

PEMURNIAN MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN MEMBRAN SERAT BERONGGA

Purification of Palm Oil by Using Hollow Fiber Membrane

Nasrul Arahman¹, Cut Erika², Alfian Putra³

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Jl. Cheh Abdurrauf, No. 7 Darussalam, Banda Aceh 23111

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee, No. 3, Darussalam, Banda Aceh 23111

³Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280, 3, Buketrata, Lhokseumawe, 24301
Email: nasrular@unsyiah.ac.id

ABSTRAK

Karakterisasi membran serat berongga (*hollow fiber*) dari polimer polietersulfon yang telah dimodifikasi untuk pemurnian minyak kelapa sawit telah dilakukan. Pengaruh morfologi membran dipelajari terhadap kemampuan pemisahan minyak kelapa sawit. Membran modifikasi adalah membran komersial yang terbuat dari sistem *polyethersulfone/N-methylpirrolidone/polyvinilpyrrolidone*, dan *polyethersulfone/N-methylpirrolidone/Tetronic 1307*. Hasil karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa membran yang terbuat dari bahan PES/NMP/PVP, dan PES/NMP/Tetronic 1307 mempunyai struktur *macrovoid* yang lebih banyak dan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan membran yang terbuat dari bahan PES/NMP. Sifat hidrofilisitas membran campuran juga menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan membran tunggal PES/NMP. Fluks minyak kelapa sawit terbesar diperoleh 0,27 L/m².hr.atm pada kondisi tekanan operasi 2,0 kg/cm² untuk membran *hollow fiber* dari bahan PES/NMP/PVP.

Kata kunci: Membran serat berongga, polietersulfon, minyak kelapa sawit

ABSTRACT

Characterization of modified polyethersulfone hollow fiber membranes were carried out in order to purify Palm Oil. Effect of membrane morphology on the separation performances of palm oil was investigated. The modified polyethersulfone hollow fiber membrane was commercially available membrane prepared from the system of polyethersulfone/N-methylpyrrolidone/polyvinylpyrrolidone, and polyethersulfone/N-methylpyrrolidone/Tetronic 1307. Scanning electron microscopy results show that the modified membranes has macrovoids structure larger than the original polyethersulfone membrane. The hydrophilicity property was also increased by addition of polymeric additive to the membrane system. The maximum flux of palm oil reached to 0.47 L/m².hr. atm obtained from the experimental condition as applied pressure of 2.0 kg/cm², by using membran polyethersulfone/N-methylpyrrolidone/polyvinylpyrrolidone.

Keywords: Hollow fiber membrane, polyethersulfone, palm oil

PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia merupakan negara produsen kelapa sawit terbesar nomor dua di dunia dengan luas areal 6,78 ha dan produksi 17,37 juta ton CPO/Tahun. Kelapa sawit mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional. Selain sebagai bahan baku industri dalam negeri, juga komoditas ekspor

utama (Anonim, 2010). Salah satu karakteristik menarik dari minyak kelapa sawit adalah tingginya kandungan karotenoid dan tokoferol. Lebih lanjut, disebutkan bahwa minyak kelapa sawit adalah salah satu sumber terkaya α - dan β -karoten dengan kandungan sekitar 400 – 3500 mg/kg, yang menunjukkan 80% dari total karotenoid dalam minyak kelapa sawit (Arora dkk., 2006; Ping dan Gwendoline, 2006). Minyak kelapa

sawit adalah salah satu bahan makanan paling penting dalam kehidupan manusia, oleh karena itu pengembangan teknologi untuk memproduksi minyak ini menjadi penting. Pemurnian dengan proses fisik dan kimia telah digunakan secara luas untuk produksi *edible oil*. Metode pemurnian minyak secara konvensional ini menyisakan sejumlah kekurangan dalam hal tinggi konsumsi energi, dan kehilangan nutrisi penting dari minyak (Chuang dan Brunner, 2006)

Proses pemisahan dengan membran dilaporkan menjadi pilihan paling efisien saat ini. Teknik membran ini telah diadopsikan secara luas untuk industri makanan, terutama untuk proses pemurnian jus dan untuk pemekatan protein susu. Perkembangan terbaru dilaporkan juga terjadi peningkatan pemanfaatan membran untuk pengolahan minyak tanaman/sayur (Ribeiro dkk., 2006; Cheryan, 2005). Beberapa keuntungan penyulingan minyak kelapa sawit dengan proses membran adalah kemungkinan pemisahan molekul sesuai keinginan, kecil resiko kerusakan struktur molekul minyak akibat pengaruh panas, minim *recycle* pelarut, rendah emisi, rendah konsumsi energi, dapat mengurangi kemungkinan kehilangan minyak, dan tidak membutuhkan media pemutih semacam *bleaching earth*. Keuntungan lainnya adalah; bisa beroperasi pada suhu rendah, hemat energi, tidak terjadi kehilangan minyak, dan tidak menghasilkan air buangan (Sarayana dkk., 2006).

Selain keunggulan yang dimiliki, teknologi membran juga mempunyai kelemahan yang sangat serius dalam proses pengolahan minyak tanaman, yaitu persoalan *fouling*. *Fouling* ini dapat menurunkan kinerja membran dalam waktu relatif cepat. Modifikasi struktur pori dan tingkat hidrofilisitas dari permukaan membran adalah salah satu metode untuk mengurangi problem *fouling* pada membran. Penambahan bahan organik atau anorganik kedalam larutan polimer telah dilaporkan sebagai *agent* pembentuk pori dan sebagai *agent* untuk memodifikasikan struktur membran (Kim dan Lee, 1998; Wang dkk., 2006).

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari kinerja membran *hollow fiber* dari polimer polietersulfon untuk pemurnian minyak kelapa sawit. Pengaruh modifikasi membran *hollow fiber* yang digunakan ditinjau secara detil terhadap performansi fluks dan daya rejeksi membran. Tiga jenis membran *hollow fiber* yang digunakan adalah membran yang terbuat dari bahan dasar poliethersulfon

(disebut PES orisinil), dan membran yang terbuat dari bahan dasar poliethersulfon yang dimodifikasikan dengan bahan aditif *polyvinylpirrolidone* (disebut PES-PVP), dan yang dimodifikasikan dengan *Tetronic 1307* (disebut PES-Tet.1307). Penelitian terdiri dari dua tahapan utama yaitu karakterisasi membran dan pengujiannya untuk pemurnian minyak kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat. Peralatan karakterisasi membran berupa: *scanning electron microscopy* (SEM), *atomic force microscopy* (AFM), *hydrophilicity analyzer* (pengukuran *water contact angle*), dan peralatan *tensile test*. Alat uji penyaringan minyak kelapa sawit berupa: pompa peristaltik, dan membran modul tipe aliran *cross-flow* lengkap dengan perpipaan. Selanjutnya peralatan analisa tingkat kejernihan minyak kelapa sawit menggunakan spektrofotometer.

Bahan. Bahan utama yang dipakai adalah tiga jenis membran *hollow fiber* yang diperoleh dari *Membrane Research Center*, Kobe, Japan dengan spesifikasi seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Sampel minyak kelapa sawit yang digunakan berupa minyak curah komersial.

Karakterisasi Membran *Hollow Fiber*

Membran yang dirancang untuk modul pemisahan karoten terlebih dahulu dikarakterisasi untuk mengetahui spesifikasi masing-masing membran. Karakterisasi dilakukan terhadap beberapa parameter performansi dari membran. Parameter tersebut adalah struktur morfologi dengan SEM, dan tingkat kekasaran permukaan membran dengan AFM.

Uji Pemurnian Minyak Kelapa Sawit

Peralatan pemurnian minyak kelapa sawit menggunakan modul yang dikembangkan di laboratorium seperti diperlihatkan pada Gambar 1, dan telah dijelaskan sebelumnya (Arahman dkk., 2011). Modul membran berupa membran *hollow fiber* tunggal dengan panjang 15 cm dan diameter serta ketebalan seperti ditampilkan pada Tabel 1. Filtrasi secara *cross-flow* dengan aliran dari dalam menuju dinding

Tabel 1. Spesifikasi membran *hollow fiber* yang digunakan

Jenis membran	Komposisi	Ketebalan membran (µm)	Diameter		Tipe filtrasi
			OD (mm)	ID (mm)	
PES orisinil	PES/NMP	96,70	1,040	0,83	Ultrafiltrasi
PES/PVP	PES/NMP/PVP	111,20	1,030	0,80	Ultrafiltrasi
PES/Tet.1307	PES/NMP/Tet.1307	140,20	1,040	0,89	Ultrafiltrasi

luar membran. Sampel minyak kelapa sawit sebelum dilakukan pemisahan terlebih dahulu melewati unit *pre-treatment* untuk memisahkan partikel berukuran besar dan *impurities* lainnya. Selanjutnya filtrat dari *pretreatment* ini dialirkan ke unit membran menggunakan pompa peristaltik. *Permeate* ditampung sebagai hasil filtrasi dan *retentate* yang tidak tersaring dikembalikan ke tangki umpan. *Permeate* dan *retentate* dikumpulkan dan ditimbang dalam periode waktu tertentu untuk mengetahui besarnya fluks minyak. Tingkat kejernihan minyak kelapa sawit pada sampel dianalisis terlebih dulu. Demikian selanjutnya produk penyaringan dan bagian yang tidak tersaring (*retentate*) dilakukan analisa yang sama.

Fluks pada tekanan tertentu dihitung dengan persamaan berikut;

$$\text{Fluks} = \frac{\text{Volume permeate}}{A \times \text{waktu}} \dots\dots\dots(1)$$

A = luas permukaan membran, m²

Waktu = Jam

$$\text{Fluks} = \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{jam}} \dots\dots\dots(2)$$

Kemurnian minyak kelapa sawit dihitung sebagai kemampuan rejeksi membran dengan menganalisis *refractive index* dari air murni, sampel minyak kelapa sawit (umpan) dan minyak kelapa sawit yang tersaring (*permeate*) menggunakan peralatan pengukuran *refractive index* (Atago, Tokyo, Japan, Model 3). Kemurnian *permeate* dihitung dengan persamaan berikut:

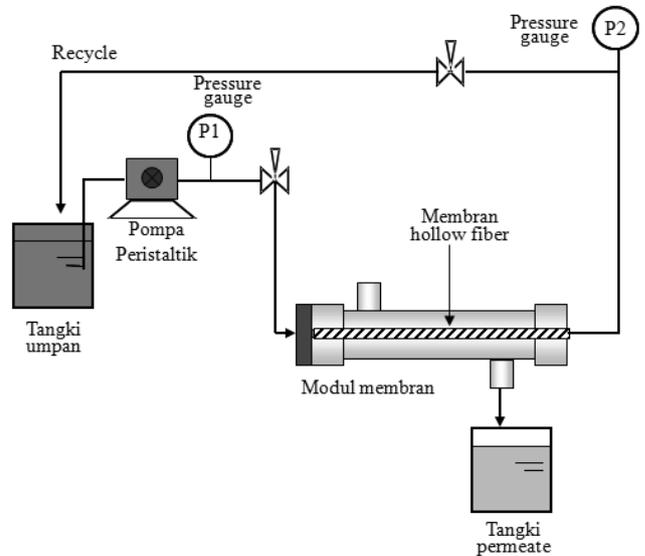
$$R = 1 - \left(\frac{n_p - n_w}{n_f - n_w} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana n_p , n_f , dan n_w menunjukkan nilai *refractive index* masing-masing dari permeate, umpan, dan air murni.

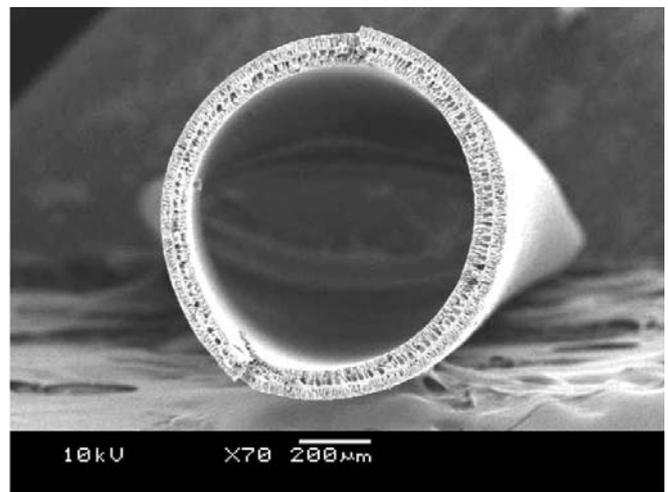
HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Membran Hollow Fiber Polietersulfon

Morfologi membran (permukaan dan penampang) membran *hollow fiber* yang digunakan diobservasi menggunakan foto *Scanning Electron Microscope* (SEM, Hitachi Co, S-800, Japan) dengan akselerasi voltase pada 20kV. Sampel membran terlebih dahulu dikeringkan dengan *freeze-drier* selama empat jam. Untuk observasi penampang, membran dicelupkan dan dipatahkan di dalam nitrogen cair.



Gambar 1. Desain skematis modul ultrafiltrasi membran hollow fiber tipe aliran *pressure driven inside*

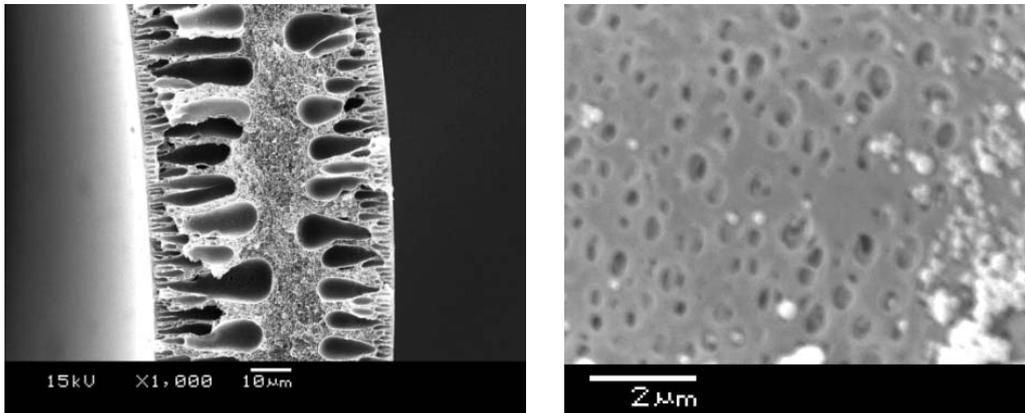


Gambar 2. Foto SEM luas penampang keseluruhan membran hollow fiber dari bahan PES/NMP

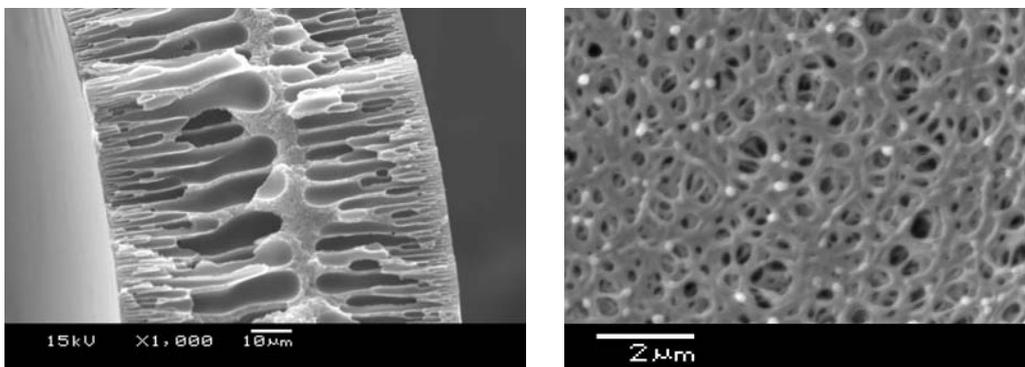
Gambar 2 memperlihatkan foto SEM penampang keseluruhan membran polietersulfon yang terbuat dari sistem larutan PES/NMP. Foto SEM yang sama juga telah direkam untuk membran polietersulfon yang terbuat dari sistem larutan PES/NMP/Tetronic 1307 dan membran yang terbuat dari sistem PES/NMP/PVP, namun tidak ditampilkan di sini. Untuk semua membran yang terbuat dari PES/NMP dan membran yang terbuat dari PES/NMP/additiv, struktur *finger-like macrovoid* dengan jelas terbentuk di bagian dalam membran *hollow fiber*. Ini adalah bentuk struktur yang lazim dari membran yang diproduksi dengan metode *non-solvent induced phase separation*.

Perbedaan struktur morfologi membran PES/NMP dan membran PES/NMP/aditif dapat dengan jelas terbaca dari Gambar 3. Jumlah dan panjang struktur *macrovoid* meningkat dengan adanya penambahan PVP dan Tetronic 1307 pada sistem polimer PES/NMP. Struktur berbentuk

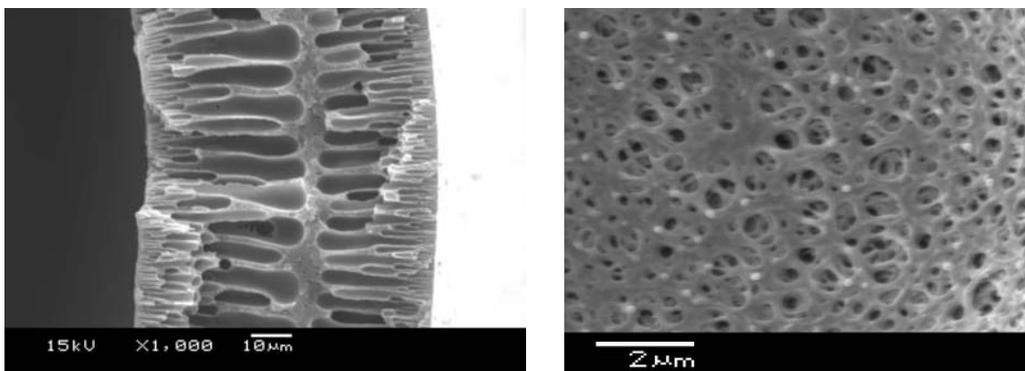
sponge pada bagian tengah dari membran PES/NMP juga menjadi mengecil dengan penambahan aditif ini Gambar 3(a). Peningkatan ukuran pori ini dikarenakan sebahagian aditif keluar dari sistem polimer pada saat proses koagulasi.



(a) Membran PES/NMP



(b) Membran PES/NMP/PVP



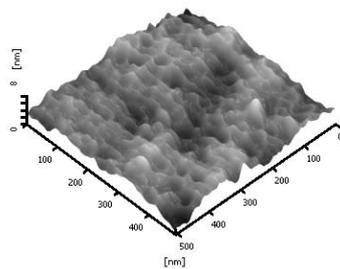
(c) Membran PES/NMP/Tet-1307

Gambar 3. Struktur morfologi membran hasil observasi dengan SEM pada penampang melintang (kiri) dan pada dinding *macrovoid* (kanan)

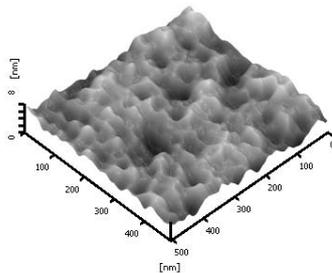
Lebih detail perubahan struktur pori ketiga jenis membran dapat dipantau melalui foto SEM pada dinding *macrovoid* yang diperlihatkan pada Gambar 3 (kanan). Jumlah pori membran meningkat dengan adanya aditif dalam sistem membran. Ini dikarenakan terjadinya proses ketidakberaturan ikatan antara polimer, pelarut, dan aditif selama proses pembentukan membran (Arahman dkk., 2008).

Sifat Permukaan Membran

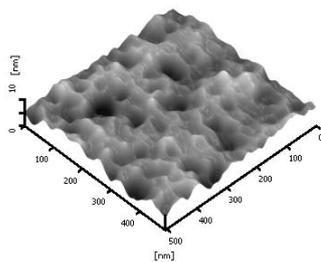
Morfologi membran pada bagian permukaan biasanya yang dikaji adalah tingkat kekasaran (*surface roughness*). Tingkat kekasaran membran pada penelitian ini dianalisis menggunakan *atomic force microscopy* (AFM, SII Nano Technology Inc., SPA400). Permukaan luar membran difoto dengan area 0,5 μm x 0,5 μm. Setelah pengukuran 5 kali setiap sampelnya, nilai rata-rata *surface roughness* (Ra) diperoleh dari gambar AFM.



(a) Membran PES/NMP



(b) Membran PES/NMP/PVP



(c) Membran PES/NMP/Tet-1307

Gambar 4. Foto tiga dimensi permukaan luar membran dengan *atomic force microscopy* (AFM)

Gambar 4 memperlihatkan foto AFM permukaan luar ketiga jenis membran yang digunakan. Dengan jelas struktur *nodular* dapat ditemukan, yang menunjukkan struktur umum dari membran ultrafiltrasi. Perbedaan ketiga jenis membra tersebut adalah pada tingkat kekasaran nodularnya. Nilai Ra untuk membran PES/NMP lebih rendah daripada nilai Ra untuk membran PES/NMP/PVP dan PES/NMP/Tetronic 1307 (Tabel 2). Adanya modifikasi membran dengan penambahan aditif membuat kekasaran permukaan membran meningkat. Ini karena aditif polimer eksis pada bagian permukaan membran (Rahimpour dkk., 2007).

Tabel 2. Tingkat kekasaran membran (*surface roughness*) hollow fiber polietersulfon

Jenis membran	Ra (nm)
PES/NMP	0.87
PES/NMP/PVP	1.75
PES/NMP/T-1307	1,98

Fluks dan Rejeksi Minyak Kelapa Sawit

Pengujian penyaringan minyak kelapa sawit dilakukan pada berbagai variasi tekanan operasi seperti ditampilkan pada Tabel 3. Fluks yang dihasilkan oleh membran modifikasi yang terbuat dari PES/NMP/PVP dan PES/NMP/Tetronic 1307 lebih besar dari pada fluks yang dihasilkan oleh membran yang terbuat dari PES/NMP. Hal ini bisa dipahami dengan melihat struktur morfologi membran seperti pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Ukuran pori membran modifikasi menjadi lebih besar karena adanya pengaruh dari penambahan polimerik aditif. Sehingga menghasilkan fluks minyak yang lebih banyak jika dibandingkan dengan membran original yang tidak dimodifikasikan. Besarnya rejeksi warna minyak kelapa sawit untuk semua jenis membran diperoleh masih diatas 90% (Tabel 4). Untuk membran polietersulfon tanpa modifikasi rejeksi yang diperoleh pada semua kondisi masih diatas 95%. Hal ini karena ukuran pori membran orisinil ini lebih kecil dari ukuran pori membran hasil modifikasi.

Tabel 3. Besarnya fluks minyak kelapa sawit untuk setiap jenis membran pada berbagai variasi tekanan operasi

Tekanan operasi (kg/cm ²)	Fluks (L/m ² .hr.)		
	PES/NMP	PES/NMP/PVP	PES/NMP/Tetronic 1307
0,5	0.1319	0.1979	0.1816
1,0	0.1896	0.2985	0.2441
1,5	0.2529	0.3958	0.3408
2,0	0.3628	0.4700	0.4205

Tabel 4. Besarnya rejeksi warna minyak kelapa sawit untuk setiap jenis membran pada berbagai variasi tekanan operasi

Tekanan operasi (kg/cm ²)	Rejeksi (%)		
	PES/NMP	PES/NMP/PVP	PES/NMP/Tetronic 1307
0,5	95	95	96
1,0	95	92	94
1,5	95	92	94
2,0	95	90	92

KESIMPULAN

Karakterisasi dan aplikasi membran *hollow fiber* dari polimer polietersulfone terhadap pemurnian minyak kelapa sawit telah dilakukan. Pengaruh modifikasi membran polietersulfon dipelajari terhadap kemampuan penyaringan minyak kelapa sawit. Hasil karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa membran yang terbuat dari bahan PES/NMP/PVP, dan PES/NMP/Tetronic 1307 mempunyai struktur *macrovoid* yang lebih banyak dan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan membran yang terbuat dari bahan PES/NMP. Sifat hidrofilitas membran campuran juga menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan membran tunggal PES/NMP. Fluks minyak kelapa sawit terbesar diperoleh pada kondisi tekanan operasi 2,0 kg/cm² untuk membran *hollow fiber* dari bahan PES/NMP/PVP. Minyak kelapa sawit hasil penyaringan dengan membran PES/NMP memperoleh tingkat kemurnian paling tinggi mencapai 96%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, Republik Indonesia atas support dana untuk penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga kepada Profesor Hideo Matsuyama sebagai Direktur Membrane Research Center, Kobe University, atas dukungan fasilitas untuk karakterisasi membran.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, (2010). *Potensi Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Departemen Pertanian, Jakarta.

Arora, S., Manjula, S., Krishnac, A.G.G. dan Subramanian, R. (2006). Membrane processing of crude palm oil. *Desalination* **191**: 454-462.

Cheryan, M. (2005). Membrane technology in the vegetable oil industry. *Membrane Technology* **2**: 5-7.

Chuang, M-H. dan Brunner, G. (2006). Concentration of minor components in crude palm oil. *Journal of Supercritical Fluid* **37**: 151-156.

Kim, J-H. dan Lee, K-H. (1998). Effect of PEG additive on membrane formation by phase separation. *Journal of Membrane Science* **138**: 153-163.

Arahman, N., Sotani, T. dan Matsuyama, H. (2008). Effect of addition of surfactant tetronic 1307 on polyethersulfone porous hollow fiber membrane formation. *Journal of Applied Polymer Science* **108**: 3411-2418.

Arahman, N., Arifin, B., Mulyati, S., Ohmukai, Y. dan Matsuyama, H. (2011). Improved fouling reduction of PES hollow fiber membranes by incorporation with non-ionic surfactant. *Research Journal of Chemistry and Environment* **15**(2): 212-216.

Pearce, G. (2007). Introduction to membranes: manufactures comparison: part 1. *Filtration and Separation* **44**(10): 36-38.

Ping, B.T.Y. dan Gwendoline, E.C.L. (2006). Identification of lutein in crude palm oil and evaluation of carotenoids at various ripening stages of the oil palm fruit. *Journal of Oil Palm Research* **18**: 189-197.

Qiu, Y-R., Arahman, N. dan Matsuyama, H. (2007). Preparation of hydrophilic poly(vinyl butyral)/pluronic F127 blend hollow fiber membrane via thermal induced phase separation. *Separation Purification Technology* **61**: 1-8.

Rahimpour, A., Madaeni, S.S. dan Mansourpanah, Y. (2007). The effect of anionic, non-ionic and cationic surfactants on morphology and performance of polyethersulfone ultrafiltration membranes for milk concentration. *Journal of Membrane Science* **296**: 110-121.

Ribeiro, A.P.B., Moura, J.M.L.N., Gonçalves, L.A.G., Petrus J.C.C. dan Viotto, L.A. (2006). Solvent recovery from soybean oil/hexane miscella by polymeric membranes. *Journal of Membrane Science* **282**: 328-334.

Saravana, M., Bhosle, B.M. dan Subramanian, R. (2006). Processing hexane-oil miscella using a nonporous polymeric composite membrane. *Journal of Food Engineering* **74**: 529-535.

Wang, Y-Q., Su, Y-L., Ma, X-L., Sun, Q. dan Jiang, Z-Y. (2006). Pluronic polymers and polyethersulfone blend membranes with improved fouling-resistant ability and ultrafiltration performance. *Journal of Membrane Science* **283**: 440-447.