

UJI FLUKS MEMBRAN POLISULFON/POLIETILEN GLIKOL/SELULOSA ASETAT DARI NATA DE COCO

Ardita Rusmaningsih^{1*}, Intan Syahbanu¹, Lia Destiarti¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak

*e-mail: ardita.rusmaningsih84@gmail.com

ABSTRAK

Membran merupakan salah satu material yang mulai dikembangkan karena kemampuannya dalam proses pemisahan (filtrasi). Salah satu material membran ultrafiltrasi yaitu polisulfon (PSf) dan Selulosa Asetat (CA). Membran PSf bersifat hidrofobik dan sifat mekanik yang baik, namun rentan terhadap fouling sedangkan membran CA bersifat hidrofilik dan tahan terhadap fouling, namun memiliki sifat mekanik yang rendah. Sifat mekanik yang rendah pada membran CA dan masalah fouling pada membran PSf dapat diperbaiki dengan mencampurkan (blend) PSf dan CA. Selulosa asetat dalam penelitian ini dihasilkan dari sintesis nata de coco. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan karakteristik nata de coco (selulosa) dan selulosa asetat hasil sintesis serta menentukan pengaruh penambahan selulosa asetat terhadap fluks air, dan morfologi membran. Blend polimer yang digunakan pada pembuatan membran ini terdiri dari polisulfon (PSf), Selulosa asetat (CA), polietilen glikol 400 (PEG400) dan N-metil pirolidon (NMP). Membran PSf/PEG/CA dibuat dengan cara inversi fasa. Membran yang dihasilkan dikarakterisasi dan kinerja membran ditentukan menggunakan fluks air. CA berhasil disintesis dengan metode asetilasi. Spektrum FTIR menunjukkan karakteristik puncak serapan nata de coco (selulosa) yaitu pada $3335,27\text{ cm}^{-1}$ (O-H), $2922,33\text{ cm}^{-1}$ (C-H) dan 1038 cm^{-1} (C-O) yang menunjukkan adanya ikatan glikosida dan ikatan C-O-C pada cincin selulosa. Karakteristik serapan CA ditandai dari adanya puncak khas karbonil (C=O) pada bilangan gelombang $1742,90\text{ cm}^{-1}$ dan gugus asetil (C-O) pada bilangan gelombang $1221,76\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa fluks dengan penambahan CA menghasilkan fluks yang lebih besar dibandingkan tanpa penambahan CA.

Kata Kunci : membran, nata de coco, fluks, rejeksi

PENDAHULUAN

Teknologi pemisahan menggunakan membran merupakan salah satu teknik pemisahan yang banyak digunakan hampir di berbagai industri. Pengembangan teknologi pemisahan dengan membran masih terus berlangsung dengan tujuan untuk mendapatkan kinerja membran yang diinginkan. Ultrafiltrasi merupakan salah satu jenis membran yang banyak digunakan di dunia industri. Keuntungan dalam penggunaan teknologi membran yaitu pemisahan dapat dilakukan secara kontinu, kebutuhan energi umumnya rendah, dapat berlangsung pada suhu kamar, sifatnya yang tidak destruktif sehingga tidak menimbulkan perubahan (degradasi) dari zat yang dipisahkan baik secara fisis maupun kimia dan ramah lingkungan (Pratomo, 2003).

Salah satu material membran ultrafiltrasi yang berkembang saat ini adalah membran selulosa asetat. Membran selulosa asetat (CA) merupakan membran yang bersifat hidrofilik yang tahan terhadap adanya *fouling*, namun memiliki sifat mekanik yang rendah dan rentan terhadap mikroba. Membran polisulfon (PSf) merupakan membran yang bersifat hidrofobik yang memiliki sifat mekanik yang baik namun rentan terhadap *fouling* (Cheryan, 1986). Sifat mekanik yang rendah pada membran selulosa asetat dan masalah *fouling* pada membran polisulfon (PSf) dapat diperbaiki dengan mencampurkan kedua polimer dalam pembuatan membran.

Membran SA/PSf ditambahkan aditif polietilenglikol (PEG) yang berfungsi sebagai agen pembentuk pori pada membran. Saljhoughi *et al* (2010), menyatakan membran CA/NMP tanpa PEG menghasilkan fluks air $29,5\text{ L.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. Penambahan PEG400 sebanyak 5% dan 10% menghasilkan fluks air sebesar $164,4\text{ L.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ dan $252\text{ L.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. Teknik yang dapat digunakan

dalam pembuatan membran selulosa asetat ini adalah teknik inversi fasa. Teknik inversi fasa merupakan teknik pembuatan membran yang umum digunakan dengan menggunakan komponen utama yakni polimer pelarut dan non pelarut (Rosnelly, 2012).

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat gelas, pengepres nata de coco (plat besi), kompresor, satu set alat ultrafiltrasi sistem *dead-end*, air kelapa tua, *Acetobacter xylinum*, asam asetat glasial (Merck), ammonium sulfat (Merck), *nata de coco* kering, asam asetat anhidrat (Merck), selulosa asetat (Aldrich) (MW 30.000, 39,9 wt%), N-metil pirolidon p.a (Merck) $\rho = 1,03$, polietilenglikol (Sigma), polisulfon (Sigma) (MW 35.000), natrium hidroksida (Merck), asam oksalat (Merck), asam sulfat pekat (Merck).

Prosedur Kerja

Pembuatan *nata de coco*

Pembuatan *nata de coco* merujuk pada penelitian Radiman dan Yuliani (2008) dengan modifikasi. Sebanyak 5 L air kelapa dididihkan lalu ditambahkan 500 gram gula pasir, 25 gram ammonium sulfat dan 30 mL asam asetat glasial. Setelah dingin, ditambahkan *starter* bakteri *Acetobacter xylinum* sebanyak 10% dari volume media dan didiamkan pada suhu ruang selama 6 hari. Bentuk *nata de coco* hasil fermentasi berupa gel dicuci dengan air mendidih selama 15 menit, larutan NaOH 1% selama 24 jam, larutan CH₃COOH 1% selama 24 jam dan dicuci kembali dengan air sampai pH netral. Selanjutnya gel *nata de coco* ditekan dengan plat besi dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C.

Sintesis selulosa asetat

Sintesis selulosa asetat merujuk pada penelitian Radiman dan Yuliani (2008). Sebanyak 5 gram *nata de coco* yang telah kering dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke labu leher 3 dan ditambahkan 100 ml asam asetat glasial ini dipanaskan pada suhu 40 °C dan diaduk secara kontinyu selama 2 jam. Didiamkan pada suhu ruangan selama 30 menit. Campuran ditambahkan 16 ml asam asetat glasial dan asam sulfat sebanyak 0,2 ml diaduk selama 1 jam. Kemudian campuran didinginkan hingga suhu 20 °C. Ditambahkan 27 ml anhidrida asetat (98%) dan 0,3 ml asam sulfat. Suhu dinaikan hingga 60°C diaduk kembali selama 2 jam. didinginkan dan disaring. Filtat ditambah akuades Selulosa asetat yang diperoleh dinetralkan dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam. Selanjutnya dianalisis gugus fungsinya dengan spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Kadar asetil dan derajat substitusi ditentukan dengan titrimetri (Nedjma *et al.*, 2012).

Pembuatan *blend* membran

Larutan *dope* dibuat dengan polisulfon yang ditambahkan dengan larutan NMP. Campuran diaduk hingga larut. Setelah larut ditambahkan selulosa asetat dan PEG aduk kembali larutan tersebut. Larutan *dope* yang dihasilkan didiamkan hingga gelembung yang timbul pada proses pencampuran menghilang. Setelah gelembung pada larutan *dope* menghilang maka larutan siap dicetak. Larutan *dope* dituangkan diatas permukaan plat kaca, kemudian ditekan secara merata keseluruhan bagian permukaan kaca menggunakan silinder kaca (batang pengaduk) hingga terbentuk film membran. Selanjutnya film membran dimasukkan dalam bak koagulasi. Selanjutnya ditentukan karakteristik membran dengan melakukan uji porositas, uji *swelling* dan morfologi membran dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Uji fluks air

Membran dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5,5 cm (d disesuaikan dengan diameter alat ultrafiltrasi). Sebelum uji fluks air, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap membran. Kompaksi dilakukan dengan cara mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan. Penentuan fluks air diperoleh dengan mengukur banyak volume air yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Setiap 1 mL air yang ditampung dicatat waktu alir yang diperlukan. Setelah diperoleh fluks yang konstan

kemudian dilakukan uji fluks terhadap membran selama 1 jam. Tekanan yang diberikan pada saat uji fluks sebesar 2 bar. Diukur permeat yang tertampung dan dihitung nilai fluks dengan persamaan:

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

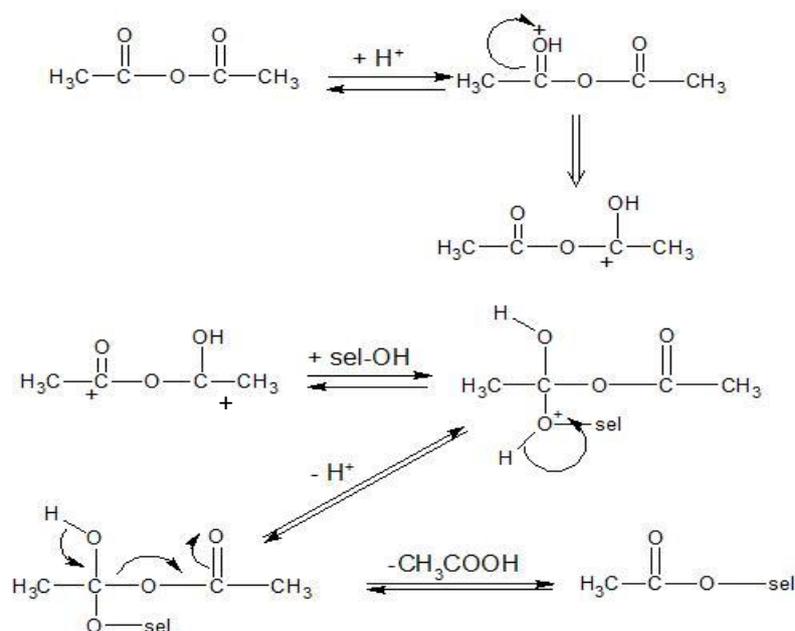
dimana:

- J = Fluks (L/m². Jam)
- V = Volume permeat (L)
- A = Luas permukaan (m²)
- t = waktu (Jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nata de coco diisolasi melalui proses fermentasi *Acetobacter xylinum* selama 6 hari dengan suhu ruang berkisar antara 26°-28° C. Medium dibuat dalam pH 4 melalui penambahan asam asetat glasial karena pH juga sangat berpengaruh dalam proses pembentukan *nata de coco*. Penambahan gula digunakan sebagai sumber penyedia kebutuhan energi oleh bakteri karena adanya kandungan sukrosa di dalam gula yang berfungsi sebagai sumber karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri (Sutratiningsih, 1994 dalam Rizal, 2013). Penambahan ammonium sulfat dapat memenuhi kebutuhan nitrogen bakteri *Acetobacter xylinum* untuk tumbuh kembang, sehingga bakteri mampu melakukan aktivitas dalam merombak gula menjadi selulosa pada saat proses fermentasi (Rossi *et al.*, 2008).

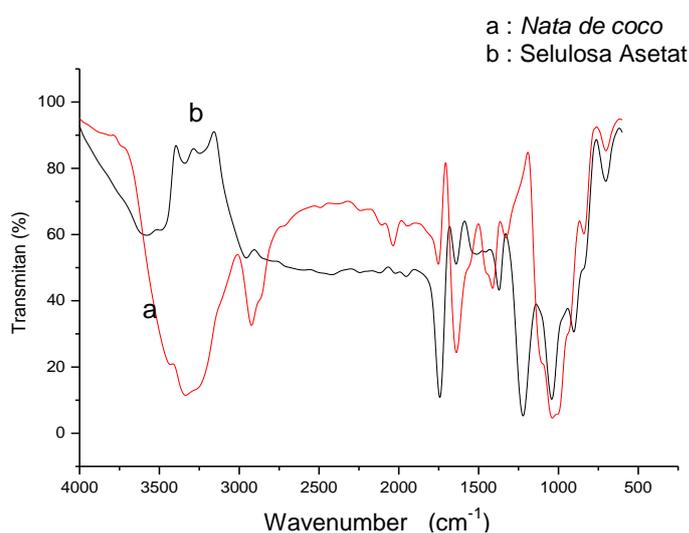
Nata de coco yang telah jadi dinetralkan dan dikeringkan, karena kandungan air pada selulosa akan bereaksi dengan anhidrida asetat membentuk asam asetat ketika proses asetilasi. Sintesis selulosa asetat melalui tiga tahap, yaitu aktivasi selulosa, asetilasi dan hidrolisis. Aktivasi selulosa menggunakan asam asetat glasial bertujuan untuk menarik air yang masih tersisa di dalam selulosa dan menyebabkan *swelling* pada serat-serat selulosa, agar permukaan selulosa menjadi luas sehingga dapat membantu peningkatan reaktivitas selulosa terhadap reaksi asetilasi (Lindu, 2010). Asetilasi dilakukan dengan mereaksikan selulosa teraktivasi dengan anhidrida asetat dan asam sulfat pekat sebagai katalis. Mekanisme reaksi asetilasi (Gambar 1) diawali dengan protonasi asetat anhidrida oleh asam sulfat. Selanjutnya gugus hidroksil dari selulosa yang bersifat nukleofil akan menyerang anhidrida asetat, yang kemudian terurai menjadi selulosa asetat dan asam asetat (Muliawati, 2012).



Gambar 1. Mekanisme reaksi asetilasi (Muliawati, 2012)

Hasil analisis dengan spektroskopi FTIR (Gambar 2) menunjukkan serapan karakteristik seperti gugus O-H. Terlihat penurunan tajam pada intensitas serapan gugus O-H. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya jumlah gugus O-H pada selulosa asetat. Gugus asetil dapat dilihat dari munculnya puncak-puncak serapan baru, yaitu serapan gugus karbonil dan C-O asetil. Bilangan gelombang $3335,27\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus O-H dan bilangan gelombang $1038,02$ menunjukkan gugus C-O dan menunjukkan adanya ikatan glikosida dan ikatan C-O-C pada cincin selulosa. Sedangkan untuk selulosa asetat terdapat puncak serapan khas untuk gugus karbonil pada bilangan gelombang $1742,90\text{ cm}^{-1}$ dan C-O asetil pada bilangan gelombang $1221,76\text{ cm}^{-1}$.

Analisis kadar asetil diperlukan untuk menentukan jenis selulosa yang telah disintesis. Berdasarkan derajat substitusinya selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu selulosa monoasetat dengan derajat substitusi (DS) $0 < DS < 2$ larut dalam aseton, selulosa diasetat dengan derajat substitusi (DS) $2,0-2,8$ dengan % asetilnya $35-43,5\%$ dan selulosa triasetat dengan derajat substitusi (DS) $2,8-3,5$ mempunyai kandungan asetil $43,5-44,8\%$ (Gaol, 2013). Berdasarkan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa selulosa asetat hasil sintesis dan selulosa asetat komersial yang akan digunakan dalam pembuatan membran termasuk ke dalam jenis selulosa diasetat.



Gambar 2. Hasil FTIR *Nata de coco* (a), selulosa asetat (b)

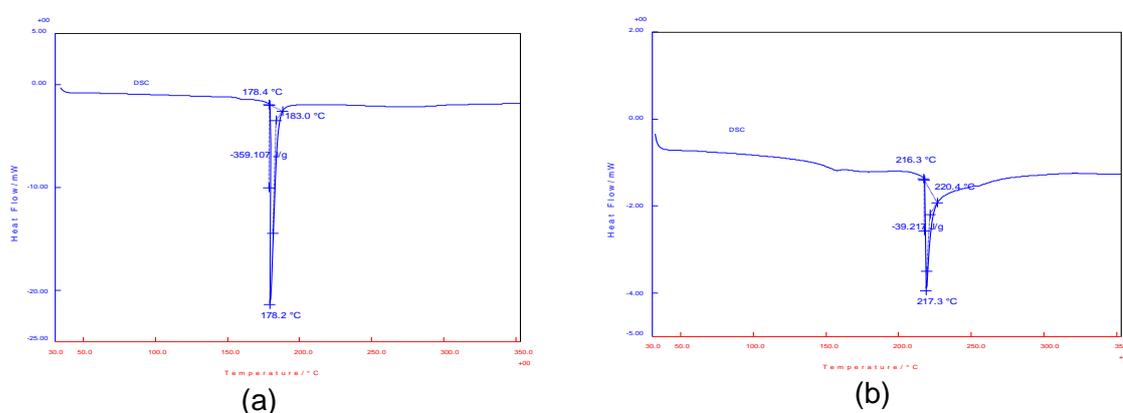
Tabel 1. Hasil Analisa FTIR *Nata de coco* (selulosa) dan Selulosa Asetat Sintesis

Nata de coco	Selulosa Asetat	Jenis Vibrasi
3335,27	3576,76	O-H ulur
2922,33	2955,61	C-H ulur
-	1742,90	C=O ulur
1639,59	-	C=O tekuk
		H-O-H tekuk
1330,74	1372,20	C-H tekuk
-	1221,75	C-O asetil
1038,02	1042,03	C-O ulur

Tabel 2. Hasil Kadar Asetil dan Derajat Substitusi Selulosa Asetat Sintesis dan Komersil

Jenis Selulosa Asetat	Kadar Asetil (%)	Derajat substitusi
Selulosa asetat sintesis	42,439%	2,73
Selulosa asetat komersil	38,985%	2,38

Analisis sifat termal dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) untuk mengidentifikasi kestabilan termal, suhu transisi (T_g) dan suhu pelelehan (T_m) dari selulosa dan selulosa asetat. T_g menunjukkan perubahan fase bagian amorf polimer sedangkan T_m adalah suhu ketika bagian kristalin polimer berubah fase. Gambar 3 menunjukkan DSC dari sampel *nata de coco* (selulosa) dan selulosa asetat sintesis. Dari nilai T_g , T_m dan ΔH (Tabel 3) yang diperoleh dapat disimpulkan *nata de coco* memiliki kristalinitas yang tinggi tetapi tidak tahan terhadap suhu tinggi (sifat termal rendah), sedangkan selulosa asetat hasil sintesis memiliki kristalinitas yang rendah dan tahan terhadap suhu tinggi (sifat termal tinggi)

Gambar 3. Spektrum DSC sampel *nata de coco* (selulosa) (a) dan selulosa asetat sintesis (b)Tabel 3. Perbandingan Nilai T_g , T_m dan ΔH antara *Nata de coco* dan Selulosa Asetat

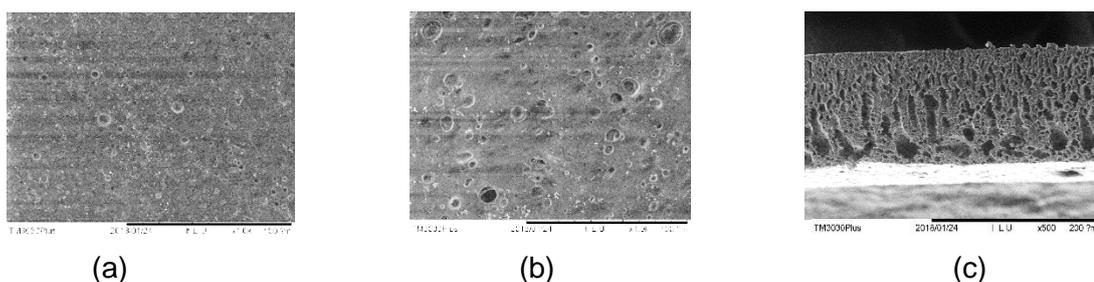
Sampel	T_g	T_m	ΔH
<i>Nata de coco</i>	-	178,2 °C	-359,107 J/g
Selulosa asetat sintesis	152,5 °C	217,3 °C	-39,217 J/g

Membran dibuat dengan mencampurkan polimer polisulfon (PSf), selulosa asetat (CA) dan polietilenglikol (PEG) yang disebut *blending* polimer. *Blending* polimer antara selulosa asetat dan polisulfon diharapkan akan menghasilkan membran yang tahan terhadap adanya *fouling* dan memiliki sifat mekanik yang cukup baik. penambahan PEG sebagai zat aditif pada membran dimaksudkan untuk memperbesar pori membran dengan tetap menjaga ketahanan membran terhadap faktor eksternal. Polisulfon dan CA yang dicampur tidak membentuk senyawa baru dan hanya mengalami interaksi fisik antar polimernya saja. Membran polimer *blend* PSf/PEG/CA dibuat menggunakan teknik inversi fasa, dimana polimer yang larut dalam pelarutnya akan mengalami perubahan dari fasa cair menjadi padat melalui kondisi yang terkontrol. Menurut Mulder (1996), polimer harus larut dalam pelarutnya agar dapat terjadi proses *liquid-liquid demixing*. *Demixing* merupakan proses awal pematatan dalam pembentukan membran akibat adanya pertukaran pelarut dan non pelarut pada membran tersebut. N-metil pirolidon dan PEG dalam larutan *dope* secara tidak langsung berdifusi dengan air yang terdapat dalam bak koagulasi. Pertukaran pelarut menyebabkan polimer tersebut membentuk matriks padatan yakni membran. Untuk mengetahui karakteristik dari membran dilakukan beberapa uji yaitu uji porositas, uji *swelling*, morfologi dan uji fluks.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Porositas dan *Swelling*

Membran	Porositas	<i>Swelling</i>
PSf/PEG/CA komersil	39,41%	39,05%
PSf/PEG/CA sintesis	49,53%	31,47%

Porositas merupakan ukuran dari ruang kosong (pori) diantara material. Hasil uji porositas membran yaitu 39,41% pada membran PSf/PEG/CA komersil dan 49,53% pada membran PSf/PEG/CA sintesis. Untuk mengetahui kemampuan suatu membran dalam mengadsorpsi air dilakukan uji *swelling*. Hasil uji *swelling* membran yaitu 39,05% pada membran PSf/PEG/CA komersil dan 31,47% pada membran PSf/PEG/CA sintesis. Untuk mengetahui morfologi membran dilakukan uji morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).



Gambar 5. Morfologi membran PSf/PEG/CA permukaan atas (a), permukaan bawah (b), penampang lintang (c)

Morfologi membran dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu membran asimetrik dan membran simetrik. Membran asimetrik merupakan membran yang terdiri dari lapisan tipis yang merupakan lapisan aktif dengan lapisan pendukung dibawahnya. Ukuran dan kerapatan pori untuk membran asimetrik tidak sama, dimana ukuran pori dibagian kulit lebih kecil dibandingkan pada bagian pendukung. Lapisan pendukung pada membran asimetri ini berbentuk seperti jari-jari (*finger like*). Sedangkan membran simetrik mempunyai ukuran dan kerapatan pori yang sama disemua bagian, tidak mempunyai lapisan kulit (Kesting, 1971). Berdasarkan teori tersebut dapat disimpulkan membran yang dihasilkan dari penelitian ini (gambar 5) merupakan membran asimetrik. Menurut Syahbanu (2018) terbentuknya struktur pori seperti jari-jari (*finger-like*) pada membran dapat dijelaskan dengan aspek kinetik yang berhubungan dengan perpindahan masa di bak koagulasi yaitu antara pelarut dan non pelarut. Transfer masa terjadi karena perebedaan konsentrasi antara pelarut (NMP) dan non pelarut (air). Ketika larutan polimer berkontak langsung dengan non pelarut maka akan terjadi proses *liquid-liquid demixing*. Dalam kasus *instaneous demixing* membran yang terinduksi oleh non pelarut akan segera membentuk pori pada membran.

Fluks merupakan volume yang dihasilkan dari larutan umpan melewati membran tiap satuan waktu dan luas permukaan membran yang digunakan ($L/m^2.jam$) (Mulder, 1997). Sebelum dilakukan uji fluks, terlebih dahulu di kompaksi. Kompaksi ini dilakukan untuk membuka dan menata ulang pori-pori akibat pemberian tekanan dan perlakuan lain yang dapat mempengaruhi pori-pori. Kompaksi merupakan suatu proses deformasi mekanik pada matrik polimer penyusun yang mengakibatkan struktur pori membran menjadi lebih rapat dan fluks menurun hingga mencapai nilai yang mendekati konstan (Mulder, 1996).

Tabel 5 Perbandingan Nilai Fluks

Membran	Fluks
PSf/PEG	0,44 $L/m^2.jam$
PSf/PEG/CA komersil	34,95 $L/m^2.jam$
PSf/PEG/CA sintesis	44,60 $L/m^2.jam$

Membran PSf/PEG tanpa CA memiliki fluks sebesar 0,44 L/m².jam. hal ini disebabkan karena membran PSf/PEG bersifat hidrofobik sehingga air sulit untuk lolos, sedangkan pada membran PSf/PEG/CA komersil dan PSf/PEG/CA sintesis memiliki nilai fluks sebesar 34,95 L/m².jam dan 44,60 L/m².jam. Besarnya nilai fluks yang terdapat pada membran PSf/PEG/CA dapat disebabkan karena penambahan CA. Selulosa asetat memiliki sifat yang hidrofilik sehingga membran PSf/PEG/CA memiliki sifat yang tidak terlalu hidrofobik sehingga air tidak terlalu sulit untuk lolos.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa *nata de coco* (selulosa) berhasil diasetilasi menjadi selulosa asetat, ditandai dengan munculnya puncak khas pada bilangan gelombang 1742,90 cm⁻¹ gugus karbonil dan 1221,76 cm⁻¹ (C-O) asetil. Membran dengan penambahan selulosa asetat menghasilkan nilai fluks yang meningkat tajam yaitu dari 0,44 L/m².jam menjadi 44,60 L/m².jam. Membran hasil sintesis pada penelitian ini menghasilkan nilai fluks yang lebih besar (44,60 L/m².jam) dibandingkan membran dengan penambahan selulosa asetat komersil (34,95 L/m².jam)

DAFTAR PUSTAKA

- Cheryan, M., 1986, Ultrafiltration Book, Technomic Pub Co Inc, Lancaster PA.
- Gaol, M.R.L., Sitorus, R., Yanthi, S., Surya, S. dan Manurung, R., 2013, Pembuatan Selulosa Asetat dari α -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2: 33-39
- Kesting, R.E., 1971, Synthetic Polymeric Membranes. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Lindu, M., Puspitasari, T. dan Ismi, E., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari Nata de Coco Sebagai Bahan Baku Membran Ultrafiltrasi, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12: 17-23
- Mulder, M., 1996, Basic Principle of Membran Technology, Ed ke- 2, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Muliawati.; Prakosa, E., 2014, Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Pembuatan Selulosa Asetat, Akademi Kimia Industri Santo Paulun, Semarang. (Skripsi)
- Nedjma, S., Djidjelli, H., Boukerrou, A., Benachour, D. dan Chibani, N., 2013, Dinked and Acetylated Fiber of Newspapes, *Journal of Applied Polymer Science*, 4795-4801
- Pratomo, I.H., 2003, Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi, *J. Pendidikan Matematika dan Sains*, Ed ke-3, 168-173
- Radiman, C.L. dan Yuliani, G., 2008, Penggunaan Nata De Coco Sebagai Bahan Membran Selulosa Asetat, *Prosiding Simposium Nasional Polimer V*. ISSN: 140-8720, 203-208
- Rossi, E.; Pato, U. dan Damanik, S.R 2009, Optimalisasi Pemberian Ammonium Sulfat Terhadap Produksi Nata de Banana Skin, *SAGU*, 7: 30-36
- Rosnelly, C.M., 2012, Pengaruh Rasio Raditif Polietilenglikol Terhadap Selulosa Asetat pada Pembuatan Membran Selulosa Asetat Secara Inversi Fasa, *J. Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 9: 25-28
- Sutratningsih.; Rizal, H.M., Pandiangan D.M. dan Saleh, A., 2013, Pengaruh Penambahan Gula, Asam Asetat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kualitas Nata de Coco, *Jurnal teknik Kimia*, 19: 34-39
- Syahbanu, I., Piluharto, B., Khairi, S. dan Sudarko., 2017, Effect of Evaporation Time on Separation Performance of Polysulfone/Cellulose Acetate (PSF/CA) Membrane, *International Conference on Chemistry and Material Science (IC2MS)*, 1-10