

PENGOLAHAN LINDI TPA MUARA FAJAR DENGAN PROSES KOAGULASI DAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI

Megah Mulia Ginting, Jhon Armedi Pinem, Elvie Yenie

Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293
Telp. (0761) 63266 Fax. (0761) 63279, 65593
Email: gintingmm@yahoo.com

ABSTRAK

Leachate is liquid which was produced from huge of waste at landfill. Leachate has organic substances which is potentially harmful of human and ecosystem. Because it can serve as a medium for the growth and development of pathogenic microorganisms. This study aimed to determine the effect of coagulant Aluminum Sulfate concentration in the coagulation-flocculation, membrane resistance, flux and rejection percentages. In the coagulation-flocculation process, coagulant Aluminum Sulfate concentration was used 30 ppm. The process was done by quickly stirring in 200 rpm on 2 minutes and slow stirring in 60 rpm on 10 minutes with 30 minutes settling time of flocs. The precipitate formed and clear liquid were separated and the clear liquid was fed to the ultrafiltration membrane with variation of pressure at 1 bar, 1.5 bar and 2 bar. With 30 ppm coagulant the survey resulted was BOD₅ reduced 25.00%, COD reduced 24.14% and TSS reduced 52.17%. After the membrane ultrafiltration process, the survey obtain the effective process is at 2 bar membrane pressure with number of rejection as following 71.43% of BOD₅, 70.59% of COD and 45.45% TSS. The flux number is increasing align to pressure of membrane.

Keywords: *Leachate, coagulation-flocculation, membrane ultrafiltration, Flux, rejection.*

PENDAHULUAN

Ditempat pembuangan Akhir, sampah masih mungkin menimbulkan pencemaran. Satu diantaranya pencemaran terhadap sumber air. Pencemaran sumber air oleh sampah terjadi karena timbunan sampah di TPA mengalami dekomposisi yang bersama air hujan menghasilkan lindi (*leachate*). Lindi adalah cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil penguraian oleh mikroba. Sehubungan dengan itu, sebelum memasuki badan perairan maka perlu

dilakukan analisa kandungan BOD₅, COD dan TSS dari lindi tersebut. BOD₅ (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan bakteri aerobik untuk menguraikan bahan organik di dalam air melalui proses oksidasi biologis (dihitung selama waktu 5 hari pada suhu 20 °C), COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan

sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) sedangkan TRSS (*Total Suspended Solid*) adalah jumlah berat kering lumpur dalam mg/liter yang ada dalam limbah. BOD₅, COD dan TSS yang tinggi akan mempengaruhi ekosistem perairan dan baku mutu air. Nilai ambang batas BOD₅, COD dan TSS untuk limbah cair adalah 50, 100 dan 200 mg/L (Kepmen lh no 122, 2004). Nilai BOD₅ dan COD cairan lindi berturut-turut bisa mencapai 10.000 dan 18.000 ppm (*Tcobanoglous et.al.,1993*). Sehingga untuk mencapai nilai ambang batas BOD₅, COD dan TSS yang diinginkan maka diperlukan perlakuan berupa pengolahan limbah baik itu secara kimia maupun secara fisika.

Salah satu cara pengolahan limbah secara kimia adalah melalui proses koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi-flokulasi dapat menggunakan bahan koagulan sintesis dan alami. Beberapa jenis koagulan yang biasa digunakan adalah Aluminium Sulfat, Ferri Klorida, Ferri Sulfat dan Ferro Sulfat (Qasim dkk, 2000). Ada kalanya untuk mendapatkan air yang berkualitas terkadang memerlukan proses lanjutan selain proses koagulasi-flokulasi. Maka pada penelitian ini setelah proses koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan proses ultra filtrasi menggunakan membran.

Cairan lindi yang tidak dikelola dengan baik akan mencemari air permukaan, air tanah dan air bawah tanah. Hal ini akan berdampak negatif bagi lingkungan terutama

sumber air minum. Pencemaran sumber air minum penduduk sekitar TPA sampah oleh lindi merupakan salah satu masalah yang paling serius yang mungkin terjadi. Terutama bagi daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi. Pada umumnya TPA mempunyai Instalasi Pengolahan Lindi. Tetapi sering kali kinerja dari instalasi ini belum maksimal, sehingga *effluent* yang dihasilkan belum memenuhi syarat baku mutu limbah cair sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 122 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri.

Pengolahan limbah dengan proses koagulasi flokulasi dikombinasikan dengan proses filtrasi dengan membran ultrafiltrasi merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi pencemaran zat organik dalam lindi. Namun demikian, efektifitas membran ultrafiltrasi berkaitan dengan tekanan pemompaan perlu diteliti lebih lanjut.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari proses koagulasi-flokulasi dengan larutan *Aluminium Sulfat* terhadap penyisihan BOD₅, COD dan TSS air lindi dan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan membran ultrafiltrasi terhadap penyisihan BOD₅, COD dan TSS air lindi dan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk memberikan alternatif penanggulangan pencemaran limbah perairan disekitar TPA dan memberi informasi tentang studi kinerja aluminium sulfat dan membran ultrafiltrasi pada pengolahan air lindi.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian penelitian ini adalah lindi (*leachate*), koagulan aluminium sulfat, akuades

dan tissue. Sedangkan peralatan utama yang digunakan adalah

koagulator-flokulator yang dilengkapi dengan *mixer*, satu unit Modul membran ultrafiltrasi dengan bahan modul *Polyacrylonitrile* (PAN), timbangan analitik, gelas ukur (10 ml

Variabel tetapnya penelitian adalah larutan aluminium sulfat 30 ppm, pengadukan cepat 200 rpm selama 2 menit, pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit, waktu pengendapan 30 menit, volume

Penelitian ini dibagi dalam 3 tahap, yaitu pemisahan sample awal sebagai data acuan, perlakuan awal terhadap air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi, perlakuan dengan membran ultrafiltrasi dan penentuan fluks, rejeksi, BOD₅, COD dan TSS.

Pengambilan Sample Awal Perlakuan Pendahuluan Air Lindi (Koagulasi-Flokulasi)

Proses koagulasi-flokulasi dilakukan di dalam gelas piala 3000 ml yang dilengkapi dengan pengaduk (*mixer*). Koagulan Aluminium Sulfat ditimbang sebanyak 30 mg dengan menggunakan timbangan analitik. Kemudian dimasukkan kedalam gelas piala ukuran 1000 ml yang berisi akuades. Kemudian larutan ini dicampurkan kedalam lindi sebanyak 1000 ml di dalam gelas piala berukuran 3000 ml. Selanjutnya dilakukan pengadukan cepat 200 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit.

Kemudian sample didiamkan selama 30 menit. Setelah 30 menit, lindi bagian atas dituangkan ke gelas ukur yang lain untuk memisahkan dari flok-flok yang mengendap di bagian bawah gelas ukur. Selanjutnya lindi yang sudah terpisah di ambil sebanyak dua botol, masing-masing 300 ml untuk analisa BOD₅, COD dan TSS. Selanjutnya dilakukan proses membran ultrafiltrasi dengan tekanan satu bar. Langkah yang sama mulai

dan 100 ml), gelas piala (1000 ml, 2000 ml dan 3000 ml), botol sampel (600 ml), alat pengukur waktu (*stopwatch*).

larutan koagulan Aluminium Sulfat 1000 ml dan sample air lindi 1000 ml. Sedangkan variabel bebas yang dipelajari adalah tekanan operasi membran ultrafiltrasi 1 bar, 1.5 bar dan 2 bar. Air lindi yang berasal dari TPA Mura Fajar disisihkan sebanyak 2 botol sample masing-masing 300 ml. Sample-sampel ini akan dianalisa sebagai data acuan sebelum diolah. Sampel pertama untuk analisa BOD₅ dan sample kedua untuk analisa COD dan TSS.

dari pembuatan larutan koagulan Aluminium Sulfat 30 ppm dilakukan untuk tekanan membran ultrafiltrasi 1,5 dan 2 bar.

Penentuan Fluks, Rejeksi, BOD₅, COD dan TSS Air Lindi

Air Lindi yang telah melalui proses koagulasi-flokulasi dengan konsentrasi larutan koagulan Aluminium Sulfat 30 ppm, dipompakan melewati membran ultrafiltrasi dengan variasi tekanan 1 bar, 1.5 bar dan 2 bar. Selama pemompaan, tekanan diatur dengan mengatur bukaan katup keluaran dari membrane. Sampel diambil setiap lima menit sebanyak 50 ml dan mencatat lamanya waktu pengambilan. Pengambilan sampel dihentikan ketika waktu yang dibutuhkan untuk mengambil sampel sudah stabil. Kemudian dari gelas ukur diambil 2 botol sampel masing-masing sebanyak 300 ml untuk analisa BOD₅, COD dan TSS. Langkah yang sama dilakukan untuk tekanan membran 1,5 dan 2 bar.

Teknik Analisa Sampel dan Pengolahan Data Hasil Penelitian

Sampel yang dianalisa dibagi atas tiga, yakni sampel sebelum perlakuan pendahuluan (*pretreatment*), setelah penambahan larutan koagulan Aluminium Sulfat dan setelah dilewatkan ke membran ultrafiltrasi. Sampel yang diperoleh dari setiap percobaan tersebut kemudian dianalisa untuk mengetahui kadar BOD₅, COD dan TSS lindi di Balai Laboratorium Kesehatan (BLK) Provinsi Riau. Selain itu, pH air lindi sebelum perlakuan pendahuluan (sebelum *pretreatment*), setelah penambahan larutan koagulan Aluminium Sulfat dan setelah dilewatkan ke membran ultrafiltrasi juga diukur. Pengukuran pH dilakukan di Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Universitas Riau.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dibuat dalam tabel dan

diolah dalam bentuk grafik, yang menunjukkan pengaruh konsentrasi larutan koagulan Aluminium Sulfat dan tekanan membran ultrafiltrasi terhadap penyisihan BOD₅, COD dan TSS air lindi pada proses koagulasi-flokulasi, ketahanan membran ultrafiltrasi, fluks, dan rejeksi. Kemudian dianalisis secara *deskriptif dan komparatif*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel lindi yang telah mengalami proses koagulasi-flokulasi dan membran untrafiltrasi dianalisa di Balai Laboratorium Kesehatan (BLK) Provinsi Riau. Analisa dilakukan untuk mengetahui kualitas lindi berdasarkan parameter BOD₅, COD dan TSS sebelum dan sesudah penambahan larutan koagulan. Berikut adalah data hasil analisa dari masing-masing sampel tersebut.

Tabel 1. Hasil Analisa Lindi

No	Parameter	Satuan	*Baku Mutu	Hasil Analisa	
				Sebelum Penambahan Larutan Koagulan Aluminium Sulfat	Setelah Penambahan Larutan Koagulan Aluminium Sulfat 30 ppm
1	BOD ₅	mg/l	50	28	21
2	COD	mg/l	100	70	51
3	TSS	mg/l	200	23	11

Sumber: Data Diolah dari Hasil Uji Dinas Kesehatan Pekanbaru, 2013.

Dari table diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kandungan pencemaran dalam limbah pada proses koagulasi flokulasi. Hal ini terjadi karena pada proses koagulasi-flokulasi limbah cair lindi dengan penambahan konsentrasi larutan kaogulan Aluminium Sulfat 30 ppm, yang disertai dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 2 menit, menghasilkan disperse seragam dan

meningkatkan kontak serta tumbukan antar partikel-partikel koloid. Tumbukan-tumbukan tersebut menghasilkan reaksi kimia, dimana muatan negatif partikel-partikel koloid yang saling tolak menolak ternetralisasi oleh ion-ion positif larutan koagulan Aluminium Sulfat. Kemudian partikel-partikel koloid yang sudah terbentuk, saling tarik-menarik dan menggumpal

membentuk flok. Berdasarkan teori, flok tersebut disebut $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Alley, 2000).

Pada pengadukan pelan 60 rpm selama 10 menit, gaya tarik-menarik antar partikel koloid menjadi lebih besar dan dominan dibandingkan gaya tolaknya yang menghasilkan kontak dan tumbukan antar partikel koloid yang lebih banyak dan lebih sering terjadi. Kontak inilah yang menggumpalkan partikel-partikel koloid berukuran 0,01-1 μm (Metcalf & Eddy, 2003) dalam limbah cair lindi membentuk partikel-partikel flok yang kemudian beragregasi. Ketika pertumbuhan flok sudah maksimal, flok-flok tersebut mengendap ke dasar gelas piala koagulator-flokulator, sehingga terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan cairan limbah jernih pada bagian atas dan lapisan endapan flok menyerupai lumpur pada dasar gelas piala yang kemudian dipisahkan. Hal inilah yang membuat kadar BOD_5 , COD dan TSS limbah cair lindi setelah proses koagulasi-flokulasi menurun dibanding sebelum proses koagulasi-flokulasi.

Bila Aluminium Sulfat dimasukkan ke dalam cairan akan terjadi reaksi disosiasi, hidrolisa dan reaksi polimerisasi. Mekanisme reaksi di dalam proses koagulasi

tersebut dapat diuraikan sebagai berikut, (Ahmad, 2009).

1. Reaksi penguraian (disosiasi)

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 2\text{Al}^{+3} + 3(\text{SO}_4)^{-2}$$
2. Reaksi Hidrolisa

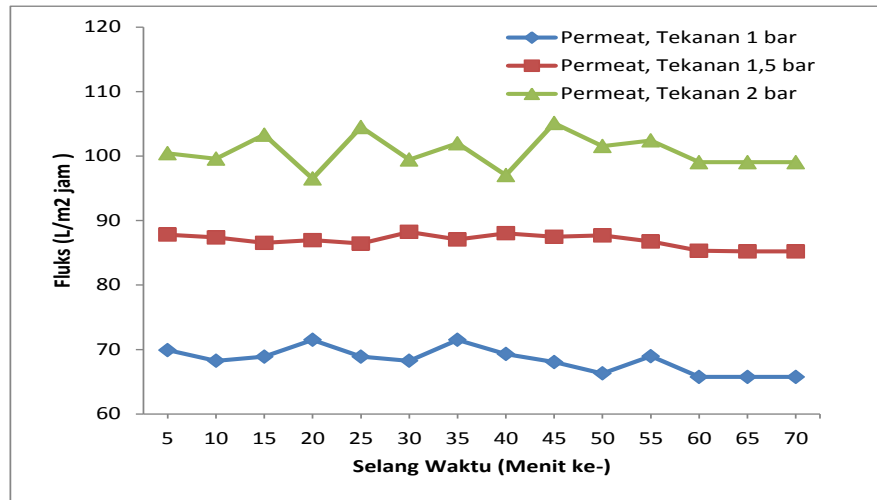
$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$$
3. Reaksi Polimerisasi Ion Kompleks

$$(\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6)^{3+} \rightarrow \text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+} + \text{H}_2\text{O}$$

$$(\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5)^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^{4+} + \text{H}_2\text{O} \quad (2.4)$$

1. Pengaruh Tekanan Pemompaan dan Waktu Operasi terhadap Ketahanan Membran Ultrafiltrasi

Fluks merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui ketahanan membran ultrafiltrasi. Fluks didefinisikan sebagai permeat dalam jumlah volume tertentu yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu. Nilai fluks yang dihasilkan cenderung turun terhadap waktu, (Mulder, M, 1996). Fenomena ini terjadi karena flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi menjadi tertahan pada pori-pori membran ultrafiltrasi, sehingga terakumulasi dan membentuk suatu lapisan tipis di dekat permukaan membran ultrafiltrasi yang disebut polarisasi konsentrasi, (Notodarmojo dkk, 2004).



Gambar 1.

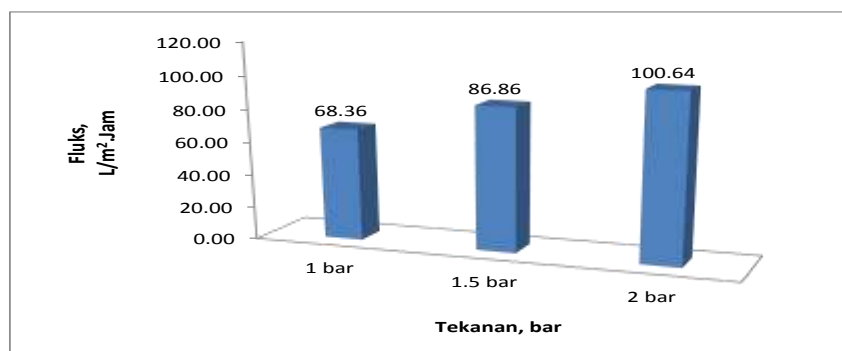
Pengaruh waktu operasi dan tekanan terhadap pemompaan Fluks membran ultrafiltrasi

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai fluks untuk masing-masing tekanan cenderung turun seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu operasi membran maka semakin banyak flok yang terakumulasi dan menempel pada pori-pori membran. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa nilai fluks terhadap waktu cenderung lebih stabil pada tekanan 1,5 bar dibanding tekanan 1 bar dan 2 bar. Jika dibandingkan antara tekanan 1 bar dan 2 bar, nilai fluks tekanan 2 bar jauh lebih bervariasi dari tekanan 1 bar. Hal ini kemungkinan disebabkan karena partikel yang tersumbat pada

pori-pori membran lebih terlepas akibat tekanan yang lebih besar.

2. Pengaruh Tekanan Pemompaan terhadap Fluks Membran Ultrafiltrasi

Perubahan tekanan pemompaan pada membran ultrafiltrasi berpengaruh terhadap fluks yang dihasilkan. Berdasarkan data yang disajikan pada lampiran c yaitu perhitungan fluks rata-rata, maka dapat diketahui pengaruh penambahan tekanan terhadap fluks seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2.

Pengaruh tekanan terhadap fluks pada Membran Ultrafiltrasi

Hasil penelitian seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.3 menunjukkan terjadinya perbedaan fluks yang dihasilkan pada masing-masing tekanan pemompaan Membran Ultrafiltrasi. Makin besar tekanan pemompaan membrane, makin tinggi nilai fluks. Dengan kata lain nilai fluks berbanding lurus dengan tekanan pemompaan. Hal ini disebabkan semakin tinggi tekanan, semakin cepat lindi mengalir melewati membran ultrafiltrasi.

3. Pengaruh Tekanan Pemompaan Terhadap Rejeksi BOD₅, COD dan TSS Lindi

Hasil pengolahan lindi dengan konsentrasi koagulan Aluminium Sulfat 30 ppm dilanjutkan dengan membran ultrafiltrasi pada tekanan operasi 1 bar, 1,5 bar dan 2 bar dianalisa di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Riau. Hasil analisa lindi tersebut tersebut ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Analisa Permeat Membran Ultrafiltrasi

No.	Parameter	Satuan	*Baku Mutu	Penambahan Koagulan 30 ppm	Hasil Analisa Permeat Lindi Terhadap Tekanan Ultrafiltrasi		
					1 bar	1,5 bar	2 bar
1	BOD ₅	mg/L	75	21	18	14	6
2	COD	mg/L	100	51	45	35	15
3	TSS	mg/L	50	11	9	8	6

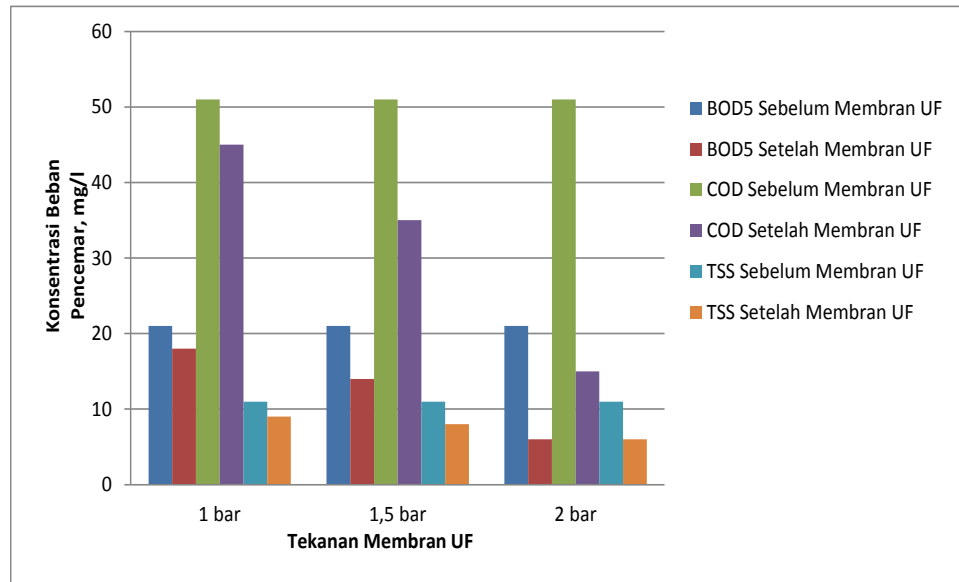
Sumber: Data Diolah dari Hasil Uji Dinas Kesehatan Pekanbaru, 2013.

*Baku Mutu Sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995.

Nilai BOD₅ dan COD berbeda untuk masing-masing tekanan membran. Makin tinggi tekanan membrane, makin rendah kadar BOD₅ dan COD. Sedangkan untuk TSS menghasilkan kadar yang sama pada tekanan 1 bar dan 1,5 bar. Sedangkan untuk tekanan 2 bar kadar TSS sama dengan sebelum dilewatkan melalui membran untrafiltrasi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tekanan yang tinggi, flok-flok yang tertahan di membrane ultrafiltrasi pecah dan terdorong melewati membrane. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Notodarmojo dan Anne pada tahun 2004 disebutkan bahwa tekanan operasi membran dapat menyebabkan

ukuran pori membran melebar, sehingga mikroorganisme-mikroorganisme dan zat-zat organik yang telah tertahan pada permukaan membran akan terdorong keluar pori membran.

Hasil analisa yang ditampilkan pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa tekanan yang efektif diperoleh pada tekanan membran ultrafiltrasi 2 bar. Dimana, BOD₅ berkurang dari 21 mg/l menjadi 6 mg/l, COD berkurang dari 51 mg/l menjadi 15 mg/l dan TSS berkurang dari 11 mg/l menjadi 6 mg/l. Pengaruh koagulan Aluminium Sulfat dan perubahan tekanan membran ultrafiltrasi dapat dilihat dari Gambar berikut ini:



Gambar 3.
Pengaruh Perubahan Tekanan Pemompaan Membran Terhadap BOD₅, COD dan TSS

Hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar beban pencemaran setelah melewati membran ultrafiltrasi. Hal ini terjadi karena pori membran ultrafiltrasi yang menahan flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi-flokulasi. Untuk mengetahui kinerja dari membran ultrafiltrasi dalam

menyisihkan parameter BOD₅, COD dan TSS lindi dapat dilihat dari nilai persentase rejeksi. Nilai persentase rejeksi diperoleh dari selisih antara BOD₅, COD dan TSS sebelum dengan sesudah membran ultrafiltrasi. Hasil perhitungan persentase rejeksi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Persentase Rejeksi Membran Ultrafiltrasi

Parameter yg diukur	Tekanan Pemompaan Membran Ultrafiltrasi		
	1 bar	1,5 bar	2 bar
BOD ₅	14,29%	33,33%	71,43%
COD	11,76%	31,37%	70,59%
TSS	18,18%	27,27%	45,45%

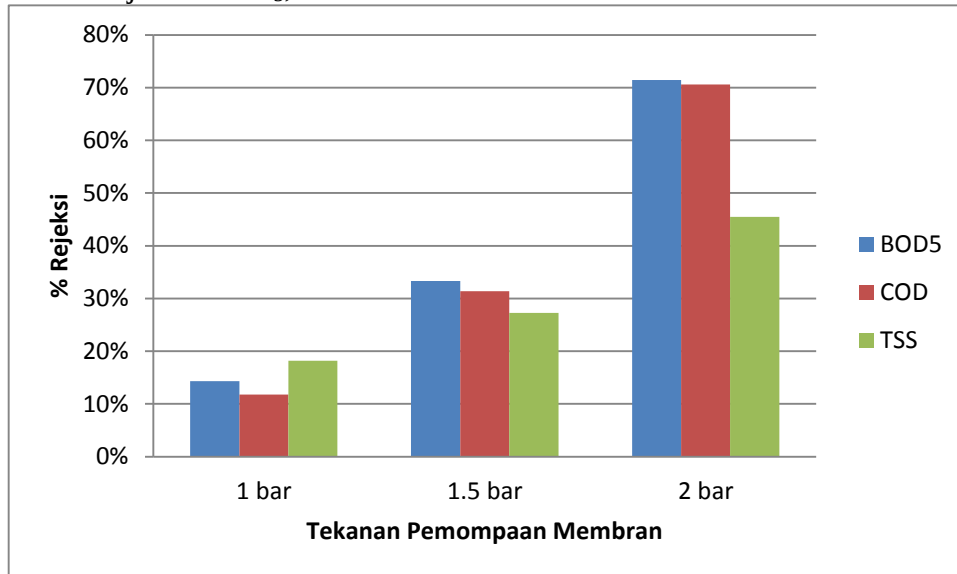
Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa persentase rejeksi BOD₅, COD dan TSS terjadi pada tekanan pemompaan membran 2 bar persentase rejeksi BOD₅ sebesar 71,43%, COD 70,59% dan TSS 45,45%. Untuk tekanan 1,5 bar membran ultrafiltrasi mampu menyisihkan BOD₅, COD, TSS

secara berurutan sebesar 33,33%, 31,37% dan 27,27%. Sedangkan pada tekanan 1 bar membrane ultrafiltrasi hanya mampu menyisihkan BOD₅, COD, TSS secara berurutan sebesar 14,29%, 11,76% dan 18,18%. Dari ketiga variasi tekanan ini penyisihan

yang optimum terjadi pada tekanan 2 bar.

Untuk lebih jelasnya pengaruh konsentrasi larutan koagulan Aluminium Sulfat terhadap persentase rejeksi BOD₅, COD dan

TSS lindi yang dihasilkan membran ultrafiltrasi dapat dilihat grafik hubungan tekanan pemompaan membran terhadap persentase rejeksi membran ultrafiltrasi pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4.

Grafik Hubungan Rejeksi dengan Tekanan Pemompaan Membran UF

Dari Gambar 4 di atas dapat diketahui bahwa untuk parameter limbah BOD₅ dan COD semakin besar tekanan

yang diberikan maka semakin meningkat persentase rejeksi membran ultrafiltrasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan larutan Aluminium Sulfat konsentrasi 30 ppm pada proses koagulasi-flokulasi cairan lindi mampu menurunkan kadar pencemar BOD₅ dari 28 mg/l menjadi 21 mg/l, COD dari 70 mg/l menjadi 51 mg/l dan TSS dari 23 mg/l menjadi 11 mg/l. Ketahanan membran ultrafiltrasi pada masing-masing tekanan pemompaan dapat diketahui dengan cara mengukur nilai fluks permeat. Nilai fluks permeat yang dihasilkan cenderung turun terhadap waktu. Tekanan pemompaan membran ultrafiltrasi berbanding lurus dengan nilai fluks yang dihasilkan. Makin besar tekanan

pemompaan makin besar pula fluks yang dihasilkan. Persentase rejeksi lindi yang dihasilkan semakin meningkat seiring meningkatnya tekanan pemompaan dari 1 bar hingga 2 bar. Persentase rejeksi yang optimum dihasilkan pada tekanan 2 bar dengan nilai sebagai berikut BOD₅ 71,43%, COD 70,59% dan TSS 45,45%.

Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai pengaruh kecepatan dan waktu pengadukkan pada proses koagulasi-flokulasi sehingga pembentukan flok-flok lebih maksimal. Juga pengaruh variasi tekanan pada ultrafiltrasi terhadap penyisihan parameter limbah cair lindi dengan kandungan zat pencemar

yang tinggi sehingga hasil yang diperoleh lebih maksimal. Serta pengaruh bahan pengawet terhadap zat pencemar dalam sample lindi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., 2009, *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair*, UNRI Press, Riau, 37-48
- Alley, E.R., 2000, Chemical Treatment, didalam S, Melvin, *Water Quality Control Handbook*, McGraw-Hill Companies, Inc., 914-923.
- Darsono, V., 2007, *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob dan Aerob*, Jurnal Teknologi Industri, 1(11), 9-13.
- Drouiche M., 2001, *Economic Study of The Treatment of Surface Water By Small Ultrafiltration Units*, Water SA Vol. 27 No. 2, ISSN 0378-4783
- Fatha, A., 2007, *Pemanfaatan Zeolit Aktif Untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Cair Tahu*, Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Hanum, F., 2002, *Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum*, Universitas Sumatera Utara, 3
- Henry J.G and Heinke G.W., 1996, *Environmental science and Engineering*, didalam Priyono, A., dan Utomo, W.D., 2008, *Pengolahan Leachate (Air Lindi) Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Semarang Secara Anaerob*, *Laporan Penelitian*, Semarang.
- Hakim, A., 2010, *Penyisihan BOD₅ dan TSS Air Lindi TPA Muara Fajar Dengan Kombinasi Koagulasi dan Flokulasi*, Skripsi, UNRI
- Karamah, E.F. dan Lubis, A.O., 2007, *Pralakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran : Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Aluminium Sulfat terhadap Kinerja Membran*, Universitas Indonesia.
- Kepmenlh, 2004, *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*, 1-4
- Mallack, H. M. and Anderson, G. K., 1997, *Cross-Flow Microfiltration with Dynamic Membranes*, Vol 32, Elseveir Science Ltd
- Maramis, A.A., 2008, "Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA" <opini-manadopost.blogspot.com>.
- Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering, Fourth Edition*, McGraw Hill Book Company, Singapore.
- Milisic, V., 1986, *Antifouling Techniques in Crossflow Microfiltration*, Journal of Membrane Science, Elsevier, Amsterdam
- Mulder, M., 1996, *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd edition, Kluwer Academic Publisher, Hetherland

- Noble, R.D, dan Stern, S.A., 1995, *Membrane Separations Technology Principles and Applications*, Edisi Ke 1, Elsevier Publisher, Netherlands, 3
- Notodarmojo, S. dan Deniva, A., 2004, *Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End (Studi Kasus : Waduk Saguling, Padalarang)*, PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 36 A, No. 1, 2004, 63-82, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITB, Bandung
- Notodarmojo, S. dan Mahmud, A., 2006, *Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Minum Menggunakan Proses Hibrid Prekoagulan-Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End*, Jurnal Teknik Lingkungan, IATPI
- Pinem, J.A dan Mesah, S. K.K, 2008, *Penyisihan BOD, COD dan TSS Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Kombinasi Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi*, Skripsi, UNRI
- Rahmawati, A. A. dan Azizah R., 2005, *Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk*, Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol. 2, No.1, Juli 2005: 97 – 110
- Scott, K., 1995, *Handbook of Industrial Membranes*, 1st edition, Elsevier Advanced Tech, Oxford
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, UI-Press, Jakarta
- Suryadiputra, I.N.N., 1995, *Pengantar Kuliah Pengolahan Air Limbah Dengan Metode Kimia (Koagulasi-Flokulasi)*, IPB, 2
- Stephenson, T., Judd, S.J., Jefferson, B. and Brindle, K. (2000). *Membrane bioreactors in wastewater treatment*. IAW Publishing, London, 17
- Syukri, 1999, *Kimia Dasar 2*, ITB, Bandung, hal 461-462
- Tarigan, M.S dan Edward, 2003, *Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara*, Jurnal Makara Sains, 3 (7), 109-119
- Timoti, H., 2005, *Aplikasi Teknologi Membran Pada Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO)*, PT. Nawapanca Adhi Cipta
- Vogel's, 1979, *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*, 5th edition, Longman Group Publisher, New York