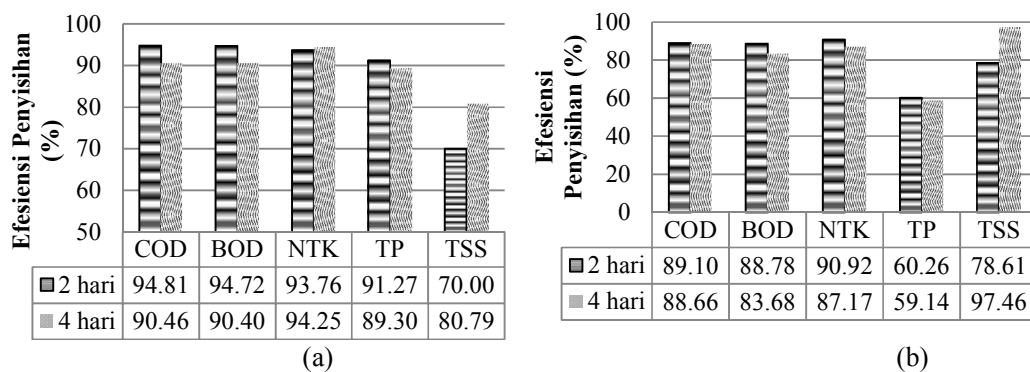
Parameter	Unit	Karakteristik	
		1000 mg/l COD	1500 mg/l COD
Suhu	°C	26	26
pH	mg/l	8,36	8,5
BOD	mg/l		
COD	mg/l	1050,45	1569,37
TSS	mg/l	342	
TP	mg/l	3,62	3,97
NTK	mg/l	212,80	366,45

Lindi dimasukkan ke reaktor sesuai dengan konsentrasi yang ditetapkan dan didiamkan selama 4 hari. Parameter utama yang diukur pada penelitian ini adalah COD, Nitrogen Total Kjeldahl (NTK), total fosfat (TP) dan *total suspended solid* (TSS). Waktu detensi adalah 2 hari dan 4 hari yang merupakan waktu awal stabilnya penyisihan COD pada *constructed wetland* ini.

Penyisihan Pencemar dengan *Cyperus papyrus*

Penyisihan pencemar dengan *Cyperus papyrus* berlangsung pada reaktor A dan reaktor E dengan konsentrasi limbah 1000 mg/l COD dan 1500 mg/l COD. Hasil penyisihan COD dari setiap perlakuan ditampilkan pada **Gambar 4**. Beban COD awalnya adalah 1050,45 mg/l untuk reaktor A dan variasi kedua adalah 1558,37mg/l COD untuk reaktor E. Efluen dari reaktor A berkisar antara 44,28 mg/l – 66,67 mg/l dengan rata-rata 55,47 mg/l untuk waktu detensi 2 hari dengan efisiensi sebesar 93,48 % – 95,93% dengan rata-rata 94,81% sedangkan konsentrasi COD efluen setelah 4 hari sebesar 73,51 mg/l – 128,11 mg/l dengan rata-rata 100,81mg/l. Efisiensi yang diperoleh pada reaktor A sebesar 87,65 % - 93,26% dengan rata-rata 90,46 % .

Efluen reaktor E setelah 2 hari berkisar 116,67 mg/l – 246 mg/l dengan rata-rata 167,80 mg/l atau efisiensinya sebesar 83,16 % – 92,85 % dengan rata-rata 89,10 % . Sedangkan konsentrasi COD efluen dengan waktu detensi 4 hari berkisar 178,23 mg/l – 370,11 mg/l dengan rata-rata 256,15 mg/l. Efisiensi dari reaktor E ini berkisar antara 88,23% – 89,08 % dengan rata-rata 88,66%.



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Parameter oleh *C. papyrus*
(a) Reaktor A (b) Reaktor E

Konsentrasi NTK influen pada reaktor A sebesar 212,8 mg/l. Efluen reaktor A dengan waktu detensi 2 hari adalah 12,25 mg/l atau memiliki efisiensi 93,76% sedangkan efluen untuk waktu detensi 4 hari adalah 14 mg/l dengan efisiensi 94,25%. Untuk reaktor E, konsentrasi NTK influen sebesar 366,45 mg/l dan efluen untuk waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 27,65 mg/l dan 29,75 mg/l atau efisiensi sebesar 90,92% dan 87,17%.

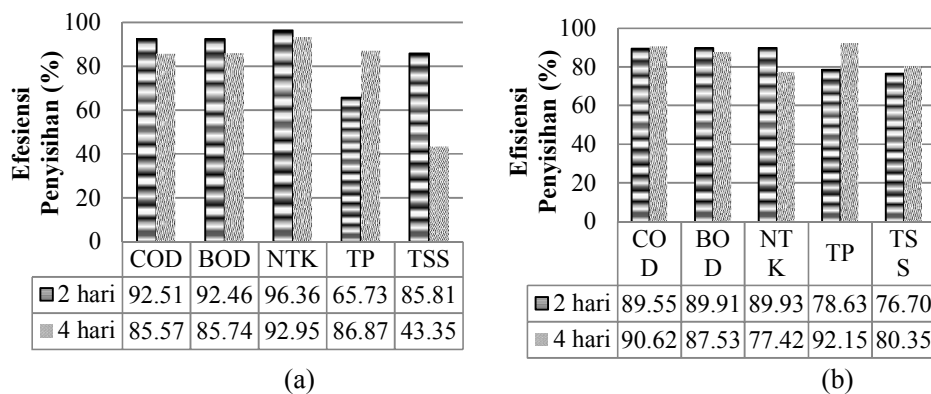
Konsentrasi TP influen pada reaktor A sebesar 3,62 mg/l. Efluen reaktor A dengan waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 0,411 mg/l dan 0,068 mg/l dengan efisiensi 91,27% dan 89,30%. Sedangkan untuk reaktor E, konsentrasi TP influen sebesar 3,97 mg/l dengan efluen untuk waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 1,62 mg/l dan 1,13 mg/l dengan efisiensi sebesar 60,26% dan 59,14%.

Konsentrasi TSS influen pada reaktor A sebesar 342 mg/l. Efluen reaktor A dengan waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 102,6 mg/l dan 65,70 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 70% dan 80,79%. Sedangkan untuk reaktor E, konsentrasi influen adalah 746,667 mg/l. Efluen dari reaktor E untuk waktu detensi 2 hari dan 4 hari besarnya 159,75 mg/l dan 18,93 mg/l dengan efisiensi 78,61% atau 97,46%.

Penyisihan Pencemar dengan *Cyperus papyrus*

Penyisihan pencemar dengan *Cyperus papyrus* terjadi pada reaktor B dengan konsentrasi limbah 1000 mg/l COD dan 1500 mg/l COD. Hasil penyisihan COD dari setiap perlakuan ditampilkan pada **Gambar 5**. Konsentrasi influen variasi pertama adalah 1050,45 mg/l untuk reaktor B dan variasi kedua adalah 1558,37 mg/l untuk reaktor D. Efluen dengan waktudetensi 2 hari dari reaktor B berkisar antara 52,78 mg/l – 111,11 mg/l dengan rata-rata 79,23 mg/l dengan efisiensi sebesar 89,81% – 94,84 % dengan rata-rata 92,51%. Sedangkan konsentrasi COD efluen dengan waktu detensi 4 hari berkisar 38,02 mg/l – 284,70 mg/l dengan rata-rata 149,75 mg/l. dengan efisiensi yang diperoleh berkisar 72,57 % – 96,51% dengan rata-rata 85,57 % .

Efluen reaktor D dengan waktu detensi 2 hari berkisar 50 mg/l – 299,29 mg/l dengan rata-rata 158,41 mg/l dengan efisiensi yang diperoleh sekitar 79,51 % – 96,94% dengan rata-rata 89,55%. Efluen COD dengan waktu detensi 4 hari berkisar 20,41 mg/l – 384,34 mg/l dengan rata-rata 195,75 mg/l dengan efisiensi sebesar 73,69 % – 93,42 % dengan rata-rata 90,62% .



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan Parameter oleh *Cyperus papyrus*
(a) Reaktor B (b) Reaktor D

Konsentrasi NTK influen pada reaktor B sebesar 212,8 mg/l. Efluen reaktor B dengan waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 8,4 mg/l dan 15,05 mg/l. Sedangkan untuk reaktor D, konsentrasi NTK influen sebesar 366,45 mg/l dan pada efluen setelah 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 26,95 mg/l dan 49 mg/l.

Konsentrasi TP influen pada reaktor B sebesar 3,62 mg/l. Efluen reaktor B dengan waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 1,33 mg/l dan 0,565 mg/l dengan efisiensi 65,73% dan 86,87%. Sedangkan untuk reaktor D, konsentrasi TP influen sebesar 3,97 mg/l dan pada efluen setelah 2 hari dan 4 hari berturut-turut sebesar 0,602 mg/l dan 0,47 mg/l dengan efisiensi 78,63% dan 92,15%.

TSS yang terkandung pada influen sebesar 342 mg/l untuk variasi 1000 mg/l COD dan 746,67 mg/l untuk variasi 1500 mg/l COD. Konsentrasi TSS pada reaktor B dengan waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut 48,54 mg/l dan 193,74 mg/l dengan efisiensi 85,81% dan 43,35%. TSS pada reaktor D dengan waktu detensi 2 hari dan 4 hari berturut-turut 173,95 mg/l dan 146,73 mg/l dengan efisiensi 76,70% dan 80,35%.

Pengaruh Variasi Waktu Detensi

Pada reaktor dengan *Cyperus papyrus* penyisihan pada waktu detensi 2 hari lebih tinggi untuk beban konsentrasi 1000 mg/l COD maupun 1500 mg/l untuk parameter COD, BOD, dan TP. Sedangkan penyisihan NTK terjadi secara bervariasi. Pada beban pengolahan 1000 mg/l COD efisiensi penyisihan NTK tidak signifikan sehingga pengaruh waktu detensi sangat kecil, sedangkan pada beban pengolahan 1500 mg/l perbedaan efisiensi terlihat cukup signifikan.

Dengan demikian secara umum dapat dikatakan bahwa penyisihan NTK lebih tinggi terjadi pada waktu detensi 2 hari.

Penyisihan NTK terjadi melalui penyerapan oleh vegetasi dan absorpsi oleh media yang dilewatinya. Kondisi rhizosphere pada akar tanaman akan mendukung proses biologi oleh bakteri nitrifikasi. Proses biologi pada wetland menyisihkan 75% nitrogen dalam air limbah (Howarth et al, 1996 dalam Melian et al, 2008). Kondisi yang terlalu aerob menyebabkan proses denitrifikasi berjalan kurang baik sehingga terjadi penumpukan produk nitrifikasi yakni nitrat dan nitrit dalam effluent.

Pada reaktor dengan tanaman *Canna sp*, penyisihan lebih baik terjadi pada waktu detensi 2 hari untuk konsentrasi 1000 mg/l COD maupun 1500 mg/l COD yakni COD, BOD, NTK, dan TSS. Sedangkan TP memiliki penyisihan paling tinggi pada waktu detensi 4 hari. Sedangkan penyisihan TSS pada waktu detensi 4 hari mengalami penurunan.

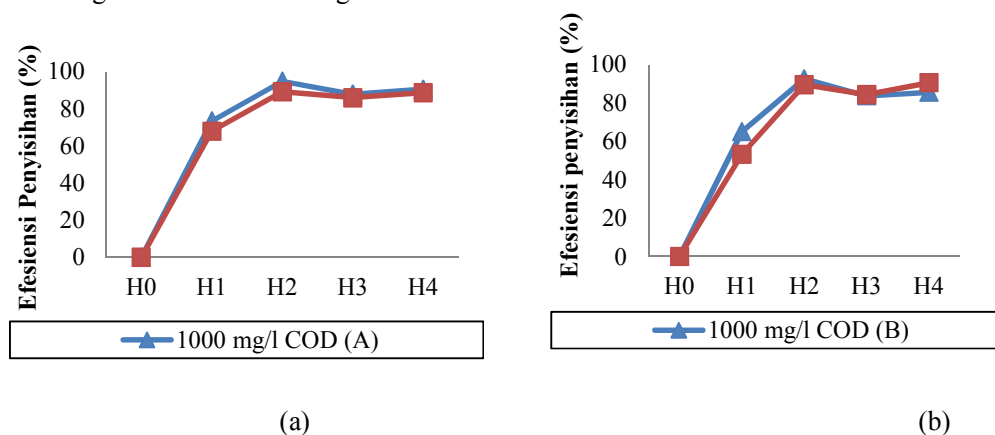
Pada waktu detensi yang lebih lama kontak antara pencemar dengan bakteri maupun akar tanaman semakin lama sehingga penguraian fosfat oleh bakteri dan penyerapan oleh tanaman juga semakin besar.

Proses penyisihan TSS terjadi melalui proses sedimentasi dan filtrasi. Mekanisme filtrasi tergantung pada bentuk perakaran dan ukuran media yang digunakan pada *constructed wetland*. Waktu detensi yang besar mengakibatkan kontak antara partikel solid dengan akar dan biofilm semakin lama sehingga tingkat penyisihan lebih besar. Perakaran vegetasi juga turut menentukan kemampuan filtrasi. Akar serabut umumnya mampu menangkap polutan lebih baik karena memiliki perakaran yang panjang yang mampu menjangkau area yang dalam dan luas (Setiyawan, 2007). Perakaran *Cyperus papyrus* yang tidak serabut menyebabkan penyisihan tidak dapat berjalan sebaik *Cyperus papyrus*.

Penyisihan NTK memiliki efisiensi paling baik pada waktu detensi 2 hari sedangkan COD bervariasi. Penyisihan NTK yang semakin rendah diakibatkan oleh nitrifikasi berada dalam kondisi jenuh atau dapat juga diakibatkan oleh kondisi rendah denitrifikasi (Vymazal, 2005). Efisiensi penyisihan COD pada beban 1000 mg/l COD terjadi pada waktu detensi 2 hari sedangkan pada beban 1500 mg/l COD efisiensi lebih tinggi terjadi pada waktu detensi 4 hari. Namun, efisiensi penyisihan COD tidak signifikan pada Td 4 hari untuk konsentrasi 1500 mg/l COD sehingga pengaruh waktu detensi sangat kecil, sedangkan pada beban pengolahan 1000 mg/l perbedaan efisiensi terlihat cukup signifikan. Dengan demikian secara umum dapat dikatakan bahwa penyisihan COD lebih tinggi terjadi pada waktu detensi 2 hari.

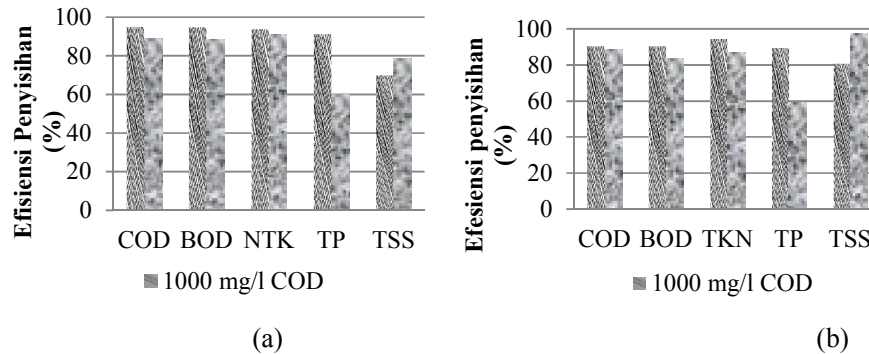
Pengaruh Variasi Beban Pengolahan

Tingkat penyisihan COD dengan variasi waktu detensi dan beban pengolahan dapat dilihat pada **Gambar 6**, untuk tanaman *Cyperus papyrus* dan *Cyperus papyrus* untuk variasi 1000 mg/l COD serta 1500 mg/l COD.



Gambar 6. Efisiensi penyisihan COD dengan variasi waktu detensi dan beban pengolahan (a) *Cyperus papyrus* (b) *Canna sp.*

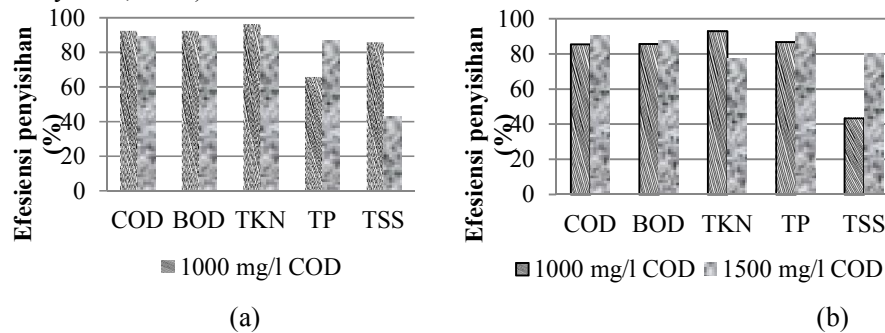
Pada **Gambar 6**.ditunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi influen, baik pada tanaman *Cyperus papyrus* maupun *Cyperus papyrus* Namun perbedaan efisiensi cenderung kecil dan semakin lama semakin stabil.



Gambar 7.Penyisihan Parameter Pencemar berdasarkan Konsentrasi oleh *Cyperus papyrus* (a) waktu detensi 2 hari (b) waktu detensi 4 hari

Perbandingan efisiensi penyisihan COD, NTK, TP, dan TP dengan variasi waktu detensi dan beban pengolahan dapat dilihat pada **Gambar 7**.untuk tanaman *Cyperus papyrus*.

Pada penyisihan semua parameter pada *Cyperus papyrus*, peningkatan beban cenderung menurunkan efisiensi pada waktu detensi 2 dan 4 hari. Hal ini dapat terjadi karena proses biologi baik oleh mikroorganisme maupun tanaman telah mencapai titik optimum sehingga beban pengolahan yang lebih tinggi zat-zat pencemar tidak dapat lebih banyak tersisihkan (Ahmad Setiyawan, 2007).

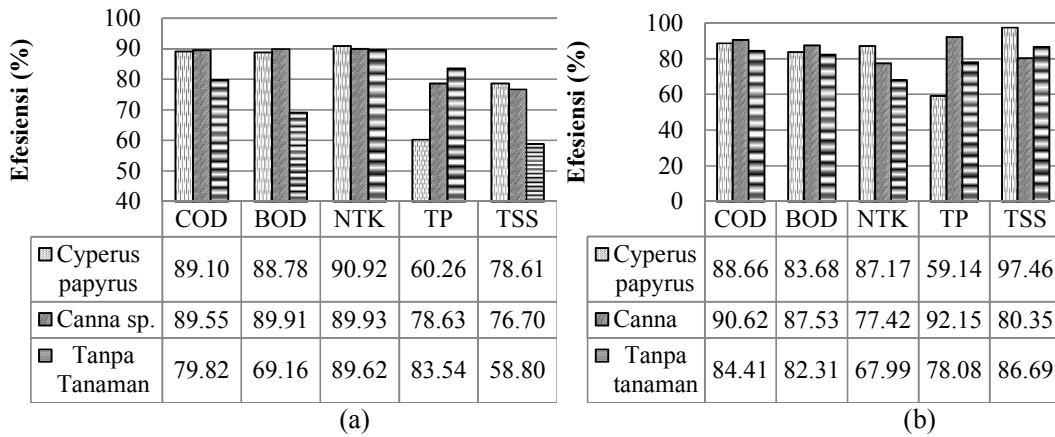


Gambar 8.Penyisihan Parameter Pencemar berdasarkan Konsentrasi oleh *Cyperus papyrus* (a) waktu detensi 2 hari (b) waktu detensi 4 hari

Pada penyisihan parameter TP, BOD dan COD pada *Canna sp.*, peningkatan beban cenderung menaikkan efisiensi pada waktu detensi 4 hari.Hal ini menunjukkan bahwa *Canna.sp* cenderung lebih toleran terhadap penambahan konsentrasi.

Pengaruh Vegetasi Pada Penyisihan Pencemar

Tanaman merupakan salah satu komponen penting dari *wetland* karena memiliki fungsi dalam proses transfer oksigen dari atmosfer ke akar dan selanjutnya oksigen ini akan digunakan sebagai suplai O₂ untuk aktivitas mikroorganisme. Selanjutnya mikroorganisme ini akan berperan dalam proses degradasi senyawa organik. Selain itu, tanaman air juga menyerap bahan pencemar dari air limbah untuk menjadi zat yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman (Vymazal, 2010).Perbandingan efisiensi berdasarkan jenis tanaman untuk setiap parameter pencemar dengan beban 1500 mg/l COD dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9.Penyisihan Berdasarkan Tanaman pada Konsentrasi 1500 mg/l COD
(a) waktu detensi 2 hari (b) waktu detensi 4 hari

Cyperus papyrus memiliki penyisihan lebih tinggi dari *Cyperus papyrus* untuk parameter NTK dan TSS waktu detensi 2 dan 4 hari. Pada reaktor control, penyisihan untuk semua parameter lebih rendah menunjukkan bahwa vegetasi memberikan pengaruh terhadap penyisihan pencemar. Hal ini dapat diakibatkan oleh penyerapan senyawa organik oleh tanaman yakni antara lain nitrogen untuk selanjutnya dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman. Namun, pada parameter TSS ditunjukkan bahwa penyisihan oleh control lebih besar dari reaktor dengan vegetasi *Cyperus papyrus*. Hal ini menunjukkan bahwa penyisihan TSS lebih dipengaruhi oleh proses fisik yaitu filtrasi oleh media dan sedimentasi serta proses biologi oleh mikroorganisme yang melekat pada media yakni kerikil (Surmacz, et al., 2000 dalam Vymazal, J).

pH dan Temperatur

pH influen dan efluen pada pengolahan dengan menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* dan *Cyperus papyrus* ini telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu 6-9. Temperatur rata-rata pada pengolahan dengan menggunakan kedua tanaman ini adalah 26°C. Kondisi temperature yang cenderung stabil ini mendukung proses pengolahan oleh wetland karena aktivitas metabolisme mikroorganisme dapat berjalan dengan optimum. pH pengolahan dengan menggunakan tanaman dan tanpa tanaman dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10.pH dari hari ke-0 hingga ke-4

pH cenderung mengalami penurunan menuju netral yakni sekitar 6,0-7,5 dari kondisi awal 8,36 dan 8,5. Penurunan pH juga terjadi ada reaktor C (kontrol) menjadi netral, meskipun masih cenderung lebih tinggi daripada reaktor dengan tanaman. Perubahan kondisi pH ini

disebabkan oleh salah satu fungsi tanah sebagai buffer sehingga air limbah yang melewati media akan memiliki pH lebih netral.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran di laboratorium diketahui bahwa tanaman *Cyperus papyrus* memberikan efisiensi paling tinggi untuk penyisihan COD, BOD, dan TP pada waktu detensi 2 dan 4 hari untuk semua parameter. Penyisihan optimum untuk parameter COD, BOD, dan TSS terjadi pada reaktor tanaman *Cyperus papyrus* dengan beban 1000 mg/l dengan efisiensi 94,80% dan 94,72% pada waktu detensi 2 hari serta 97,47% untuk TSS (beban 1000 mg/l COD, Td 4 hari). Penyisihan NTK optimum terjadi pada reaktor tanaman *Cyperus papyrus* 96,36% (Beban 1000 mg/l, Td 2 hari) dan 92,15% (Beban 1500 mg/l COD, Td 4 hari).

Peningkatan beban pengolahan cenderung menurunkan efisiensi penyisihan parameter COD untuk kedua tanaman, tetapi untuk penyisihan parameter NTK, TP, dan TSS cenderung meningkat untuk tanaman *Cyperus papyrus* pada waktu detensi 4 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanhuri, Enri. 2008. diktat *Landfilling Limbah*.
- Greenway, Margaret. 2007. *The Role of Macrophytes in Nutrient Removal using Constructed wetland*. Springer Berlin Heidelberg. Environmental Bioremediation Technologies, 331-351.
- Kent, Donald M. 2001. *Applied Wetlands Science and Technology*. CRC Press LLC. Florida, 241-281.
- Melian, Herrera. 2008. *Effect of Stone Filters in a pond-wetland system treating raw Waste Water from a University Campus*. ScienceDirect
- Putri, Anggia Retno. 2010. *Constructed Wetland sebagai Alternatif Pengolahan Efluen Tangki Septik Dengan Aliran Bawah Permukaan Menggunakan Tanaman Pontederia cordata*. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
- Savitri. 2007. *Pengaruh Arang Aktif dan Sagittaria Montevidensis Terhadap Penurunan Polutan Limbah Deterjen Dengan Menggunakan Lahan Basah Buatan*. Program Studi Biologi, Institut Teknologi Bandung.
- Setiawan, Ahmad Soleh. 2007. *Optimasi Efisiensi Pengolahan Efluen Reaktor Anaerobik Bersekat Dengan Menggunakan Rekayasa Aliran pada Wetland*. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Tchobanoglous G, Theissen H, Vigil Samuel. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill, Inc Vymazal, Jan. 2005. *Horizontal Sub-surface Flow and Hybrid Constructed Wetlands System for Wastewater Treatment*. Durham: Journal Ecological Engineering, Vol.25, Issue 5, pp 478-490
- Vymzal, J. 2008. *Removal of Nutrients in Various Types of Constructed Wetland*. Springer Science + Business Media B.V.
- Vymzal, J. 2008. *Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands*. Springer Science + Business Media B.V.
- Yalcuk A, Ugurlu A. 2009. *Comparison of Horizontal and Vertical Constructed Wetland System for Landfill Leachate Treatment*. Bioresource Technology 100, 2521-2526.