

SINTESIS MEMBRAN SELULOSA ASETAT UNTUK DESALINASI AIR PAYAU

Vany Silvia¹, Jhon Armedi Pinem², Rozanna Sri Irianty³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

vanyilviapurba@gmail.com

ABSTRACT

One of energy that can be used to produce pure water in coastal areas of Riau is using cellulose acetate membrane. Raw material used in this experiment is a cellulose acetate, acetone and formamide. This research aims to make cellulose acetate membrane for brackish water treatment process into pure water with cellulose acetate variations of 16%,17%,18%,19% and 20% and operating pressure is 2, 4, 6, 8 and 10 bar. The results obtained are greater then the composition of the cellulose acetate will be smaller flux produced and greater the rejection is generated. The greater the operating pressure, the greater the flux obtained and smaller the rejection obtained.

Keywords : cellulose acetate, flux, membrane, rejection

1. Pendahuluan

Kehidupan masyarakat pesisir salah satunya di pesisir Riau dalam kondisi yang memprihatinkan, terutama secara ekonomi dan kesehatan. Tidak sedikit masyarakat pesisir Riau yang menderita berbagai penyakit akibat kondisi lingkungan yang tidak kondusif seperti akibat kurangnya sumber air bersih. Sulitnya akses sumber air bersih membuat banyak masyarakat mengkonsumsi air tanah yang memiliki tingkat salinitas dan TDS yang tinggi [Anonim,2013]. Air tanah yang memiliki tingkat salinitas dan TDS yang tinggi disebut air payau. Apabila air payau digunakan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu maka akan menyebabkan penyakit diantaranya diare, kerusakan gigi, kerusakan hati dan lain-lain [Kurniawan,2009].

Untuk mengatasi masalah tersebut maka salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penerapan teknologi desalinasi. Desalinasi air payau merupakan jalan utama yang efektif untuk memperoleh air bersih yang semakin sulit

diperoleh [Zhang,2013]. Teknologi desalinasi menggunakan membran merupakan proses yang paling ekonomis dibandingkan teknologi konvensional karena mampu mengolah air payau dan air laut dengan biaya yang rendah dan memerlukan energi yang lebih rendah [Setiasih,2009].

Sehubungan dengan perkembangan teknologi desalinasi menggunakan membran. Saat ini membran selulosa asetat mengalami banyak perkembangan seperti digunakan untuk pengolahan air sungai, air tanah dan air laut. Membran selulosa asetat memiliki banyak keunggulan seperti sifat polimer selulosa asetat yang polar dan memiliki kemampuan merejeksi garam [Setiasih,2009]. Selain itu juga teknologi membran selulosa asetat dinilai lebih menguntungkan untuk diterapkan dalam pengolahan air dibandingkan dengan metode konvensional [Supriyadi,2013].

Membran berasal dari bahasa latin “membrana” yang berarti potongan kain [Winani,2011]. Teknik-teknik yang biasanya digunakan pada proses

pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching* dan inversi fasa. Pada penelitian ini pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fasa. Inversi fasa adalah Suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali [Rosnelly,2012]. Proses inversi fasa terjadi dengan penguapan pelarut, presipitasi dengan penguapan terkendali, presipitasi termal, presipitasi fasa uap dan presipitasi immersi. Pada penelitian ini sintesis membran selulosa asetat dilakukan dengan cara inversi fasa. Pemilihan metode inversi fasa dikarenakan dengan metode ini dihasilkan struktur dan morfologi membran yang padat, kompak dan berpori [Richa,2011]. Metode ini juga cocok digunakan dalam pembuatan membran dari berbagai polimer [Wenten.1999].

Dalam proses pemisahan dengan membran, keberhasilan proses pemisahan dapat dipengaruhi oleh struktur morfologi membran. Struktur morfologi dapat dibentuk karena adanya berbagai macam faktor, salah satunya adalah dengan *post treatment*, diantaranya 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].

Menurut Joko (2013), 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. Disamping itu, perlakuan pemanasan juga menurunkan *free volume* yang terbentuk dalam pembuatan membran, dikarenakan meningkatnya pergerakan pergerakan molekuler dalam membran. Semakin sedikit jumlah *free volume* pada membran berakibat pada semakin kecil pori atau

rongga yang terbentuk, sehingga membran semakin rapat.

Pada penelitian ini dilakukan pemanasan pada suhu 70°C selama 15 menit. Dasar pemilihan ini dikarenakan air yang akan diuji adalah air payau sehingga dengan dilakukan pemanasan maka akan dihasilkan membran selulosa asetat yang pori-porinya cocok untuk menyaring komponen terlarut pada air payau.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan

Bahan penelitian yang digunakan pada sintesis membran selulosa asetat, diantaranya selulosa asetat, formamida, aseton, air payau, larutan Natrium azida 0,1% dan akuades.

Alat yang dipakai

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yakni erlenmeyer 250 ml, *magnetic stirrer*, batang magnet, plat kaca, pisau *casting*, sel membran, pipet tetes dan spatula.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu formamida 27%, koagulan air 4°C, waktu pengadukan larutan *casting* 24 jam, waktu pendiaman larutan *casting* 24 jam, waktu penguapan pelarut 30 detik, waktu perendaman membran selulosa asetat 13 jam, waktu pengaliran air pada membran selulosa asetat 2,5 jam, larutan natrium azida 0,1% dan *annealing* pada suhu 70°C selama 15 detik. Sedangkan variabel bebas pada penelitian tersebut yaitu komposisi selulosa asetat 16%, 17%, 18%, 19% dan 20% dan Tekanan operasi pengujian fluks membran 2, 4, 6, 8 dan 10 bar.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

1. Sintesis membran selulosa asetat

Selulosa asetat dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam erlenmeyer 250 ml berisi aseton dan pengaduk magnet sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm. Pengadukan dilakukan selama 24 jam sehingga terbentuk larutan homogen. Setelah itu, ke dalam larutan ditambahkan formamida dan kembali diaduk selama 24 jam [Richa,2011]. Setelah dihasilkan campuran larutan *casting* yang homogen, pengadukan dihentikan dan larutan *casting* didiamkan selama 13 jam guna menghilangkan gelembung-gelembung udara yang terdapat dalam larutan *casting*. Larutan *casting* dicetak di atas lempengan kaca yang dipinggirnya telah diberi selotip dengan ketebalan 120 µm. Larutan *casting* dituang, diratakan dengan menggunakan batang pengaduk, dan didiamkan di udara terbuka selama 30 detik untuk menguapkan sebagian pelarut. Selanjutnya lempengan kaca direndam dalam bak koagulasi berisi air 1 liter bersuhu 4°C hingga lapisan film (membran) terlepas dengan sendirinya [Richa,2011].

Kemudian membran didiamkan selama 1 hari dalam akuades 1 liter, kemudian dialiri air selama 2,5 jam untuk menghilangkan kelebihan pelarut. Lalu dilakukan proses *anealing* pada membran dengan suhu 70°C selama 15 detik [Joko, 2013]. Membran dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5,5 cm, kemudian disimpan dalam larutan natrium azida 0,1% [Richa,2011].

2. Filtrasi/Pengolahan air payau

Pengukuran Fluks

Sebelum memulai eksperimen, Membran selulosa asetat yang dihasilkan dari tahap pertama dimasukkan ke dalam sel filtrasi. Kemudian membran dipadatkan dengan mengalirkan akuades sampai diperoleh volume permeat yang tetap [Indarti,2012]. Lalu eksperimen dilakukan dengan menggunakan air payau sebagai larutan umpan. Tekanan operasi yang digunakan pada masing-masing membran

adalah 2, 4, 6, 8 dan 10 bar [Ahmad,2005]. Larutan yang keluar kemudian ditampung dan diukur volumenya setiap 10 menit hingga menit ke-60. Fluks air, J_w bagi setiap eksperimen dihitung berdasarkan waktu Δt (jam) yang diperlukan untuk mengumpulkan permeat dengan menggunakan persamaan:

$$J_w = \frac{1}{A} \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad [\text{Mulder,1996}] \dots\dots\dots 2.1$$

dimana A merupakan luas membran efektif, ΔV merupakan volume permeat yang dikumpulkan. Grafik fluks terhadap tekanan diplot dan kemiringannya merupakan nilai permeabilitas air bagi membran tersebut [Mulder,1996]. Eksperimen ini diulangi sebanyak 3 kali.

Nilai Rejeksi

Untuk menghitung nilai rejeksi pada tekanan operasi 2,4,6,8 dan 10 bar dilakukan analisa konsentrasi masing-masing permeat pada berbagai tekanan tersebut dan konsentrasi pada umpan. Nilai rejeksi membran dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\% R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100 \quad [\text{Mulder,1996}] \dots\dots 2.2$$

C_p = konsentrasi permeat (ppm)

C_f = konsentrasi umpan (ppm)

3. Analisa Sampel

Analisa sampel air dilakukan pada air payau sebelum dan setelah disaring menggunakan membran selulosa asetat. Adapun parameter yang akan dianalisa adalah warna, kekeruhan, kesadahan, dan kandungan klorida. Air payau umpan *permeate* yang dihasilkan dari proses filtrasi ditampung di dalam botol sampel kapasitas 1 liter untuk dianalisa di Badan Laboratorium dan Kesehatan Provinsi Riau Pekanbaru.

4. Statistika Pori

Statistika pori membran dapat dianalisa menggunakan peralatan SEM. Pemotretan dengan alat SEM dilakukan pada

permukaan atas dan bawah membran untuk mengetahui pori membran yang terbentuk.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisa Awal Sampel air Payau

Sampel air payau yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sumur di rumah masyarakat yang tinggal di daerah pesisir Tembilahan. Jarak antara sumber sampel air payau sekitar ± 2 km dari laut. Sampel air payau dianalisa untuk parameter warna, kekeruhan, kesadahan dan klorida. Berikut merupakan hasil analisa air payau di daerah pesisir Tembilahan.

Tabel 3.1 Analisa Awal Air Payau

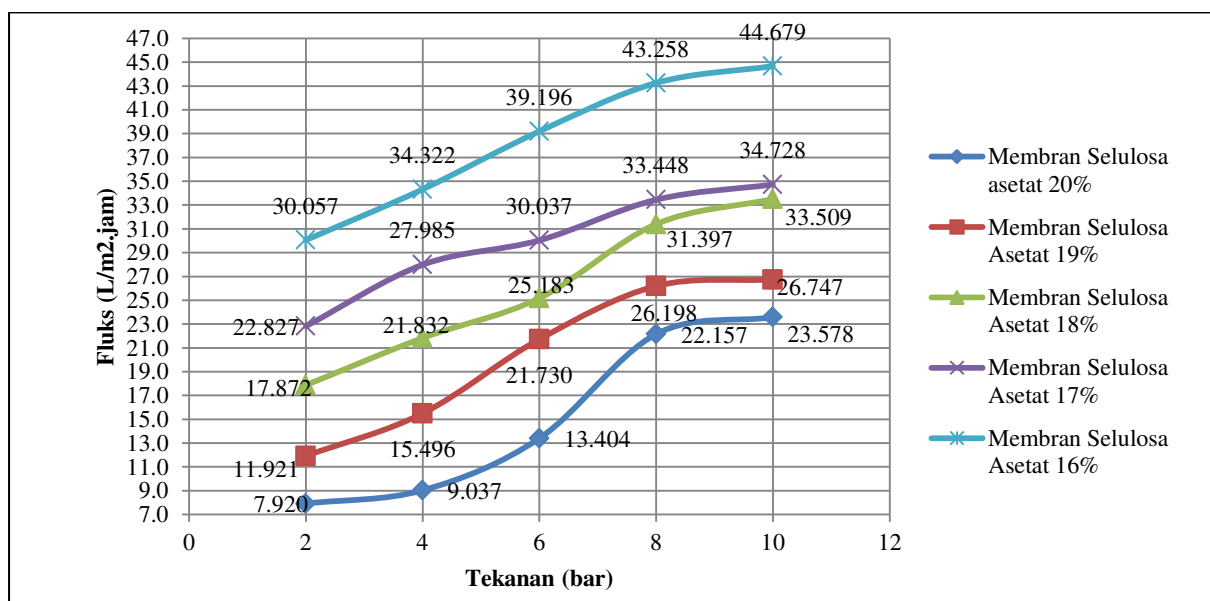
No	Parameter	Satuan	Air payau	Baku mutu
1	Warna	Pt-Co	124	15
2	Kekeruhan	mg/L	12,47	5
			3	
3	Kesadahan	mg/L	780	500
4	Klorida	mg/L	1700	250

Sumber : Data ditampilkan dari hasil uji UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Provinsi Riau (2015)

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa pada masing masing parameter air payau melebihi baku mutu air minum menurut peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MenKes/PER/IV/2010 sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap air payau tersebut. Adapun komponen yang akan dianalisa parameternya yaitu warna, kekeruhan, kesadahan dan klorida. Air payau tersebut akan disaring menggunakan membran selulosa asetat dan akan dihasilkan permeat. Permeat tersebut nantinya akan diuji untuk parameter warna, kekeruhan, kesadahan dan klorida.

Pengaruh Perbedaan Tekanan operasi dan Komposisi Selulosa Asetat Terhadap Fluks

Fluks merupakan suatu jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu dan dengan adanya gaya dorong berupa tekanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluks yaitu komposisi dari membran dan tekanan [Mulder,1996]. Adapun Pengaruh komposisi selulosa asetat dan tekanan operasi terhadap fluks dapat dilihat pada grafik 3.1.



Gambar 3.1 Grafik Fluks Air Payau Untuk Variasi Tekanan dan Komposisi Selulosa Asetat terhadap Fluks

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan fluks dari tekanan 2 bar hingga 8 bar. 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. *Driving force* yang diberikan mengakibatkan desakan terhadap molekul air payau sehingga volume air payau yang melewati membran per satuan luas per satuan waktu meningkat.

Namun tidak terjadi peningkatan yang signifikan dari tekanan operasi 8 bar menuju 10 bar pada masing-masing variasi komposisi selulosa asetat pada membran. Hal ini dikarenakan desakan terhadap air payau sudah mencapai titik jenuhnya karena terjadinya fouling sehingga laju alirnya tidak jauh berbeda. Jika ditinjau dari grafik pada Gambar 3.1, dapat dilihat bahwa fluks terendah air payau yang dihasilkan terdapat pada tekanan operasi 2 bar untuk masing-masing membran selulosa asetat dan fluks tertinggi air payau terdapat pada tekanan operasi 10 bar pada masing-masing membran selulosa asetat. Berdasarkan hasil tersebut maka hubungan antara tekanan terhadap fluks yaitu berbanding lurus. Richa (2011) melakukan penelitian mengenai pengaruh tekanan terhadap fluks membran selulosa asetat, dari penelitian yang dilakukan dihasilkan hubungan antara tekanan terhadap fluks berbanding lurus.

Untuk hubungan antara komposisi selulosa asetat terhadap fluks, berdasarkan grafik pada Gambar 3.1 menggambarkan bahwa komposisi selulosa asetat berbanding terbalik terhadap fluks. Semakin besar komposisi selulosa asetat maka akan semakin kecil fluks dihasilkan, hal tersebut dikarenakan tidak terjadi pengembangan pada rantai polimer selulosa asetat. Formamida yang berfungsi sebagai *swelling agent* tidak membentuk ikatan lemah berupa jembatan hidrogen diantara rantai polimer selulosa asetat sehingga struktur selulosa asetat tetap kuat. Tetap kuatnya struktur selulosa asetat ini akan menurunkan permeabilitas dari membran tersebut.

Natalia (2003) melakukan penelitian yang sama mengenai hubungan komposisi selulosa asetat terhadap fluks. Hasil yang diperoleh yaitu semakin besar komposisi selulosa asetat maka fluksnya akan semakin turun. Penurunan fluks tersebut dikarenakan semakin besar komposisi selulosa asetat maka akan semakin kecil ukuran pori yang dihasilkan, semakin kecil ukuran pori maka akan semakin besar fluks yang dihasilkan.

Hasil Analisa Permeat Membran Selulosa Asetat

Hasil analisa permeat membran selulosa asetat disajikan dalam Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Analisa Permeat Air Payau

No	Parameter	Satuan	Air payau	Baku mutu	Permeat				
					2 bar	4 bar	6 bar	8 bar	10 bar
1	Warna	Pt-Co	124	15	5	6	8	9	10
2	Kekeruhan	mg/L	12,473	5	0,826	0,974	1,027	1,242	1,289
3	Kesadahan	mg/L	780	500	157	162	165	171	183
4	Klorida	mg/L	1700	250	24	28	29	31	33

Baku mutu mengacu pada permen No.492 tahun 2010

Hasil analisa diperoleh dari hasil uji UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Provinsi Riau (2015)

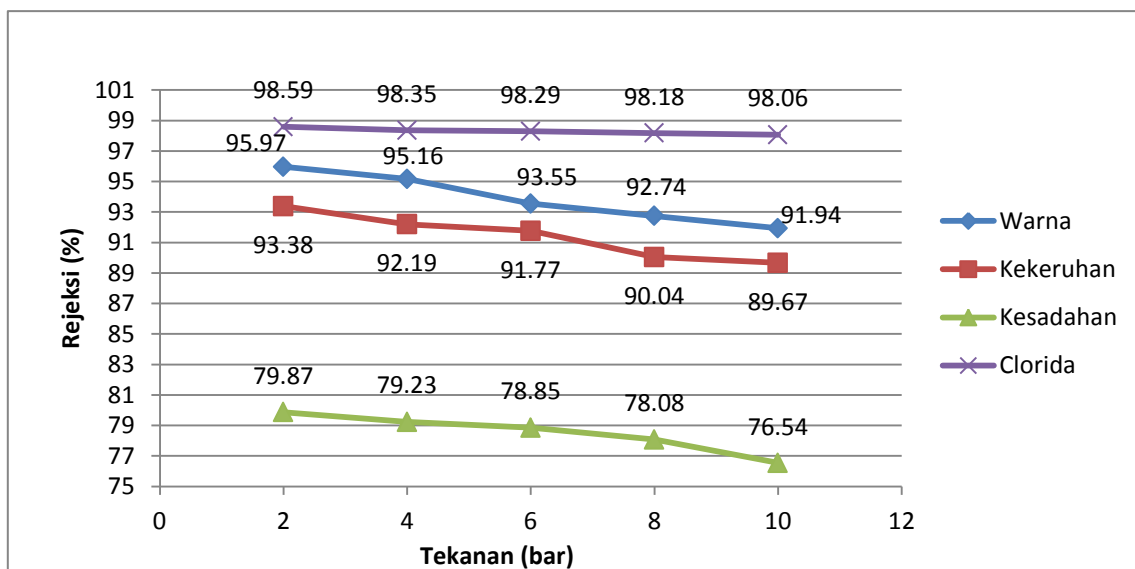
Permeat yang dianalisa merupakan permeat hasil dari filtrasi menggunakan membran selulosa asetat 20%. Menurut Daruune dan Tribop (2008) semakin besar komposisi selulosa asetat maka akan semakin kecil fluks yang dihasilkan, namun semakin besar rejeksinya. Karena pada variasi selulosa asetat dihasilkan fluks terkecil yaitu pada variasi membran selulosa asetat 20% maka permeatnya akan dianalisa untuk parameter warna, kekeruhan, kesadahan dan klorida.

Untuk setiap variasi tekanan, dihasilkan permeat yang kualitas warna, kekeruhan, kesadahan dan klorida dibawah baku mutu. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa membran selulosa asetat dapat digunakan untuk mengolah air payau menjadi air

minum sesuai dengan permenkes No.492 Tahun 2010.

Selektifitas Membran Selulosa Asetat

Selektivitas membran dinyatakan dalam nilai koefisien rejeksi, yang merupakan ukuran kemampuan membran untuk menahan atau melewatkan satu spesi tertentu. Selektivitas bergantung pada interaksi membran dengan partikel terlarut, ukuran pori membran, dan ukuran partikel yang akan melewati pori membran [Setiasih, 2009]. Dalam penelitian ini, selektivitas membran ditinjau melalui kemampuannya pada penyisihan warna, kekeruhan, kesadahan dan klorida yang ditampilkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Kurva Pengaruh Tekanan Terhadap Selektivitas Membran Selulosa Asetat pada Penyisihan Warna, Kesadahan, Kekeruhan dan Klorida

Hasil perhitungan koefisien rejeksi menunjukkan bahwa selektivitas membran selulosa asetat berkurang seiring dengan bertambahnya tekanan. Hal ini disebabkan terjadinya pelebaran pori membran sehingga partikel yang seharusnya tertahan oleh membran dapat lolos [Notodarmojo dan Anne, 2004].

Untuk parameter warna pada tekanan 2 bar dihasilkan rejeksi 95,97%, namun pada

tekanan 4 bar penurunan rejeksi tidak terlalu signifikan yaitu 95,16%, hal ini dikarenakan belum terjadi pelebaran pori pada membran. Kemudian pada tekanan 6 bar dihasilkan rejeksi yang lebih jauh menurun dari tekanan 4 bar yaitu 93,55% yang berarti telah terjadi pelebaran pori sehingga partikel tidak tertahan lagi membran. Penurunan rejeksi yang cukup besar tersebut kemudian terjadi lagi pada

tekanan 8 bar yaitu 92,74% dan pada tekanan 10 bar dengan rejeksi 91,94%.

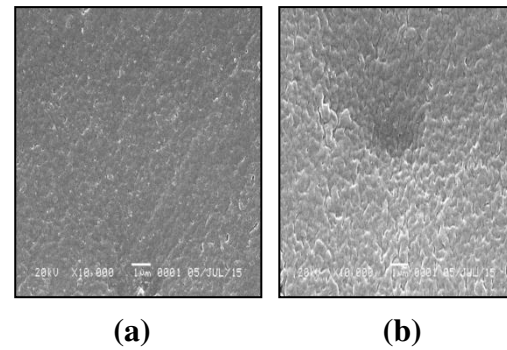
Nilai koefisien rejeksi kesadahan mengalami penurunan membentuk kurva linear seiring dengan bertambahnya tekanan. Tekanan yang besar akan mendorong senyawa penyebab kekeruhan semakin banyak menembus membran.

Untuk parameter kesadahan, terjadi hal yang sama yaitu penurunan rejeksi seiring dengan bertambahnya tekanan. Pada tekanan 2 bar dihasilkan rejeksi 79,87% dan semakin menurun hingga pada tekanan 8 bar dengan rejeksi 78,08%. Namun pada tekanan 8 bar ke tekanan 10 bar terjadi penurunan yang jauh yaitu menjadi 76,54%. Penurunan yang jauh ini terjadi karena membran tidak mampu lagi menahan partikel sehingga pori membran menjadi rusak (terbuka lebar) sehingga bukan menyisihkan partikel namun malah membuat partikel lolos dengan jumlah yang lebih banyak.

Nilai rejeksi membran selulosa asetat terhadap rejeksi garam sangat tinggi yaitu 95,59%. Namun rejeksi garam tidak berubah terlalu signifikan terhadap kenaikan tekanan. Nilai rejeksi hanya berkurang sedikit saja terhadap perubahan tekanan pada membran. Hal ini terjadi karena partikel garam pada air payau lebih besar dibanding pori membran meskipun terjadi gaya dorong berupa tekanan.

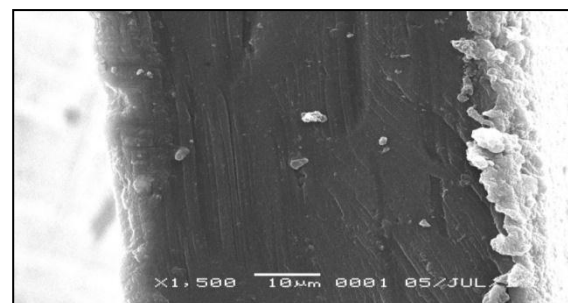
Satistika Pori Membran

Untuk membuktikan hasil pengujian membran, maka perlu diketahui sifat-sifat fisik membran tersebut. Pemotretan permukaan melalui mikroskop elektron sangat berguna untuk mengetahui sifat fisik (morfologi) membran, yaitu pori-porinya. Dalam analisis foto SEM dapat diketahui bentuk dan perubahan permukaan dari material yang diuji. Analisa dilakukan pada permukaan dan penampang lintang membran. Hasil analisa ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3. Foto Permukaan Atas (a) dan Permukaan Bawah (b) Membran Selulosa Asetat

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa permukaan atas (lapisan aktif) membran selulosa asetat mempunyai ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan permukaan bawahnya. Hal ini dikarenakan, ketika cetakan larutan cetak didiamkan di udara terbuka, pelarut aseton pada lapisan atas membran mengalami difusi ke atmosfer, sehingga lapisan atas akan kekurangan pelarut. Membran dengan struktur tersebut merupakan membran asimetri [Setiasih,2009]. Disamping itu, pada gambar juga terlihat distribusi pori membran tidak merata. Dari hasil perhitungan diperoleh ukuran pori besar rata-rata membran sebesar 2,031 nm dan ukuran pori kecil rata-rata membran sebesar 1,686 nm. Dengan *range* pori yang berada antara <2 nm, maka membran dikategorikan sebagai membran nanofiltrasi.



Gambar 3.4 Foto penampang lintang membran selulosa asetat

Ketebalan membran diketahui dengan mengukur foto SEM penampang lintang membran, dan membandingkannya dengan skala yang tertera pada Gambar 3.4. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa membran mempunyai ketebalan 64,77 μm . Gambar 3.4 menunjukkan struktur pori yang tidak homogen di seluruh bagian penampang membran, hal ini membuktikan membran selulosa asetat merupakan membran asimetri.

Klasifikasi Membran yang Diperoleh

Berikut merupakan Tabel klasifikasi membran selulosa asetat yang diperoleh :

Tabel 3.3 Klasifikasi Membran Selulosa Asetat

NO	Klasifikasi Membran	Membran Selulosa Asetat
1	Berdasarkan bahan dasar pembuatannya	Membran sintesis
2	Berdasarkan fungsi	Membran nanofiltrasi
3	Berdasarkan morfologi	Membran asimetri
4	Berdasarkan prinsip pemisahannya	Membran berpori

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa permeat yang diperoleh dari hasil uji UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Provinsi Riau, membran selulosa asetat dapat digunakan untuk mengolah air payau menjadi air minum sesuai dengan Permenkes No.492 Tahun 2010. Berdasarkan hasil penelitian, semakin besar komposisi selulosa asetat maka akan semakin kecil fluks yang diperoleh, namun akan semakin besar rejeksinya. Pengaruh tekanan terhadap proses pengujian air payau menjadi air minum yaitu semakin besar tekanan maka akan semakin besar fluks yang dihasilkan. Klasifikasi membran selulosa asetat yang diperoleh yaitu berdasarkan bahan dasar pembuatannya disebut membran sintesis, berdasarkan fungsinya disebut membran nanofiltrasi, berdasarkan morfologi disebut

membran asimetri dan berdasarkan prinsip pemisahannya disebut membran berpori

Daftar pustaka

- Anonim. (2013). *Informasi Umum Provinsi Riau*. Dilihat di: www.riau.go.id. Diakses pada 29 Desember 2014.
- Bhongsuwan,D., & Bhongsuwan Tribop. (2008). *Preparation of Cellulose Acetate Membranes for Ultra-Nano- Filtrations*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 42:311 – 317.
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd ed., Kluwer Academic Publisher, Netherland.
- Natalia,S., Adiarto T., & Atie S. (2003). *Sintesis dan Optimasi Membran Selulosa Asetat pada Proses Mikrofiltrasi Bakteri*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Surabaya.
- Richa. (2011). *Sintesis Membran Selulosa Asetat untuk Pengolahan Air Sungai Siak*. Skripsi Sarjana. Universitas Riau.
- Rosnelly,C.M. (2012). *Pengaruh Rasio Aditif PEG terhadap Selulosa Asetat Pada Pembuatan Membran Selulosa Asetat secara Inversi Fasa*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. Vol.9,No.1.halaman 25-29.
- Joko.S., Cahya D., & Tutuk D. (2013). *Peningkatan Kinerja Membran Selulosa Asetat untuk Pengolahan Air Payau dengan Modifikasi Penambahan aditif dan Pemanasan*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri,Vol 2, No.3, halaman 96-108.
- Kim, I.C., Yun,H.G., & Lee, K.H. (2001). *Preparation of Asymmetric*

- Polyacrylonitrile Membrane with Small Pore by Phase Inversion and Post-Treatment Process.* Journal of Membrane Science 199: 75-84
- Kurniawan,A.,Rahadi,B., & Susanawati,D. (2009). *Studi Pengaruh Zeolit Alam Termofiksasi HDTMA Terhadap Penurunan Salinitas Air Payau.* Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan.
- Setiasih,S. (2009). *Pengaruh Aditif pada Karakteristik Membran Selulosa Asetat.* Institut Teknologi Bandung.
- Supriyadi, Joko., Hakika,D., & Kusoworo,T. (2013). *Peningkatan Kinerja Membran Selulosa Asetat untuk Pengolahan Air Payau dengan Modifikasi Penambahan Aditif dan Pemanasan.* Jurnal Teknologi Kimia dan Industri,Vol 2,No.3, Halaman 96-108.
- Wenten,I.G. (1999). *Teknologi Membran Industrial.*Bandung.
- Winani., & Ade,I. (2011). *Kajian Efektifitas Membran Selulosa Asetat pada Proses Filtrasi Bertahap untuk Desalinasi Air Laut.*Departemen Fisika.IPB.
- Zhang, Pan., Hu, Jing Tau., & Wei,Lie. (2013). *Research Progress of Brackish Water Desalination by Reverse Osmosis.* Journal of Water Resource and Protection, Vol 5, p. 304-309