

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN SILIKA DENGAN VARIASI ADITIF *POLYETHYLENE GLYCOL* (PEG) UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR HOTEL

¹Nandra Saputra, ²Jhon Armedi Pinem, ²Syamsu Herman

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
nandra.saputra@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Pollution that come from hotel liquid waste could reduce water quality on surrounding area. One of the ways to overcome the water pollution that come from hotel liquid waste are using membrane technology. In this study, silica membranes were made with 1;2;3 % (w/w) composition variation of Polyethylene Glycol (PEG) and hotel liquid waste treatment using silica membranes were carried out with 1;2;3 bar operating pressure variation. Silica membranes that have been made were characterized by flux measurement and rejection measurement. The highest value of flux was obtained on membranes with 3 % (w/w) PEG composition and 3 bar operating pressure, that is 22,246 L/(m².hour). The lowest value of flux was obtained on membrane with 1 % (w/w) PEG composition and 1 bar operating pressure, that is 12,843 L/(m².hour). The highest rejection values of BOD₅, COD and TSS parameters were obtained from membranes with 1 (% w/w) PEG composition and 1 bar operating pressure, that are 69,14%, 77,88% and 86,76% respectively. The lowest rejection values of BOD₅, COD and TSS parameters were obtained from membranes with 3 (% w/w) PEG composition and 3 bar operating pressure, that are 41,41%, 54,09% and 61,67% respectively.

Keywords : *membrane, polyethylene glycol (PEG), silica*

1. Pendahuluan

Perkembangan ekonomi dan pembangunan di Kota Pekanbaru mengakibatkan pertumbuhan bisnis perhotelan berkembang pesat. Pesatnya perkembangan bisnis perhotelan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, salah satunya adalah limbah cair hotel. Limbah cair hotel merupakan salah satu yang membuat air tercemar. Hal ini bisa terjadi apabila limbah cair hotel yang belum memenuhi baku mutu langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu.

Kegiatan industri, termasuk hotel perlu diolah secara memadai agar tidak menimbulkan risiko terhadap lingkungan dan kesehatan, namun banyak instalasi pengolahan limbah cair (IPLC) hotel yang belum dapat berfungsi secara efektif

karena masih banyak IPLC yang dibangun belum sesuai dengan spesifikasi teknis yang mengacu pada karakter air limbah yang ada. Secara fisik bangunan instalasi tersebut sudah ada, tetapi belum berhasil menurunkan kadar polutan-polutan seperti yang disyaratkan oleh ketentuan baku mutu yang berlaku (Martono dkk., 2006).

Keterbatasan teknologi pengolahan limbah menyebabkan *effluent* yang dihasilkan memiliki kualitas yang jauh dari standar baku mutu limbah padahal pengolahan limbah sendiri merupakan komponen yang cukup mahal. Kondisi perekonomian yang tidak kondusif juga semakin mempersulit permasalahan pengolahan limbah (Wenten, 2004).

Keunggulan proses membran dibandingkan proses pemisahan lainnya

adalah cara pengoperasian lebih sederhana, tidak memerlukan ruangan yang besar, proses berlangsung cepat dan menghasilkan hasil pemisahan dengan kualitas sangat baik. Pemisahan dengan membran tidak membutuhkan zat kimia tambahan dan juga kebutuhan energinya sangat minimum (Scott dan Hughes, 1996).

Pada penelitian yang dilakukan Chen dkk. (2010), semakin besar komposisi PEG pada membran polyetherimide maka nilai fluks pada membran akan meningkat sedangkan nilai rejeksi akan cenderung menurun. PEG bertindak sebagai agen pembentuk pori dan porositas membran bertambah seiring dengan bertambahnya komposisi PEG. Fluks air mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi PEG di dalam membran.

Pada penelitian yang dilakukan Arthanareeswaran dkk. (2010) peningkatan komposisi aditif PEG pada membran akan meningkatkan ukuran pori pada membran. Jadi semakin besar komposisi PEG pada membran maka ukuran pori pada membran akan semakin besar sehingga partikel yang seharusnya tertahan oleh membran dapat lolos.

Pada penelitian ini sintesis membran silika dilakukan dengan variasi komposisi aditif *Polyethylene Glycol* (PEG) yaitu 1;2;3 (% b/b) dan variasi tekanan operasi pada pengolahan limbah cair hotel yaitu 1;2;3 bar. Membran yang telah berhasil di sintesis dikarakterisasi dengan uji nilai fluks dan uji nilai rejeksi. Tujuan karakterisasi pada membran adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi PEG pada membran terhadap karakter membran yang dihasilkan.

2 Metode Penelitian

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah silika (SiO_2), *Polyethylene Glycol* (PEG), *Polyvinyl Alcohol* (PVA), NH_4Cl , akuades, 2-propanol, semen portland putih, aluminium sulfat (tawas), limbah cair hotel.

2.2 Alat yang dipakai

Peralatan yang digunakan adalah gelas beker 250 mL, gelas beker 500 mL, gelas beker 5000 mL, gelas ukur 250 mL, gelas ukur 10 mL, *magnetic stirer*, batang pengaduk, timbangan analitik, pH meter, oven, cetakan membran, pipet tetes, spatula, cawan petri, botol sampel dan *stopwatch*.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu berat silika 5 gram, berat NH_4Cl , berat semen portland putih 5,4 gram, berat PVA 5,4 gram, volume akuades 300 mL, volume 2-propanol 35 mL, kecepatan pengadukan 600 rpm, waktu proses pengadukan 10 menit, suhu pengeringan membran menggunakan oven 70°C dan waktu pengeringan membran menggunakan oven 1 jam. Sedangkan variabel bebas pada penelitian ini yaitu komposisi PEG pada membran silika 1;2;3 % (b/b) dan tekanan operasi pada pengolahan limbah cair hotel 1;2;3 bar.

2.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Sintesis Membran Silika

Prosedur pembuatan silika merujuk kepada metode Puspayana dan Damayanti (2013) dengan beberapa penyesuaian.

Proses sintesis membran silika dimulai dengan menimbang silika sebanyak 5 g kemudian dicampur dengan 35 mL 2-propanol dan diaduk selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm. Fasa cair yang terbentuk dibuang, sedangkan fasa padatan dicampur dengan 3,5 g NH_4Cl dan akuades 300 mL ke dalam gelas beker. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirer* selama 1 jam.

Campuran yang dihasilkan kemudian dicampurkan dengan 5,4 g PVA, 1;2;3 % (b/b) PEG dan 5,4 g semen portland putih. Campuran diaduk selama 45 menit.

Campuran yang sudah homogen kemudian dituangkan kedalam cetakan membran yang terbuat dari kaca dan dibiarkan pada udara terbuka selama 30 jam. Membran kemudian di keringkan menggunakan oven selama 1 jam pada 70°C.

2. Pengolahan Limbah Cair Hotel

Limbah cair hotel diambil di salah satu hotel di Kota Pekanbaru, Riau. Limbah cair hotel yang telah didapatkan dianalisa parameter BOD₅, COD dan TSS analisa dilakukan untuk mengetahui parameter awal sebelum dilakukan proses *pretreatment* dan pengolahan oleh membran silika.

Limbah cair hotel di-*pretreatment* dengan proses koagulasi-flokulasi. Proses *pretreatment* dilakukan di dalam gelas beker 2000 mL yang dilengkapi dengan pengaduk (*mixer*) dan pH meter. Proses dilakukan dengan menambahkan 5 mL larutan koagulan aluminium sulfat 50 ppm kedalam 1000 mL sampel limbah cair hotel yang dilanjutkan dengan proses pengadukan dengan kecepatan 150 rpm (pengadukan cepat) selama 2 menit. Setelah itu, kecepatan motor pengaduk diatur menjadi 60 rpm selama 15 menit untuk pengadukan lambat (flokulasi). Selama pengadukan cepat dan lambat, pH limbah cair hotel dinaikkan sampai mendekati pH netral dengan menambahkan larutan kalsium hidroksida (Pinem dan Sorang, 2012).

Tahapan akhir setelah pengadukan lambat selesai, flok-flok yang terbentuk diendapkan selama 30 menit sampai terbentuk dua lapisan, yang mana lapisan atas air buangan agak jernih sedangkan lapisan bawah agak keruh dan terdapat endapan flok. Limbah cair hotel selanjutnya dipisahkan dari endapan flok dengan menuangkan limbah cair hotel ke dalam gelas beker yang lain (dekantasi), sehingga endapan-endapan flok tidak terikut (Pinem dan Sorang, 2012).

3. Karakterisasi Membran Silika

Karakterisasi membran meliputi pengukuran fluks dan pengukuran rejeksi.

Uji fluks dilakukan untuk mengetahui sifat permeabilitas membran. Uji rejeksi dilakukan untuk mengetahui sifat permselektifitas membran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Awal Limbah Cair Hotel

Sampel limbah cair hotel yang digunakan pada penelitian ini diambil dari salah satu hotel yang ada di kota Pekanbaru. Hasil analisis parameter BOD₅, COD dan TSS sampel limbah cair hotel dapat dilihat pada Tabel 3.1. Dari hasil analisis terhadap parameter BOD₅, COD dan TSS pada limbah cair hotel maka dapat diketahui bahwa limbah cair pada hotel tersebut memiliki nilai BOD₅, COD dan TSS yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair hotel menurut Permen LH No.5 Tahun 2014.

Tabel 3.1 Analisis Limbah Cair Hotel

Keterangan	Satuan	Parameter		
		COD	BOD ₅	TSS
Baku Mutu*	mg/L	50	28	50
Limbah Cair Hotel Awal	mg/L	864	379	521

Sumber : *Permen LH No.5 Tahun 2014

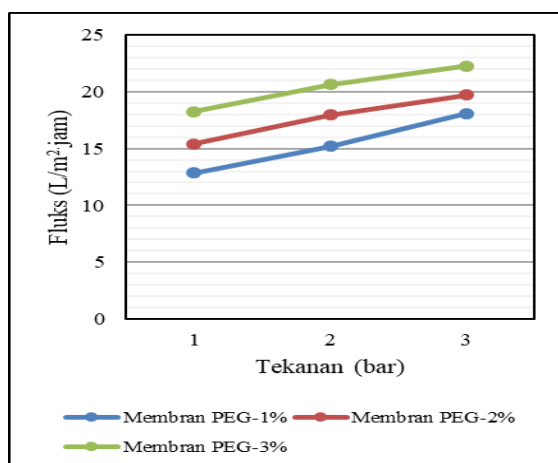
3.2 Nilai Fluks Membran

Pengukuran fluks membran dilakukan untuk mengetahui sifat permeabilitas membran. Fluks yang mengalir melalui membran didefinisikan dengan jumlah volume permeat yang melewati membran per satuan luas permukaan per satuan waktu. Pada penelitian ini, pengukuran nilai rejeksi membran menggunakan alat filtrasi *dead-end* dimana arah aliran umpan tegak lurus dengan membran. Hasil pengukuran nilai fluks limbah cair hotel dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Pada Gambar 3.1 terlihat bahwa Membran PEG-3% memiliki nilai fluks tertinggi kemudian diikuti oleh Membran PEG-2% dan Membran PEG-1%. Nilai fluks Membran PEG-1%, Membran PEG-2% dan Membran PEG-3% berturut-turut

meningkat dari 12,843; 15,181; 18,095 L/m².jam menjadi 18,264; 20,619; 22,246 L/m².jam dengan peningkatan tekanan dari 1 (% b/b) menjadi 3 (% b/b). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosnelly (2012), Ma dkk. (2011), Arthareeswaran (2010) dan Chen dkk. (2010) dimana semakin besar komposisi PEG pada membran maka nilai fluks akan semakin besar.

Tekanan operasi 3 bar memiliki nilai fluks tertinggi kemudian diikuti oleh tekanan operasi 2 bar dan tekanan operasi 1 bar. Nilai fluks Membran PEG-1%, Membran PEG-2% dan Membran PEG-3% berturut-turut meningkat dari 12,84; 15,38; 18,26 (L/m².jam) menjadi 18,09; 19,68; 22,24 (L/m².jam) dengan kenaikan tekanan dari 1 bar menjadi 3 bar. Menurut Mulder (1996), semakin besar tekanan operasi maka akan semakin besar fluks yang dihasilkan. Peningkatan fluks tersebut diakibatkan adanya gaya dorong (*driving force*) berupa tekanan pada proses penyaringan. Dalam operasi ultrafiltrasi, besarnya fluks akan sebanding dengan gaya dorongnya.



Gambar 3.1 Nilai Fluks Limbah Cair Hotel

3.3 Nilai Rejeksi Membran

Pengukuran nilai rejeksi dilakukan untuk mengetahui sifat permselektivitas membran. Hasil pengukuran nilai rejeksi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel

3.2. Peningkatan komposisi PEG pada membran dari 1 menjadi 3 (% b/b) menurunkan nilai rejeksi parameter BOD₅, COD dan TSS berturut-turut dari 69,14; 77,88; 86,76 % menjadi 50,39; 61,71; 72,47%. Pengaruh komposisi PEG pada membran terhadap nilai rejeksi BOD₅, COD dan TSS adalah semakin besar komposisi PEG pada membran maka nilai rejeksi BOD₅, COD dan TSS semakin kecil.

Arthanareeswaran dkk. (2010) dan Chen dkk. (2010) melaporkan bahwa peningkatan komposisi aditif PEG pada membran akan meningkatkan ukuran pori pada membran. Jadi semakin besar komposisi PEG pada membran maka ukuran pori pada membran akan semakin besar sehingga partikel yang seharusnya tertahan oleh membran dapat lolos, sebaliknya semakin kecil komposisi PEG pada membran maka ukuran pori pada membran akan semakin kecil sehingga semakin banyak partikel yang tertahan pada membran.

Peningkatan tekanan operasi pada pengolahan limbah cair hotel dari 1 menjadi 3 bar menurunkan nilai rejeksi parameter BOD₅, COD dan TSS berturut-turut dari 69,14; 77,88; 86,76 % menjadi 57,42; 70,45; 74,56 %. Pengaruh tekanan terhadap operasi terhadap nilai rejeksi BOD₅, COD dan TSS adalah semakin tinggi tekanan operasi maka nilai rejeksi BOD₅, COD dan TSS semakin rendah.

Hal ini sejalan dengan penelitian Rachma (2018), peningkatan tekanan operasi dari 2 menjadi 4 bar menurunkan nilai rejeksi parameter BOD₅ dan COD berturut-turut dari 54,57; 59,62 % menjadi 51,76; 57,12 %. Menurut Sorang (2010) dalam Rachma (2018), semakin besar tekanan operasi maka nilai rejeksi semakin kecil. Hal ini terjadi karena jika tekanan diperbesar maka pori pori membran akan mengalami deformasi (bertambah besar) sehingga partikel yang seharusnya tertahan oleh membran dapat lolos.

Tabel 3.2 Nilai Rejeksi Membran Terhadap COD, BOD₅ dan TSS

Nama Membran	Tekanan (bar)	Rejeksi (%)		
		COD	BOD	TSS
Membran PEG-1%	1	77,88	69,14	86,76
	2	73,79	64,45	81,18
	3	70,45	57,42	74,56
Membran PEG-2%	1	69,70	60,55	78,40
	2	65,61	57,03	73,52
	3	61,90	52,73	65,85
Membran PEG-3%	1	63,20	50,39	72,47
	2	57,25	45,70	65,85
	3	54,09	41,41	61,67

Kesimpulan

Semakin besar komposisi PEG pada membran maka akan menurunkan kinerja membran dalam merejeksi parameter BOD₅, COD dan TSS sedangkan nilai fluks membran akan meningkat. Semakin besar tekanan operasi yang digunakan dalam mengolah limbah cair hotel akan menurunkan kinerja membran dalam merejeksi parameter BOD₅, COD dan TSS sedangkan nilai fluks membran akan meningkat.

Daftar Pustaka

- Arthanareeswaran, G., D. Mogan, dan M. Raajenthiren. 2010. Preparation Characterization and Performance Studies of Ultrafiltration Membranes With Polymeric Additive. *Journal Of Membrane Science* 350 : 130-138.
- Chen, J., J. Li, X. Zhan, X. Han, dan C. Chen. 2010. Effect of PEG additives on properties and morphologies of polyetherimide membranes prepared by phase inversion. *Front. Chem. Eng. China* 4(3) : 300 – 306.
- Ma, Y., F. Shi, J. Ma, M. Wu, J. Zhang dan C. Gao. 2011. Effect of PEG Additive On The Morphology And Performance Of Polysulfone Ultrafiltration Membranes. *Desalination* 272 : 51-58
- Martono, H., N. Besmanto, A. Anwar, dan Sukar . 2006. Tingkat Efektivitas Instalasi Pengolahan Limbah Cair Hotel-hotel Di Yogyakarta. *Buletin Penelitian Kesehatan* 34(1) : 37-45.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd ed. Kluwer Academic Publisher. Dorddercht
- Pinem, J.A. dan J.A Sorang. 2012. Penyisihan BOD₅, COD dan TSS Limbah Cair Tahu dengan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Ultrafiltrasi. *Jurnal Teknobiologi* 3(2) : 135-138
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 *Baku Mutu Air Limbah*. 25 Oktober 2014. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta
- Puspayana, D.R. dan A. Damayanti. 2013. Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Kada Nitrat dan Amonium. *Jurnal Teknik POMITS* 2(2): 87-91
- Rachma, E. R. 2018. Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat Untuk Pengolahan Limbah Cair Mall. *Skripsi*. Program Studi Sarjana Teknik Kimia. Universitas Riau. Pekanbaru
- Rosnelly, C. M. 2010. Perancangan Proses Pembuatan Membran Ultrafiltrasi

- Selulosa Asetat Secara Inversi Fasa
Dari Selulosa Pulp Kayu Sengon.
Disertasi. Program Studi Teknologi
Industri Pertanian IPB. Bogor
- Scott, K. dan R. Hughes. 1996. *Industrial
Membrane Seperation Technology*.
Blackie Academic. London
- Wenten, I.G. 2004. Teknologi Membran
Dalam Pengolahan Air dan Limbah
Industri. [https://www.researchgate.
net](https://www.researchgate.net). Diakses pada 1 Juli 2018.