



PENINGKATAN KINERJA MEMBRAN SELULOSA ASETAT UNTUK PENGOLAHAN AIR PAYAU DENGAN MODIFIKASI PENAMBAHAN ADITIF DAN PEMANASAN

Joko Supriyadi, Dhias Cahya Hakika, Tutuk D. Kusworo
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Phone/Fax : (024) 7460058

Abstrak

Membran merupakan salah satu alternatif teknologi pengolahan air dengan prinsip filtrasi yang sedang banyak dikembangkan. Jenis polimer yang umum digunakan dalam pembuatan membran adalah selulosa asetat. Aditif seringkali ditambahkan untuk memperbaiki struktur morfologi membran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat membran asimetrik menggunakan polimer selulosa asetat serta mengkaji pengaruh aditif dan pemanasan terhadap struktur morfologi dan kinerja membran selulosa asetat untuk pengolahan air payau. Penelitian pembuatan membran selulosa asetat untuk pengolahan air payau ini dilakukan dengan variasi konsentrasi PEG sebesar 1,3, dan 5% berat serta suhu dan waktu pemanasan pada 60⁰C dan 70⁰C selama 5, 10, dan 15 detik. Karakterisasi membran terdiri dari pengukuran fluks dan rejeksi dengan air payau sebagai umpan, analisis SEM, dan FTIR. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan membran disimpulkan bahwa membran asimetrik selulosa asetat dapat dihasilkan dengan metode dry/wet phase inversion. Semakin besar konsentrasi PEG maka semakin besar pori yang dihasilkan, sementara semakin besar suhu pemanasan dan semakin lama waktu pemanasan, lapisan skin permukaan membran semakin halus. Membran dengan komposisi 18% selulosa asetat, 5% PEG, 1% akuades, dengan perlakuan pemanasan pada suhu 70⁰ C selama 15 detik menghasilkan kinerja optimal yaitu: fluks 6,52 L.M².h⁻¹.bar⁻¹, rejeksi TDS sebesar 71%, rejeksi kekeruhan sebesar 63,75%, rejeksi ion Ca²⁺ sebesar 52,9%, dan rejeksi ion Mg²⁺ sebesar 41,9%.

Kata kunci : membran asimetrik, selulosa asetat, aditif, PEG, perlakuan pemanasan

Abstract

Membrane is an alternative technology to the water treatment filtration principle that is being widely developed. A common type of polymer used in the manufacture of membranes are cellulose acetate. Sometimes additive addition used to improve the morphology structure of membrane. The purpose of this research is to make an asymmetric membrane using cellulose acetate polymer additives as well as assess the effect of heating on the structure and morphology and performance of cellulose acetate membranes in brackish water treatment. Research making of cellulose acetate membranes for brackish water treatment is done with the variation of PEG concentration of 1, 3, and 5% by weight and the temperature and time of annealing at 60⁰C and 70⁰C for 5, 10, and 15 seconds. Membrane characterization consists of calculation membrane flux and rejection with brackish water as a feed, SEM, and FTIR analysis. From the research it can concluded that asymmetric cellulose acetate membrane can made by dry/wet phase inversion method. The more added concentration of PEG, the larger pore of membrane. Meanwhile the higher temperature and the longer time of annealing treatment, the skin layer of membrane become denser. Membrane with the composition of 18% cellulose acetate, 5% PEG, 1% distilled water, with heat treatment at temperature of 70⁰C for 15 seconds is obtained optimal performance: flux 6.52 L.M².h⁻¹.bar⁻¹, 71% of TDS rejection, 63.75% of turbidity rejection, 52.9% rejection of Ca²⁺, and 41.9% rejection of Mg²⁺.



Keywords : *asymmetric membrane, cellulose acetate, additive, PEG, thermal annealing*

1. Pendahuluan

Membran merupakan salah satu alternatif teknologi pengolahan air dengan prinsip filtrasi yang sedang banyak dikembangkan. Teknologi membran dinilai lebih menguntungkan untuk diterapkan dalam pengolahan air karena tidak diperlukan bahan kimia tambahan seperti pada teknologi konvensional yang sudah ada. Selain itu, teknologi membran tidak memerlukan peralatan yang banyak dan besar karena komponen membran bersifat portable sehingga biaya investasi awal yang dibutuhkan lebih rendah dari sistem konvensional.

Jenis polimer yang umumnya digunakan dalam pembuatan membran adalah selulosa asetat. Pembuatan membran selulosa asetat ini dilakukan dengan metode dry/wet phase inversion dimana polimer diubah dari fasa cair menjadi padatan dengan dilakukan presipitasi secara penguapan dan presipitasi imersi. Untuk tujuan-tujuan tertentu, aditif sering ditambahkan ke dalam larutan polimer. Keberadaan aditif ini dapat merubah sifat membran dan meningkatkan kinerja membran, dimana jumlah aditif dapat mempengaruhi jumlah dan ukuran pori membran yang dihasilkan (Ahmad, 2005). Jenis aditif yang sering digunakan adalah polietilen glikol (PEG).

Dalam proses pemisahan dengan membran, keberhasilan proses pemisahan dapat dipengaruhi oleh struktur morfologi membran (Tsai dkk., 2007). Struktur morfologi dapat terbentuk karena adanya berbagai macam faktor, salah satunya adalah dengan *post treatment*, di antaranya yaitu dengan cara pemanasan (*annealing*), *coating*, dan lain sebagainya. Dengan adanya pemanasan, membran yang dihasilkan akan memiliki fluks yang lebih rendah dan selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan membran yang tidak diberi perlakuan pemanasan (Kim dkk., 2001). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh aditif yang digunakan yaitu PEG serta *post treatment* yang berupa pemanasan terhadap kinerja membran yang dihasilkan. Dengan mengetahui konsentrasi aditif dan perlakuan pemanasan yang tepat, diharapkan dapat diperoleh kinerja membran yang optimal.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan membran adalah selulosa asetat teknis dari MKR Chemicals, aseton 99,75% dari Mallinckrodt Chemicals, akuades (teknis), PEG (polietilen glikol) 4000, serta air payau dari kawasan Demak.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, gelas ukur, labu erlenmeyer, pengaduk, pipettes, buret, pengaduk magnetik, pelat kaca, bak koagulasi, *casting knife*, selotip, oven, *stopwatch*, turbidimeter, peralatan SEM, peralatan FTIR, dan sel filtrasi *dead end*.

2.2. Pembuatan membran asimetrik selulosa asetat

Pembuatan membran selulosa asetat diawali dengan membuat larutan dope yang terdiri dari polimer selulosa asetat, aseton, polietilen glikol, dan akuades. Membran dibuat dengan komposisi 18% wt selulosa asetat, aseton sebagai pelarut, akuades sebagai non pelarut, serta PEG (polietilen glikol) sebagai aditif dengan variasi konsentrasi 1% wt, 3% wt, dan 5% wt. Pencetakan membran menggunakan metode inversi fasa, yaitu dengan cara mencetak membran di atas pelat kaca kemudian dicelupkan ke dalam bak koagulasi. Untuk meneliti pengaruh pemanasan, membran diberi *post treatment* dengan cara dioven pada suhu 60°C dan 70°C selama 5, 10, dan 15 detik.

2.3. Karakterisasi membran

2.3.1. Pengukuran fluks dan rejeksi membran

Pengukuran nilai fluks dan rejeksi menggunakan sel filtrasi *dead end*. Sebelum dilakukan uji permeabilitas, dilakukan kompaksi terlebih dulu selama 30-45 menit

menggunakan akuades agar rantai polimer menyusun diri. Setelah proses kompaksi, akuades diganti dengan air payau. Pengukuran fluks air payau dilakukan dengan mengukur volume air payau yang dapat ditampung setiap 5 menit. Penentuan rejeksi membran dilakukan dengan menentukan konsentrasi TDS, ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan kekeruhan air payau sebelum dan sesudah melewati membran. Penentuan TDS air payau dilakukan menggunakan alat TDS meter, sedangkan analisis kekeruhan air payau ditentukan dengan alat turbidimeter, sedangkan penentuan ion Ca^{2+} , Mg^{2+} menggunakan titrasi substitusi dan kesadahan.

2.3.2. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Karakterisasi membran menggunakan FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat pada membran yang dihasilkan. Uji ini dilakukan untuk memastikan adanya selulosa asetat dan PEG pada membran.

2.3.3. Scanning Electron Microscopy (SEM)

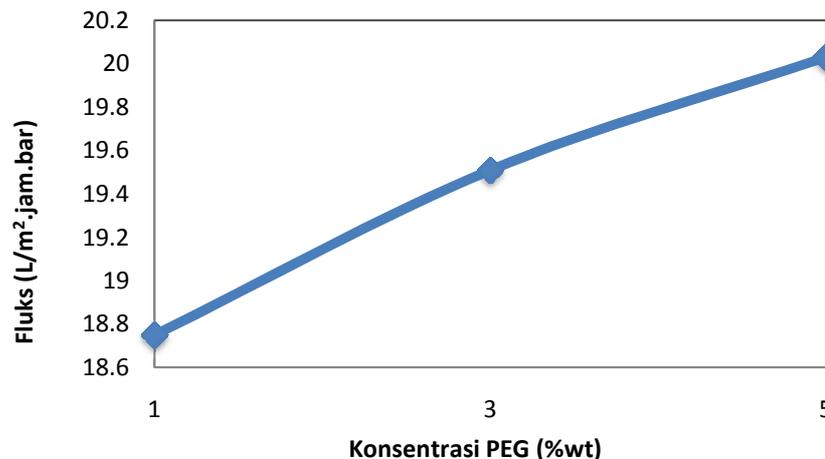
Karakterisasi membran menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi membran. Melalui analisis ini, dapat diketahui penampang melintang dan permukaan membran dengan perbesaran tertentu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap Kinerja dan Karakteristik Membran

3.1.1. Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap Fluks Membran Selulosa Asetat

Pengukuran fluks membran dilakukan dengan alat filtrasi *dead end* untuk mengukur laju alir permeat membran per satuan luas per satuan waktu.



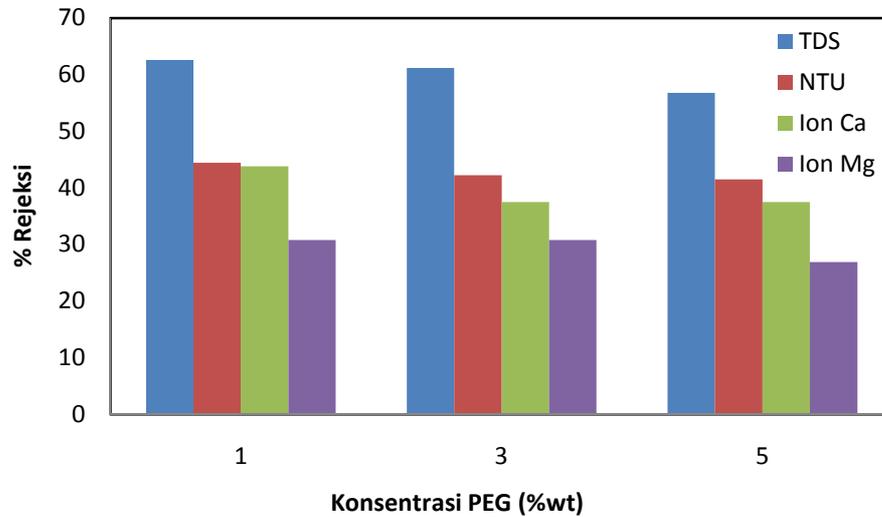
Gambar 1: Pengaruh konsentrasi PEG terhadap fluks membran

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin banyak PEG yang ditambahkan pada larutan *dope* maka semakin besar fluks membran yang diperoleh. Peningkatan fluks ini dikarenakan pori membran yang terbentuk semakin besar dengan adanya penambahan konsentrasi PEG. Hal ini dikarenakan PEG merupakan aditif yang bersifat hidrofilik, sehingga peningkatan konsentrasi PEG akan menimbulkan pembentukan *macrovoid* yang lebih besar pada struktur pori membran (Saljoughi dkk., 2008). Akibatnya, semakin besar ukuran pori membran ini akan meningkatkan nilai fluks pada membran.

3.1.2. Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap Rejeksi Membran

Kinerja membran juga dapat dilihat berdasarkan nilai rejeksinya. Pengukuran rejeksi membran dilakukan menggunakan alat filtrasi *dead end*, bersamaan dengan pengukuran fluks membran. Pada pengukuran rejeksi, indikator pengukuran didasarkan pada nilai TDS air

payau, derajat kekeruhan, serta kadar ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sebelum dan sesudah melewati membran.

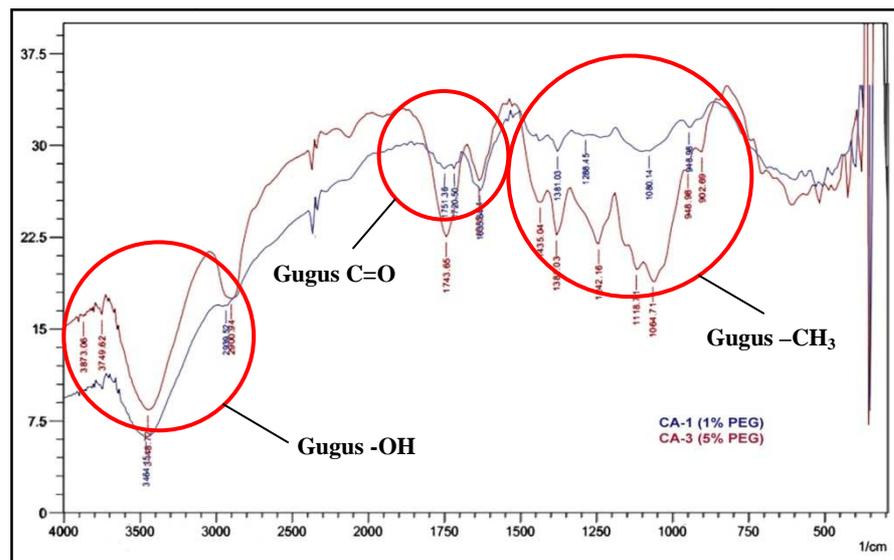


Gambar 2: Pengaruh konsentrasi PEG terhadap nilai rejeksi membran

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi PEG maka nilai rejeksi membran untuk TDS, kekeruhan (NTU), dan ion Ca^{2+} maupun Mg^{2+} semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi PEG yang ditambahkan ke dalam larutan *dope* akan meningkatkan jumlah pori atau ukuran pori yang terbentuk semakin besar. PEG berfungsi sebagai porogen (pembentuk pori) yang bersifat larut dalam air sehingga molekul PEG tersebut berdifusi ke dalam bak koagulasi yang berisi air dan meninggalkan pori pada matriks selulosa asetat (Chou dkk., 2007). Akibatnya, semakin besar konsentrasi PEG yang ditambahkan, akan terbentuk *macrovoid* yang lebih besar pada membran dan menyebabkan banyak spesi yang lolos dan tidak tersaring saat melewati membran sehingga nilai rejeksinya semakin kecil.

3.1.3. Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap Karakterisasi Membran dengan Analisis FTIR

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*) pada membran digunakan untuk mengetahui adanya gugus fungsi yang terdapat di dalam membran. Pada Gambar 3 ditunjukkan hasil karakterisasi membran dengan FTIR untuk pengaruh konsentrasi PEG 1 dan 5% wt.



Gambar 3 : Hasil karakterisasi FTIR membran selulosa asetat untuk pengaruh konsentrasi PEG 1 dan 5 % wt

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa membran selulosa asetat memiliki gugus fungsi senyawa kimia yang ditunjukkan dengan panjang gelombang pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1:Gugus fungsional pada membran selulosa asetat pada konsentrasi PEG 1% dan 5% wt

No.	Senyawa Kimia	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	
		PEG 1% wt	PEG 5% wt
1.	- OH	3464,15	3448,72
2.	- CH	2939,52	2900,94
3.	C=O	1635,64; 1720,5; 1751,36	1635,64; 1743,65
4.	- CH ₃	1381,03	1381,03; 1435,04
5.	- COOH	1288,45	1242,16
6.	C - C	948,98	902,69; 948,98

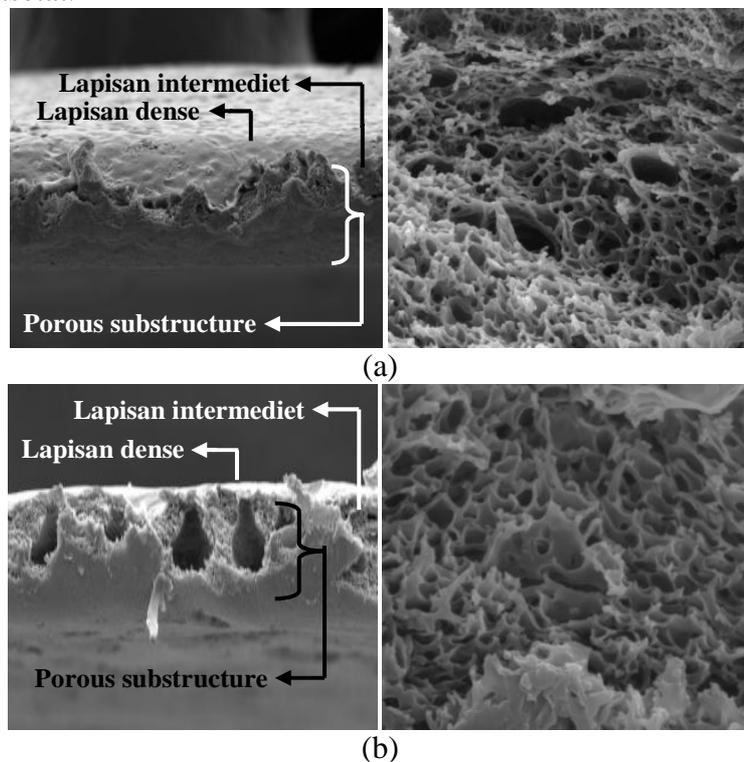
Gambar 3 menunjukkan bahwa membran selulosa asetat memiliki gugus -OH, -C=O, -CH₃, -COOH, C-C, dan -CH. Pada Tabel 1 dapat dilihat adanya perbedaan berupa pergeseran panjang gelombang pada senyawa kimia yang terdapat pada membran selulosa asetat dengan konsentrasi PEG 1% dan 5% wt. Terjadinya pergeseran panjang gelombang tersebut menandakan bahwa konsentrasi PEG pada larutan *dope* berpengaruh pada struktur morfologi membran. Keberadaan PEG dalam membran selulosa asetat dapat diindikasikan dengan adanya gugus fungsi C=O dan unit ulang -CH₂-CH₂O- sehingga PEG dalam membran selulosa asetat dapat dilihat berdasarkan gugus fungsi C=O dan -CH₃. Pada membran selulosa asetat dengan konsentrasi PEG 5%wt, untuk bilangan gelombang 1381,03 dan 1435,04 cm⁻¹ yang menunjukkan luasan yang lebih besar dibandingkan membran selulosa asetat dengan konsentrasi PEG 1% wt untuk gugus fungsi yang sama, yaitu pada bilangan gelombang 1381,03 cm⁻¹. Oleh karena itu, semakin luas bidang serapan menunjukkan adanya penambahan konsentrasi PEG sehingga semakin besar pula unit ulang yang mengindikasikan adanya PEG dalam membran.

3.1.4. Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap Karakterisasi Membran dengan Analisis SEM

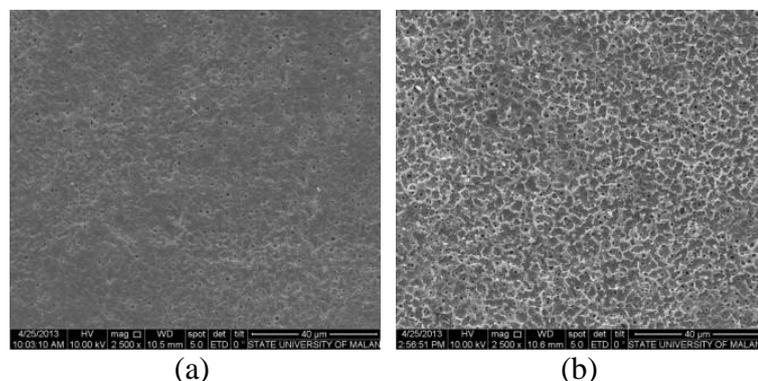
Analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui struktur morfologi membran. Hasil dari uji ini berupa foto kenampakan permukaan dan melintang

membran dengan menggunakan mikroskop elektron (Mulder, 1996). Dalam penelitian ini, dilakukan analisis SEM untuk mengetahui pengaruh konsentrasi PEG terhadap struktur morfologi membran yang terbentuk.

Dari Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa membran selulosa asetat yang terbentuk merupakan membran asimetrik, dimana seiring dengan banyaknya penambahan PEG, pori pada membran terlihat lebih banyak dan seragam. Dalam hal ini, PEG sebagai aditif pada awalnya mengisi matriks dari membran selulosa asetat yang terbentuk. Selanjutnya dalam proses pelarutan dengan non pelarut, aditif bersama dengan pelarut akan larut dalam non pelarut sehingga meninggalkan rongga atau pori pada membran. Akibatnya, pori yang dihasilkan lebih banyak dan merata (Akhlus dan Widiastuti, 2005). Berdasarkan gambar penampang permukaan membran tampak bahwa pori membran dengan konsentrasi PEG 5%wt lebih banyak dan merata dibandingkan pada membran dengan konsentrasi PEG 1%wt. Hal ini menunjukkan fungsi PEG sebagai pembentuk pori dan meningkatkan porositas pada membran selulosa asetat.



Gambar 4 : Penampang melintang membran pada konsentrasi PEG : (a) 1% wt dan (b) 5% wt



Gambar 5 : Penampang permukaan membran pada konsentrasi PEG : (a)1% wt dan (b)5% wt

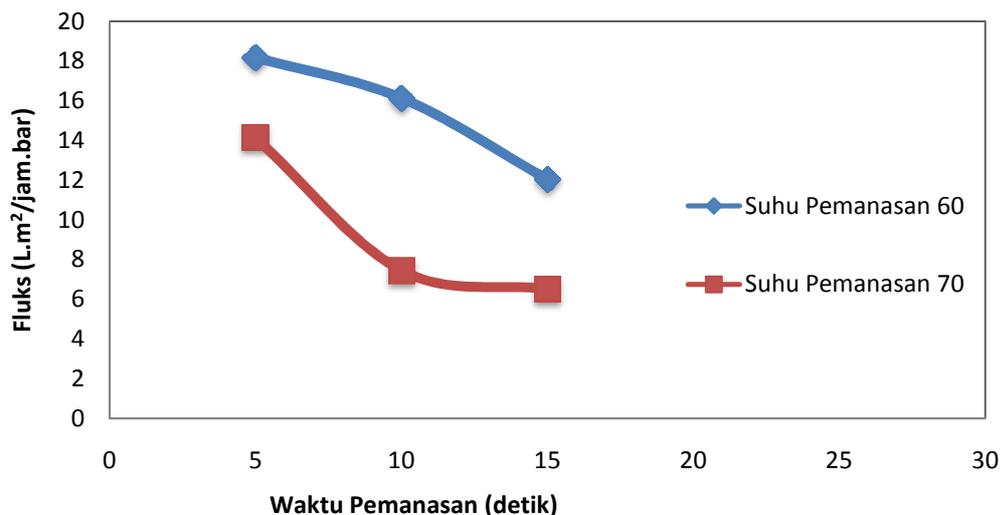
3.2. Pengaruh Pemanasan terhadap Kinerja dan Karakteristik Membran

32.1. Pengaruh Pemanasan terhadap Fluks Membran Selulosa Asetat

Sebelum diaplikasikan dalam pengolahan air payau, membran selulosa asetat terlebih dahulu diberi perlakuan pemanasan dengan variasi suhu pemanasan 60°C dan 70°C serta variasi waktu pemanasan selama 5, 10, dan 15 detik. Selanjutnya, pengukuran fluks membran dilakukan dengan menggunakan alat filtrasi *dead end*. Hasil pengukuran fluks membran untuk pengolahan air payau dengan variasi suhu pemanasan pada 60°C dan 70°C serta waktu pemanasan selama 5, 10, dan 15 detik disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 6.

Tabel 2 : Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap fluks membran

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (detik)	Fluks Rata-rata ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$)
60	5	18,17
	10	16,13
	15	12,05
70	5	14,15
	10	7,45
	15	6,52



Gambar 6 : Pengaruh waktu dan suhu pemanasan terhadap fluks membran

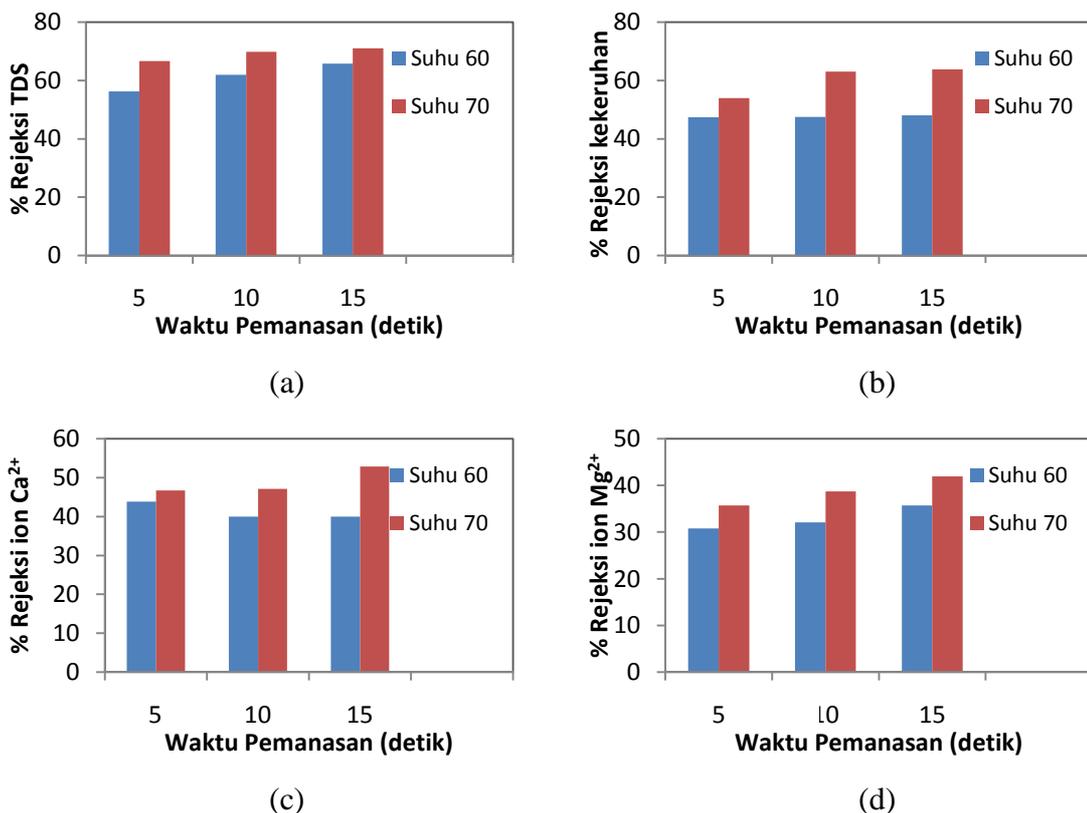
Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan maka fluks membran semakin menurun. Hal ini dikarenakan perlakuan pemanasan pada membran ini akan menyebabkan pengaturan molekul-molekul membran sehingga lebih stabil dan lebih rapat. Oleh karena itu, terjadi penyempitan pori-pori membran (Mulyati, 2008). Inilah yang menyebabkan nilai fluks yang diperoleh mengalami penurunan.

Pada Tabel 2 dan Gambar 6, tampak bahwa selain waktu pemanasan, suhu pemanasan juga berpengaruh pada fluks membran, yaitu semakin tinggi suhu pemanasan akan menurunkan nilai fluks membran. Semakin tinggi suhu pemanasan maka lapisan membran yang terbentuk akan semakin rapat dan halus. Ukuran pori yang terbentuk juga akan semakin kecil, sehingga nilai fluks mengalami penurunan.

3.2.2. Pengaruh Pemanasan terhadap Rejeksi Membran

Pengukuran rejeksi membran selulosa asetat yang dihasilkan dengan perlakuan pemanasan dengan variasi suhu pemanasan 60°C dan 70°C serta variasi waktu pemanasan selama 5, 10, dan 15 detik dilakukan dengan membandingkan nilai TDS air payau, derajat kekeruhan, serta kadar ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sebelum dan sesudah melewati membran. Hasil pengukuran rejeksi membran selulosa asetat dengan variasi suhu pemanasan pada 60°C dan 70°C serta waktu pemanasan selama 5, 10, dan 15 detik disajikan pada Gambar 7.

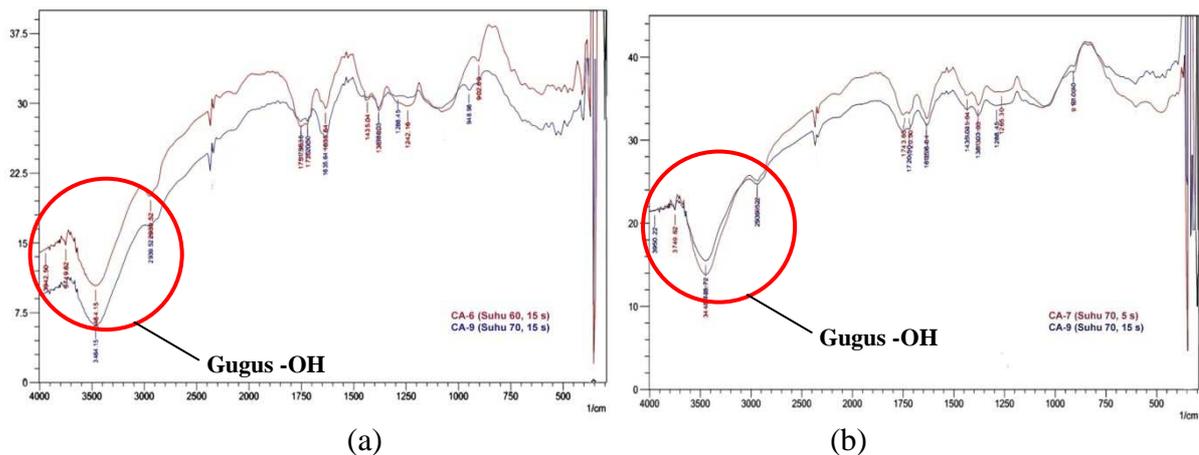
Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu perlakuan pemanasan yang diberikan pada membran maka nilai rejeksi membran untuk TDS, kekeruhan, dan ion Ca maupun Mg juga semakin meningkat. Peningkatan nilai rejeksi ini juga berlaku seiring dengan lamanya waktu pemanasan yang diberikan. Adanya perlakuan pemanasan ini akan meningkatkan kinerja membran karena menyebabkan terjadinya pengaturan molekul-molekul membran sehingga lebih stabil. Semakin tinggi suhu pemanasan serta semakin lama waktu perlakuan pemanasan terhadap membran, pori-pori membran akan mengalami penyusutan sehingga menjadi lebih rapat (Murphy dan de Pinho, 1995). Akibatnya, pori membran mengalami penyempitan yang kemudian meningkatkan nilai rejeksi membran.



Gambar 7: Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap nilai rejeksi membran untuk : (a) TDS, (b) kekeruhan, (c) ion Ca^{2+} , dan (d) ion Mg^{2+}

3.2.3. Pengaruh Pemanasan terhadap Karakterisasi Membran dengan Analisis FTIR

Karakterisasi membran selulosa asetat menggunakan analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam membran. Pada Gambar 8 ditampilkan hasil karakterisasi FTIR membran selulosa asetat untuk pengaruh suhu pemanasan pada 60°C dan 70°C dan waktu pemanasan selama 5 detik dan 15 detik.



Gambar 8 : Hasil karakterisasi FTIR membran selulosa asetat untuk : (a) pengaruh suhu pemanasan pada 60 °C dan 70 °C, dan (b) pengaruh waktu pemanasan selama 5 detik dan 15 detik

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa membran selulosa asetat memiliki gugus fungsi senyawa kimia dengan panjang gelombang sebagaimana ditunjukkan Tabel 4.

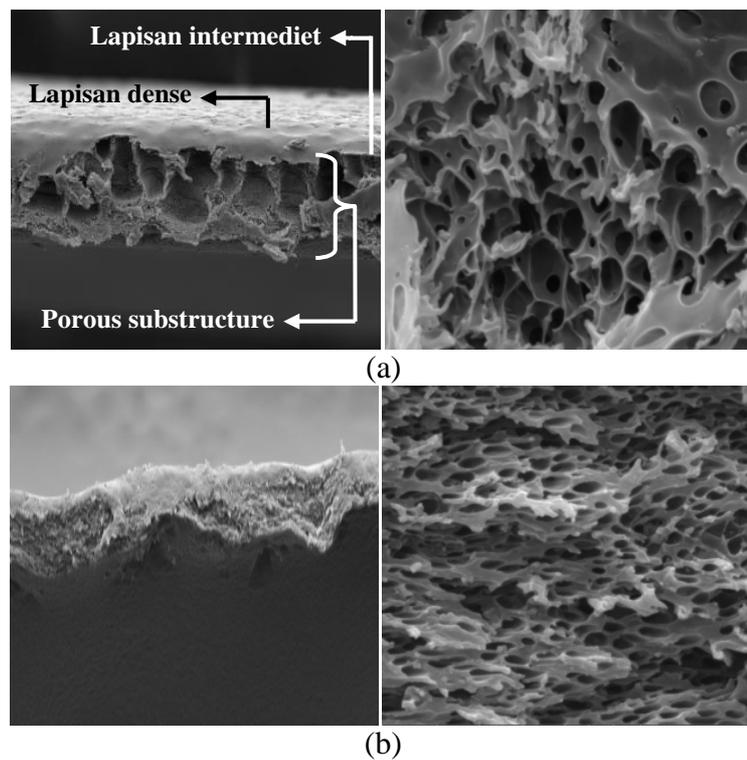
Tabel 4:Gugus fungsional pada membran selulosa asetat dengan pengaruh suhu pemanasan pada 60 °C dan 70 °C

No.	Senyawa Kimia	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)			
		60 °C	70 °C	5 detik	15 detik
1.	- OH	3464,15; 3749,62	3448,72	3448,72	3448,72
2.	- CH	2939,52	2900,94	2939,52	2939,52
3.	C=O	1635,64; 1720,5	1635,64; 1720,5	1635,64; 1743,65	1635,64; 1720,5
4.	CH ₃	1381,03	1381,03; 1435,04	1381,03; 1435,04	1381,03; 1435,04
5.	- COOH	1288,45	1242,16	1265,3	1288,45
6.	C – C	948,98	902,69	910,4	910,4

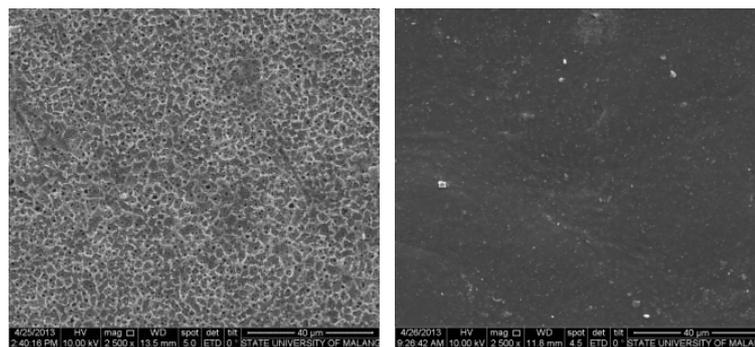
Gambar 8 menunjukkan bahwa membran selulosa asetat memiliki gugus -OH, -C=O, -CH₃, -COOH, C-C, dan -CH. Sementara itu, pada Tabel 4 ditunjukkan adanya perbedaan berupa pergeseran panjang gelombang pada senyawa kimia yang terdapat pada membran selulosa asetat dengan pengaruh suhu pemanasan 60 °C dan 70 °C serta waktu pemanasan selama 5 detik dan 15 detik. Pemanasan yang diberikan pada membran selulosa asetat bersifat *post-treatment* dan dilakukan setelah membran terbentuk. Berdasarkan gugus fungsi yang terkandung dalam membran selulosa asetat, salah satu pengaruh pemanasan yang dapat diamati adalah pada gugus fungsi -OH, yaitu kandungan air pada membran. Pada membran selulosa asetat dengan suhu pemanasan 70°C, untuk bilangan gelombang 3464,15 cm⁻¹ memiliki luasan yang lebih kecil dibandingkan membran selulosa asetat dengan suhu pemanasan 60°C pada bilangan gelombang 3464,15 cm⁻¹. Sedangkan pada membran selulosa asetat dengan waktu pemanasan 15 detik, untuk bilangan gelombang 3448,72 cm⁻¹ juga memiliki luasan yang lebih kecil dibandingkan membran selulosa asetat dengan waktu pemanasan selama 5 detik, yaitu pada bilangan gelombang 3448,72 cm⁻¹. Luasan serapan tersebut menunjukkan besarnya intensitas yang mengindikasikan interaksi antara molekul air dan adanya kandungan air. Oleh karena itu, semakin kecil luasan bidang serapan menunjukkan bahwa semakin kecil interaksi antar molekul air dalam membran yang berarti bahwa semakin sedikit kandungan air dalam membran (Murphy dan de Pinho, 1995).

3.2.4. Pengaruh Pemanasan terhadap Karakterisasi Membran dengan Analisis SEM

Perlakuan pemanasan yang diberikan terhadap membran adalah pada suhu pemanasan 60 °C dan 70 °C serta waktu pemanasan selama 5 detik dan 15 detik. Pada Gambar 9 dan 10 disajikan hasil analisis SEM berupa penampang melintang dan permukaan pada membran dengan pengaruh suhu pemanasan 60 °C dan 70 °C.

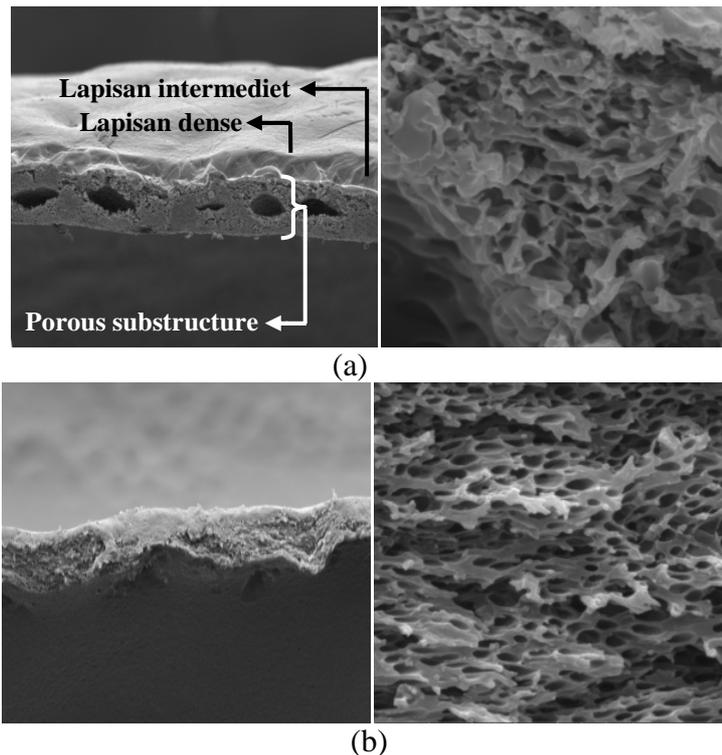


Gambar 9 : Penampang melintang membran pada suhu pemanasan : (a) 60 °C dan (b) 70 °C

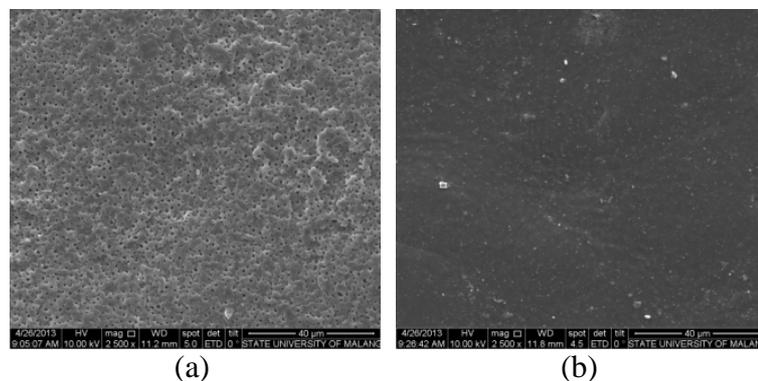


Gambar 10 : Penampang permukaan membran pada suhu pemanasan (a) 60 °C dan (b) 70 °C

Untuk hasil analisis SEM berupa penampang melintang dan permukaan membran yang diberi perlakuan pemanasan dengan pengaruh waktu pemanasan, yaitu selama 5 detik dan 15 detik ditunjukkan oleh Gambar 11 dan 12.



Gambar 11 : Penampang melintang membran pada waktu pemanasan :
(a) 5 detik dan (b) 15 detik



Gambar 12 : Penampang permukaan membran pada waktu pemanasan :
(a) 5 detik dan (b) 15 detik

Dari Gambar 11 dan 12 tampak bahwa penampang permukaan pada membran dengan suhu pemanasan 70°C dan waktu pemanasan selama 15 detik memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan membran dengan pemanasan pada suhu 60°C maupun pada waktu pemanasan selama 5 detik. Selain permukaan yang lebih halus, pori atau rongga yang terbentuk lebih kecil dan rapat.

Perlakuan pemanasan pada membran menyebabkan adanya penyesuaian dari pergerakan rantai-rantai polimer. Ketika membran selulosa asetat dipanaskan, pergerakan molekul dari rantai polimer menjadi lebih mudah sehingga mempengaruhi struktur morfologi pada membran yang dihasilkan. Di samping itu, perlakuan pemanasan juga menurunkan *free volume* yang terbentuk dalam pembuatan membran, dikarenakan meningkatnya pergerakan molekular dalam membran (Han dan Bhattacharyya, 1994). Semakin sedikit jumlah *free volume* pada membran berakibat pada semakin kecil pori atau rongga yang terbentuk, sehingga membran semakin rapat.



4. Kesimpulan

Membran asimetrik selulosa asetat dapat dihasilkan dengan metode *dry/wet phase inversion*, dimana konsentrasi PEG berpengaruh terhadap pembentukan pori membran. Semakin besar konsentrasi PEG yang ditambahkan mengakibatkan ukuran pori semakin besar. Pada penelitian ini *post treatment* yang dilakukan adalah dengan melakukan pemanasan terhadap membran yang dihasilkan. Perlakuan pemanasan yang diberikan pada membran berpengaruh terhadap pembentukan pori membran, dimana semakin besar suhu pemanasan dan semakin lama waktu pemanasan menyebabkan ukuran pori semakin kecil sehingga nilai fluks semakin kecil sementara nilai rejeksi semakin besar. Berdasarkan analisis FTIR dapat diketahui terdapat gugus -OH, C=O, -CH₃, -COOH, C-C, dan -CH. Dari gugus fungsi yang muncul terdapat pergeseran panjang gelombang akibat perbedaan konsentrasi PEG maupun perbedaan perlakuan pemanasan. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa membran selulosa asetat yang dihasilkan adalah membran asimetrik. Dapat diketahui pula bahwa semakin besar konsentrasi PEG maka semakin besar pori yang dihasilkan, sementara semakin besar suhu pemanasan dan semakin lama waktu pemanasan, lapisan skin permukaan membran semakin halus. Membran dengan komposisi 18% selulosa asetat, 5% PEG, 1% akuades, dengan perlakuan pemanasan pada suhu 70⁰ C selama 15 detik menghasilkan kinerja optimal yaitu: fluks 6,52 L.M⁻².jam⁻¹.bar⁻¹, rejeksi TDS sebesar 71%, rejeksi kekeruhan sebesar 63,75%, rejeksi ion Ca²⁺ sebesar 52,9%, dan rejeksi ion Mg²⁺ sebesar 41,9%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Pengolahan Limbah dan Laboratorium Mer-C atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ahmad, S. 2005. *Pembuatan Membran Selulosa Asetat pada Berbagai Variasi Komposisi Polimer, Jenis Pelarut dan Konsentrasi Aditif*. Jurnal disajikan dalam Prosiding Simposium Nasional Polimer V.
- Akhlus, S. dan Widiastuti, N. 2005. Perolehan Kembali NaOH dari Limbah White Liquor Hasil Pengelantangan Sistem Fotosensitizer Katil Bergerak. *Akta Kimindo (1) No. 1 Oktober 2005* : 35-40.
- Baker, R.W. 2004. *Membrane Technology and Applications* 2nd edition. West Sussex : John Wiley & Sons, Ltd.
- Chou, W.L.; Yu, D.G.; Chien, M.; dan Yang, C.H.J. 2007. Effect of Molecular Weight and Concentration of PEG Additives on Morphology and Permeation Performance of Cellulose Acetate. *Journal Separation and Purification Technology*.
- Han, M.J. dan Bhattacharyya, D. 1994. Thermal Annealing Effect on Cellulose Acetate Reverse Osmosis Membrane Structure. *Desalination 101 (1995)* : 195-200.
- Ismail, A.F.; Hassan, A.R.; dan Ng, B.C. 2002. Effect of Shear Rate on the Performance of Nanofiltration Membrane for Water Desalination. *Songklanakarin Journal Science Technology, Membrane Sci. & Tech., Volume 24 (Suppl.)* : 879-889.
- Khayet, M. dan Matsuura, T. 2011. *Membrane Distillation Principal and Application*. Oxford : Elsevier.
- Kim, I.C.; Yun, H.G.; and Lee, K.H. 2001. Preparation of Asymmetric Polyacrylonitrile Membrane with Small Pore Size by Phase Inversion and Post-Treatment Process. *Journal of Membrane Science 199 (2002)* : 75-84.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.



- Mulyati, S. 2008. Kinerja Membran Ultrafiltrasi pada Klarifikasi Nira Tebu secara Cross Flow Filtration. *Reintek Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Terapan, Volume 3 No. 2*.
- Murphy, D. dan de Pinho, M.N. 1995. An ATR-FTIR Study of Water in Cellulose Acetate Membranes Prepared by Phase Inversion. *Journal of Membrane Science 106 (1995) : 245 - 257*.
- Saljoughi, E.; Sadrzadeh, M.; dan Mohammadi, T. 2008. Effect of Preparation Variables on Morphology and Pure Water Permeation Flux Through Asymmetric Cellulose Acetate Membranes. *Journal of Membrane Science 326 (2009) : 627 - 634*.
- Tsai, H.A.; Ma, L.C.; Yuan, F.; Lee, K.R.; dan Lai, J.Y. 2007. Investigation of Post-Treatment Effect on Morphology and Pervaporation Performance of PEG Added PAN Hollow Fiber Membranes. *Desalination 234, (2008) : 232–243*.