

PENGOLAHAN *LEACHATE* TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH MENGUNAKAN KOMBINASI TEKNOLOGI MEMBRAN MIKROFILTRASI DAN NANOFILTRASI

Muammar Fikri Z.^{*)} Titik Istirokhatun^{**)} Heru Susanto^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H. Tembalang – Semarang, 50275, Telp. (024) 76480678, Fax (024)
76918157, <http://enveng.undip.ac.id> – enveng@undip.ac.id
email : zamani.muammarfikri@gmail.com

ABSTRAK

Pengolahan lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang saat ini masih menggunakan sistem konvensional yang terdiri dari kolam pengumpul, kolam anaerobik, kolam aerobik, kolam sedimentasi, kemudian dialirkan ke badan air penerima yaitu Sungai Kreo. Akan tetapi, pada pengolahan ini efluen yang dihasilkan masih jauh dari standar baku mutu yang diizinkan. Pengolahan dengan menggunakan kombinasi mikrofiltrasi dan nanofiltrasi dipilih karena kemampuannya dapat mereduksi kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) serta mampu menghilangkan kandungan logam divalensi (Mulder, 1996). Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis perbedaan dua jenis membran (NF99HF dan NF) pada variasi tekanan (4, 5, 6 kg/cm²). Selanjutnya, kinerja membran dinyatakan dengan menghitung besaran nilai fluks *permeate* dan reduksi parameter COD, TSS, dan Fe. Berdasarkan penelitian tersebut, hampir semua parameter telah mencapai standar baku mutu pada Perda Jateng No. 5 Tahun 2012. Kondisi optimum dicapai pada pengolahan lindi TPA dengan menggunakan membran NF pada tekanan operasi 4 kg/cm². Tingkat rejeksi pada proses ini adalah sebesar 94,22% (COD), 58,69% (TSS) dan 99,72% (Total Fe). Pada umumnya, efluen hasil pengolahan dengan kombinasi membran mikrofiltrasi nanofiltrasi pun jauh lebih baik dibandingkan dengan hasil pengolahan dengan instalasi pengolahan lindi eksisting.

Kata kunci: *Lindi, Tempat Pembuangan Akhir, Membran, Mikrofiltrasi, Nanofiltrasi*

ABSTRACT

(LANDFILL LEACHATE TREATMENT BY USING COMBINED TECHNOLOGY OF MICROFILTRATION AND NANOFILTRATION MEMBRANE)

Landfill leachate treatment in Jatibarang still use the conventional system which consist of collecting pond, anaerobik pond, aerobik pond, sedimentation pond, and then discharge into the Kreo River. However, the effluent of this treatment still unqualified the permitted standard. The landfill leachate treatment by using combined technology of microfiltration and nanofiltration membrane has been chosen due to the ability to reduce Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solid (TSS) and its ability to remove divalent heavy metal content (Mulder, 1996). This study has been conducted to analyze the difference two type of membranes (NF99HF, NF99) on varied pressure (4, 5, 6 kg/cm²). Furthermore, the membrane performance stated by calculate the value of permeate flux and the ability to reduce COD, TSS, and Iron. According to the analysis, almost all of the parameter has reached the quality standard on Perda Prov. Jawa Tengah No. 5/2012. Optimum condition reached by membrane NF99 at 4 kg/cm² pressure. The rejection on membrane NF99 at 4 kg/cm² pressure are 94,22% (COD), 58,69% (TSS), and 99,72 (Total Iron). Over all, the effluent by using combined technology of microfiltration and nanofiltration membrane has better quality than used existing installation leachate treatment.

Keywords: *Leachate, Landfill, Membrane, Microfiltration, Nanofiltration.*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang timbul akibat adanya proses penimbunan sampah di TPA adalah semakin meningkatnya jumlah lindi yang dapat berdampak terhadap pencemaran lingkungan. Lindi merupakan konsekuensi adanya aktivitas *landfilling* TPA sebagai hasil dari proses infiltrasi air hujan dan proses pembusukan oleh mikroorganisme.

Tchobanoglous (1993) menyatakan bahwa lindi (*leachate*) adalah cairan hasil dari dekomposisi sampah yang melarutkan dan mensuspensikan material organik. Selain dari hasil proses dekomposisi sampah, lindi juga berasal dari sumber eksternal seperti saluran drainase, air hujan, air permukaan, air tanah dan mata air bawah tanah. Sedangkan, menurut Damanhuri (2010) lindi adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi – materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis di tempat pemrosesan akhir (TPA). Lindi mengandung berbagai senyawa yang bersifat toksik. Pencemaran air oleh lindi disebabkan karena tidak adanya lapisan dasar dan tanah penutup yang akan menyebabkan lindi semakin banyak terbentuk sehingga pencemaran air dan tanah di sekitarnya tidak dapat dihindarkan (Isyana P. dan Sudarmadji, 2008). Masuknya zat – zat kimia yang terkandung dalam air lindi ke dalam ekosistem perairan juga dapat memberikan pengaruh pada biota yang ada di dalamnya. Pada umumnya lindi mengandung logam berat, zat organik dan zat anorganik seperti amonia, sulfat dan logam-logam kation (Christnsen *et al* 2002 dalam Yalcuk *et al* 2009). Komponen organik yang *biodegradable* dan ammonia merupakan zat yang utama yang terdapat dalam lindi dan mengancam lingkungan secara signifikan (Mehmood *et al*, 2009). Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu adanya sebuah alternatif pengolahan lindi yang bertujuan untuk mencegah dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Sejauh ini bentuk pengolahan lindi di TPA masih dilakukan secara konvensional seperti menggunakan proses fisika – kimia (Maranon *et al* 2009), atau *biological treatment* dengan *Aerated Lagoon* (Mehmood *et al*, 2009) Lumpur Aktif, dan *Thricking Filter*. Dari seluruh proses tersebut tentunya menghasilkan kualitas efluen yang berbeda – beda. Pada

umumnya, tempat pemrosesan akhir sampah telah memiliki sistem pengolahan air lindi secara konvensional seperti bak pengumpul, kolam anaerobik, kolam aerobik (kolam aerasi), serta bak sedimentasi. Akan tetapi pengolahan dengan sistem konvensional masih banyak memiliki kekurangan seperti hasil olahan yang belum memenuhi baku mutu, lahan yang dibutuhkan cukup banyak, waktu pengolahan yang relatif panjang, tingginya biaya pembuatan kolam pengolahan, tingginya biaya operasional pemeliharaan yang harus dikeluarkan, serta perlu adanya pengendapan *sludge* dan pembuangan cairan pekat hasil pengolahan dengan biaya yang tinggi (Zaman *et al*, 2013). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat rejeksi parameter COD, TSS, dan Fe dalam lindi TPA dengan kombinasi mikrofiltrasi dan nanofiltrasi, mengetahui kondisi optimal dalam penggunaan kombinasi teknologi membran mikrofiltrasi dan nanofiltrasi, serta membandingkan antara hasil pengolahan eksisting dengan hasil pengolahan dengan membran.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah Spektrofotometer (*Thermo Scientific* dengan ketelitian 0,001), COD Reaktor (HACH dengan ketelitian 0,001), AAS (*Atomic Absorbtion Spektrofotometer*), neraca analitik, kertas saring bebas abu, Whatmann Grade 40, Membran NF, dan unit membran.



Gambar 1. Unit Filtrasi Membran

Tabel 1. Spesifikasi Membran NF

	NF99HF	NF99
Polimer	Polyamide komposit Polyester	Polyamide komposit Polyester
Pori (MWCO)	200 Da	200 Da
Tekanan (bar)	1 – 55	1 – 55
pH	3 - 10	3 – 10
Temperatur (°C)	0 - 50	0 - 50

2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquadest, pereaksi H₂SO₄, larutan digestion solution, dan air lindi TPA dengan karakteristik seperti tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Karakteristik Lindi TPA

Parameter	Konsentrasi (mg/L)
COD	2450
TSS	338
Fe	8,42

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kertas Whatmann Fiber Glass Grade 40 dan 2 jenis membran nanofiltrasi yaitu NF99HF dan NF99 dengan ukuran pori 200 Da pada variasi tekanan operasi (4, 5, 6 kg/cm²). Membran nanofiltrasi yang digunakan diproduksi oleh Alfa Laval Sweden. Selanjutnya kertas Whatmann dan membran nanofiltrasi dicetak dengan alat cetak berdiameter 4,2 cm dan dilakukan kompaksi untuk menstabilkan pori dan struktur membran.

Pretreatment dengan mikrofiltrasi dilakukan sebelum penyaringan nanofiltrasi, menggunakan kertas Whatmann Grade 40 dengan tujuan mengurangi kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam lindi agar mengurangi dampak terjadinya *fouling*. Penelitian berlangsung selama 2 jam dengan pengambilan fluks *permeate* setiap 15 menit dengan model aliran umpan secara *crossflow filtration*. *Permeate* yang dikumpulkan kemudian digunakan untuk menghitung nilai permeabilitas yang dinyatakan dalam besaran fluks (J)

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

dimana V adalah volume *permeate* (liter), A adalah luas permukaan bidang membrane (m²), dan t adalah waktu (jam)

Kemudian untuk mengetahui tingkat selektivitas membran dihitung pula nilai rejeksi parameter COD, TSS, dan Fe dengan rumus

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\%$$

dimana C_p adalah konsentrasi zat dalam *permeate* dan C_f adalah konsentrasi zat dalam umpan.

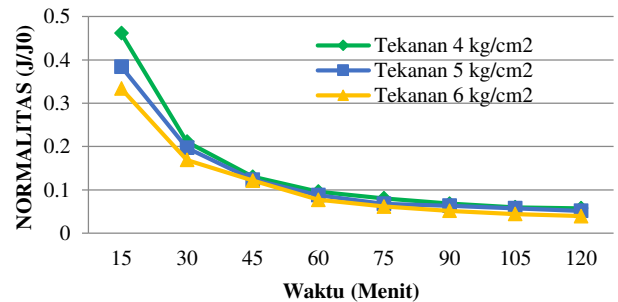
2.4. Analisis Parameter

Analisis laboratorium untuk parameter COD dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer, untuk parameter TSS dilakukan dengan metode gravimetric dengan kertas saring bebas abu, dan untuk analisis Fe diuji dengan menggunakan AAS (*Atomic Adsorbition Spetrototometer*)

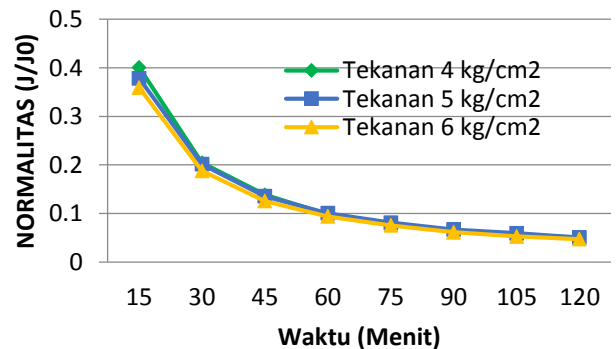
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Permeabilitas (Fluks)

Nilai fluks umpan air lindi TPA yang diolah dengan membran NF99HF dan NF99 pada variasi tekanan operasi 4, 5, 6 kg/cm² dapat dilihat pada Gambar 2



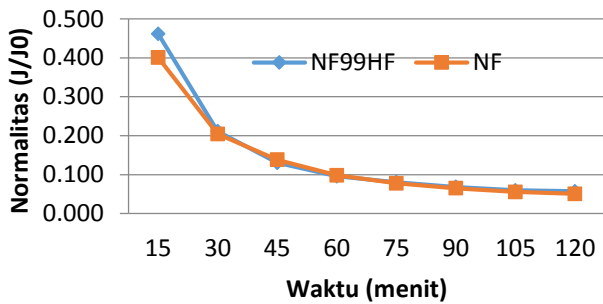
Gambar 2 Fluks Permeate (J/J₀) Menggunakan Membran NF99HF



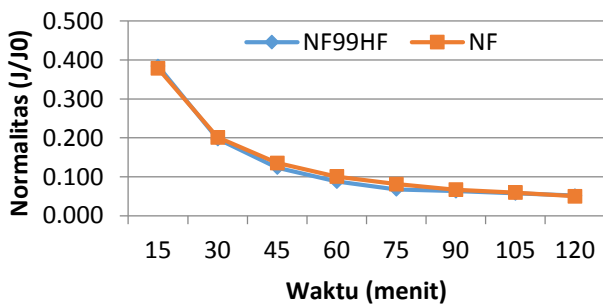
Gambar 3 Fluks Permeate (J/J₀) Menggunakan Membran NF99

Dilihat dari kedua grafik di atas membuktikan bahwa penambahan variasi tekanan operasi memberikan pengaruh terhadap

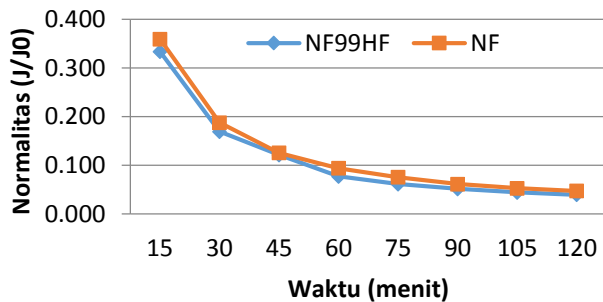
penurunan nilai fluks yang terjadi. Semakin tinggi tekanan umpan menyebabkan umpan akan secara cepat melewati membran maka semakin cepat pula proses *fouling*/ penyumbatan pada pori membran terjadi. Hal ini yang mengakibatkan fluks semakin cepat pula mengalami penurunan (Agenson, 2006). Proses filtrasi membran dengan metode *sieving mechanism* adalah proses filtrasi yang didasarkan pada besar kecilnya ukuran molekul suatu zat terlarut. Hal ini memungkinkan umpan akan terpisah karena perbedaan ukuran antara zat terlarut dengan pori membran. Gambar di bawah ini merupakan grafik fluks umpan berdasarkan jenis membran NF.



Gambar 4 Fluks Permeate Berdasarkan Perbedaan Jenis Membran Pada Tekanan 4 kg/cm²



Gambar 5 Fluks Permeate Berdasarkan Perbedaan Jenis Membran Pada Tekanan 5 kg/cm²



Gambar 6 Fluks Permeate Berdasarkan Perbedaan Jenis Membran Pada Tekanan 6 kg/cm²

Membran NF99HF dan NF99 memiliki ukuran *Molecular Weight Cut Off* (MWCO) yang sama yaitu 200 Da. Proses filtrasi

membran secara *sieving mechanism* berdasarkan pada ukuran pori dari membran itu sendiri. Semakin besar pori membran maka proses filtrasi yang terjadi tidak terlalu efektif dikarenakan membran mampu melewatkan lebih banyak zat terlarut pada umpan. Namun, pada percobaan kali ini terlihat bahwa hasil fluks *permeate* yang diperoleh pun relatif hampir sama. Hal ini dikarenakan ukuran pori membran yang sama yaitu 200 Da sehingga banyaknya umpan *permeate* yang dapat lolos melewati membran pun hampir sama atau dapat dikatakan hanya sedikit perbedaan fluks *permeate* yang dihasilkan pada pengolahan menggunakan NF99HF dengan pengolahan menggunakan NF99.

Selain daripada itu lamanya waktu pengoperasian unit membran juga mempengaruhi penurunan nilai fluks. Menurut Mulder (1996) penurunan nilai fluks ini diakibatkan oleh adanya peristiwa *fouling* yang mengakibatkan terdosisinya partikel *fouling* pada permukaan membran.

3.2. Selektivitas Membran

Efektif tidaknya proses pengolahan lindi dengan menggunakan membran ditentukan salah satunya dari tingkat selektivitas membran terhadap parameter COD, TSS, dan Fe. Dengan kata lain kemampuan membran dilihat dari seberapa besar pengolahan ini dapat merejeksi kandungan COD, TSS, dan Fe yang terkandung dalam lindi TPA.

a. Rejeksi Parameter COD

Nilai COD pada umpan terhitung sebesar 2.450 mg/L. *Pretreatment* dengan menggunakan kertas saring Whatmann 40 (*pore size* 8µm) dilakukan sebelum filtrasi dengan NF99HF dan sebelum NF99. Dari *pretreatment* dengan mikrofiltrasi tersebut diperoleh nilai COD sebesar 1.500 mg/L. Berikut ini merupakan nilai kandungan parameter COD umpan dan hasil pengolahan dengan membran mikrofiltrasi dan nanofiltrasi yang disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rejeksi COD Pada Berbagai Jenis Membran dan Variasi Tekanan

Jenis Membran	Tekanan (kg/cm ²)	COD (mg/L)	Rejeksi (%)
MF	1	1500	38,78
NF99HF	4	153,33	89,78
	5	163,33	89,11
	6	213,33	85,78
NF99	4	86,67	94,22
	5	136,67	90,89
	6	163,33	89,11

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat bahwa membrane mikrofiltrasi dan nanofiltrasi dapat menghasilkan nilai parameter COD yang cukup rendah. Hal ini disebabkan karena ukuran pori membran NF99HF dan NF99 sebesar 200 Da. Semakin kecil ukuran pori membran maka proses filtrasi secara *sieving mechanism* dapat berlangsung optimal. Dari tabel di atas juga dapat dilihat bahwa membran NF99 lebih baik kinerjanya dalam mendegradasi kandungan COD dalam lindi TPA dibandingkan dengan membran NF99HF.

Hal penting lain yang mempengaruhi tingkat rejeksi parameter COD adalah adanya variasi tekanan operasi. Dari penelitian ini terlihat bahwa semakin besar tekanan operasi yang bekerja, tingkat rejeksinya semakin menurun. Terjadinya fenomena penurunan tingkat rejeksi ini sebelumnya dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Syarfi (2007) yang menyatakan semakin besar tekanan operasi yang diberikan maka semakin kecil rejeksi zat organiknya. Hal itu terjadi karena penambahan tekanan operasi mengakibatkan zat organik yang dapat teradsorb oleh membran akan semakin kecil sehingga kandungan zat organik yang terdapat dalam *permeate* cenderung lebih tinggi dibandingkan pada tekanan operasi rendah.

b. Rejeksi Parameter TSS

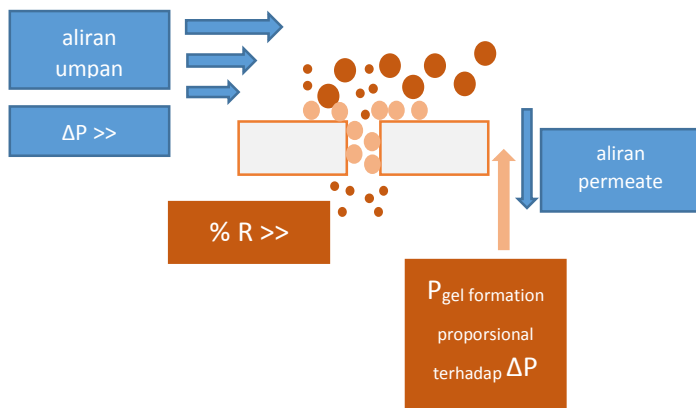
Nilai TSS pada umpan terhitung sebesar 338 mg/L. *Pretreatment* dengan mikrofiltrasi dilakukan sebelum filtrasi dengan NF99HF dan sebelum NF99 dengan tujuan untuk mengurangi kandungan *suspended solid* yang dapat mengakibatkan *fouling* pada pori dan struktur membran. Dari *pretreatment* dengan mikrofiltrasi tersebut diperoleh nilai TSS 213 mg/L. Tabel 4 memperlihatkan besarnya rejeksi parameter TSS dengan membran mikrofiltrasi dan nanofiltrasi pada variasi tekanan operasi 4, 5, 6 kg/cm².

Tabel 4. Rejeksi TSS Pada Berbagai Jenis Membran dan Variasi Tekanan

Jenis Membran	Tekanan (kg/cm ²)	TSS (mg/L)	Rejeksi (%)
MF	1	213	36,98
NF99HF	4	82	61,50
	5	84	60,56
	6	48	77,46
NF99	4	88	58,69
	5	74	65,26
	6	54	74,65

Berdasarkan pada hasil penelitian, membran nanofiltrasi mampu menghasilkan *permeate* dengan nilai TSS yang rendah. Hal ini membuktikan bahwa ukuran pori membran memberikan pengaruh terhadap rejeksi parameter TSS. Partikel *suspended solid* yang semula tidak dapat ditahan pada membran mikrofiltrasi setelah melalui proses nanofiltrasi menjadi berkurang. Peristiwa tersebut disebabkan oleh karena ukuran pori membran NF99HF dan NF99 yang lebih *dense* yaitu 200 Da sehingga partikel tersuspensi yang semula tidak tertahan oleh mikrofiltrasi dapat ditahan pada proses nanofiltrasi. Membran NF99HF dan NF99 memiliki ukuran pori yang sama yaitu 200 Da, dilihat dari hasil penelitian ternyata membran NF99HF dan NF99 memiliki performansi yang hampir sama dilihat dari tingkat rejeksi parameter TSS.

Faktor lain yang mempengaruhi tingkat rejeksi parameter TSS adalah variasi tekanan operasi yang diberikan. Penurunan tingkat rejeksi TSS yang terjadi pada membran NF99HF (tekanan operasi 5 kg/cm²) disebabkan oleh penambahan gaya dorong terhadap umpan selama proses nanofiltrasi dengan membran. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Ahmad (2005) bahwa semakin besar tekanan operasi yang diberikan akan mengakibatkan rejeksi parameter semakin berkurang. Pada saat penambahan tekanan operasi, terjadi penambahan *driving force* (gaya dorong) terhadap umpan sehingga mampu mengakibatkan *deformasi* pada membran. Sedangkan, terjadi kenaikan tingkat rejeksi hal ini dapat disebabkan semakin tinggi tekanan operasi maka mekanisme *fouling* yang terjadi di permukaan membran juga semakin cepat. Deposisi partikel inilah yang dapat berfungsi sebagai "*secondary membrane*" dan mengakibatkan rejeksi parameter TSS akan meningkat (Schafer, 2000; Lopes, 2005).



Gambar 7 Mekanisme Terbentuknya *Secondary Membrane*

c. Rejeksi Parameter Fe

Nilai parameter Total Fe pada umpan lindi awal terhitung sebesar 8,42 mg/L. *Pretreatment* dengan membran mikrofiltrasi dilakukan sebelum filtrasi dengan NF99HF dan sebelum NF99. Dari *pretreatment* dengan mikrofiltrasi tersebut diperoleh nilai Total Fe 3,56 mg/L. Tabel 5 memperlihatkan besarnya rejeksi parameter Total Fe dengan membran mikrofiltrasi dan nanofiltrasi pada variasi tekanan operasi.

Tabel 5. Rejeksi Total Fe Pada Berbagai Jenis Membran dan Variasi Tekanan

Jenis Membran	Tekanan (kg/cm ²)	Total Fe (mg/L)	Rejeksi (%)
MF	1	3,56	57,76
NF99HF	4	0,03	99,16
	5	0	100
	6	0	100
NF99	4	0,01	99,72
	5	0	100
	6	0	100

Membran NF99HF dan NF99 memiliki ukuran pori yang sama sebesar 200 Da sehingga kemampuan untuk melakukan proses pemisahan pun juga sama baiknya. Menurut Chougui (2012) rejeksi ion logam dengan menggunakan proses membran tidak hanya disebabkan oleh ukuran molekul tetapi juga disebabkan oleh adanya gaya interaksi antara muatan membran dengan *solute*. Pada jenis membran nanofiltrasi (membran bermuatan), besar kecilnya rejeksi tersebut lebih ditentukan oleh adanya interaksi antar muatan dibandingkan dengan ukuran *molecular weight cut off*. Dalam penelitian ini pengaruh ukuran pori dan interaksi muatan sama – sama menjadi hal yang menentukan besar kecilnya tingkat

rejeksi Total Fe pada penggunaan membran NF99HF dan NF99.

Faktor variasi tekanan operasi juga mempengaruhi tingkat rejeksi pada pengolahan dengan membran dalam kasus ini rejeksi Total Fe semakin meningkat. Meningkatnya rejeksi ini telah diteliti oleh Ho Choo (2005) yang menyatakan semakin besar tekanan operasi yang diberikan maka tingkat rejeksi membran NF99 terhadap logam akan semakin meningkat. Hal itu terjadi karena penambahan tekanan operasi mengakibatkan presipitasi oksida logam yang dapat terdeposisi pada permukaan membran akan semakin meningkat sehingga kandungan Total Fe yang terkandung dalam *permeate* akan berkurang.

3.3. Perbandingan Kualitas Hasil Olahan Membran Dengan Pengolahan Konvensional

Dari hasil penelitian dapat terlihat bahwa pengolahan dengan kombinasi membran mikrofiltrasi dan nanofiltrasi memiliki tingkat rejeksi yang cukup tinggi dilihat dari parameter COD, TSS, dan Total Fe. Pada Tabel 6 disajikan perbandingan nilai kualitas parameter antara hasil pengolahan konvensional yang terdapat di TPA dengan hasil pengolahan dengan kombinasi membran nanofiltrasi.

Tabel 6. Perbandingan Kualitas Lindi Hasil Olahan Eksisting dengan Hasil Olahan Membran

Parameter	Kualitas Influen	Kualitas Effluen ¹	MF	MF + NF99HF (kg/cm ²)			MF + NF99 (kg/cm ²)		
				4	5	6	4	5	6
COD (mg/L)	2450	1479,89	1500	153,33	163,33	213,33	86,67	136,67	163,33
TSS (mg/L)	338	316	213	82	84	48	88	74	54
Total Fe (mg/L)	8,42	2,63	3,56	0,03	0	0	0,01	0	0

Tabel di atas menggambarkan bahwa pada kualitas air lindi TPA hasil pengolahan dengan metode konvensional menghasilkan kandungan parameter COD, TSS, dan Total Fe yang masih jauh dari baku mutu air limbah yang berlaku yaitu Perda Jateng No. 5 Tahun 2012. Ditinjau dari parameter COD antara kualitas *effluent* lindi hasil pengolahan eksisting dengan hasil pengolahan dengan membran mikrofiltrasi nilai parameter yang dihasilkan tidak terlalu jauh berbeda yaitu sebesar 1479,89 mg/L dengan 1500 mg/L. Untuk parameter TSS, kualitas *effluent* hasil olahan dengan mikrofiltrasi terlihat lebih baik yaitu sebesar 213 mg/L dibandingkan kualitas hasil pengolahan eksisting sebesar 316 mg/L.

Sedangkan untuk kualitas *effluent* dilihat pada parameter Total Fe *effluent* hasil pengolahan dengan metode konvensional terlihat lebih baik dibandingkan dengan *effluent* hasil pengolahan dengan mikrofiltrasi. Untuk pengolahan dengan membran nanofiltrasi secara umum hasil *effluent* yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan dengan *effluent* hasil olahan dengan metode konvensional baik untuk pengolahan dengan membran NF99HF maupun NF99. Dari ketiga parameter hasil olahan dengan membran nanofiltrasi, hanya parameter COD saja yang masih melebihi baku mutu yang diizinkan. Akan tetapi untuk pengolahan dengan jenis membran NF99 pada tekanan operasi 4 kg/cm² kandungan COD yang dihasilkan sudah berada di bawah baku mutu yaitu sebesar 86,67 mg/L.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

1. Pada pengolahan dengan kombinasi MF dan NF, perbedaan jenis membran NF dan variasi tekanan operasi memberikan pengaruh terhadap tingkat rejeksi *permeate* yang dihasilkan. Hal itu dibuktikan dengan penurunan parameter COD, TSS, Total Fe pada membran MF sebesar 38,78%; 36,98%; 57,76% dan penurunan parameter COD, TSS, Total Fe pada penggunaan kombinasi membran MF dan NF berturut – turut sebesar 85,78% - 94,22% ; 58,69% - 77,46% ; 99,16% - 100%.
2. Kondisi optimal pada pengolahan lindi TPA adalah dengan menggunakan kombinasi membrane MF dan NF jenis NF99 pada tekanan operasi 4 kg/cm².
3. Pada perbandingan *permeate* hasil pengolahan air lindi pada kondisi eksisting diperoleh nilai COD, TSS, Total Fe sebesar 1479,89 mg/L; 316 mg/L; 2,63 mg/L. Selanjutnya untuk *permeate* hasil pengolahan air lindi dengan MF diperoleh nilai COD, TSS, Total Fe berturut – turut 1500 mg/L; 213 mg/L; 3,56 mg/L. Kemudian untuk COD, TSS, Total Fe *permeate* hasil pengolahan air lindi dengan kombinasi membran MF dan NF mencapai kisaran 86,67 – 213,33 mg/L; 48 – 84 mg/L; dan 0 – 0,03 mg/L.

4.2. Saran

Penelitian ini memberikan pengetahuan dasar tentang adanya potensi penggunaan

kombinasi membran MF dan NF untuk pengolahan air lindi TPA. Akan tetapi, agar dapat diaplikasikan pada skala komersial, perlu adanya perhitungan pada skala pilot. Selain itu juga penggunaan proses pre – treatment serta sumber lindi yang berbeda agar dapat dilakukan di kemudian hari untuk dibandingkan hasilnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M. F., M. A. Zablouk, dan A. M. Abid-Alameer. 2012. *Experimental study of dye removal from industrial wastewater by membrane technologies of reverse osmosis and nanofiltration*. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 9:17
- Agenson, Kenneth O., Taro Urase. 2007. *Change in membrane performance due to organic fouling in nanofiltration (NF)/reverse osmosis (RO) applications*. Desalination 55, 147 -156
- Ahmad, A.L., B.S. Ooi, A. Wahab Mohammad, J.P.Choudhury. *Development of a highly hydrophilic nanofiltration membrane for desalination and water treatment*. Desalination 168 (2004) 215 -221
- Chougui, A., K. Zaiter, A. Belouatek, B. Asli. *Heavy metals and color retention by a synthesized inorganic membrane*. Arabian Journal of Chemistry. (2012)
- Damanhuri, E. Padmi, Tri. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Diktat Kuliah TL-3104. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung
- Ho Choo, K., Haebum Lee, Sang-June Choi. *Iron and manganese removal and membrane fouling during UF in conjunction with prechlorination for drinking water treatment*. Journal of Membrane Science 267 (2005) 18 – 26
- Henze, Mogens. 2002. *Wastewater treatment biological and chemical processes Third Edition*.
- Lopes, Cristiane N., Jose Carlos C. Petrus, Humberto G. Riella. *Color and COD retention by nanofiltration membranes*. Desalination 172 (2005) 77 – 83
- Mehmood, M.K, Adetutu, E. Nedwell, D.B. Ball, A.S. 2009. *In Situ Microbial Treatment of Landfill Leachate Using Aerated Lagoons*. Bioresource Technology 100 , 2741-2744.

- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology: Second Edition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Schafer, A.I., A.G. Fane and T.D. Waite. *Fouling Effects on Rejection in The Membrane Filtration of Natural Waters*. Desalination, 131 (2000) 215-224.
- Syarfi, Syamsu Herman. *Rejeksi Zat Organik Air Gambut Dengan Membran Ultrafiltrasi*. Tugas Akhir Teknik Kimia Universitas Riau: Pekanbaru. Sains dan Teknologi 6 (2007) 1-4.
- Tchobanoglous, George dan Franklin L. Burton, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse fourth edition*, Mc. Graw Hill Inc, Singapore.
- Tchobanoglous G, Theissen H, Vigil Samuel. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill, Inc : New York
- Yalcuk A, Ugurlu A. 2009. *Comparison of Horizontal and Vertikal Constructed Wetland Sistem for Landfill Leachate Treatment*. Bioresource Technology 100
- Zaman, B., Purwanto, Sarwoko Mangkoedihardjo. 2013. *Efisiensi Pengolahan Amonium Berkonsentrasi Tinggi Dalam Lindi Pada Sistem Evapotranspirasi-Anaerobik Secara Kontinyu*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, UNDIP. Semarang