

PENGARUH PENAMBAHAN POLISTIRENA TERHADAP SIFAT MEMBRAN SELULOSA ASETAT BERBAHAN DASAR LIMBAH TAHU

Jaka Rachmadetin

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif BATAN, Komplek Puspiptek Serpong
Telp. (021) 7562860 ext. 5514
e-mail: jaka@batan.go.id

ABSTRACT

Soybean curd whey, which is discarded as a waste, can be used as starting material for the preparation of cellulose and cellulose acetate membrane. However, due to its poor mechanical properties, blending with polystyrene will strengthen to the membrane. Nata de soya was made by soybean curd whey then was dried to produce cellulose flake. Cellulose flake was reacted with acetylation reagent, acetic anhydride, and other solvents to produce cellulose acetate flake. It was then mixed with polystyrene to form blend of cellulose acetate:polystyrene membrane with 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, and 80:20 in ratios. These membranes were characterized by water flux, rejection index, and tensile strength. The results showed that cellulose acetate had produced a water content of 4.3%, and acetyl degree of 43.26% (equal to substitution degree of 2.8-3.0). The highest water flux membrane was made of 80:20 (164.23 l/m², the highest rejection index was from 90:10 was 31.65%, and the highest tensile strength membrane was obtained from 80:20 (24.11 kgf). In conclusion the addition of polystyrene could increase the water flux and tensile strength of membrane, but it decrease the rejection index.

Keywords: Composite membrane, cellulose acetate, bacterial cellulose

PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan dari produksi tahu sangat melimpah. Setiap 100 kg kedelai menghasilkan 1500-2000 liter air limbah. Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut yang dapat mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman. Jika air limbah merembes ke dalam tanah yang berdekatan dengan sumur atau dialirkan ke sungai maka air sumur atau sungai tersebut tidak dapat dimanfaatkan lagi karena dapat menimbulkan penyakit gatal, diare, dan penyakit lainnya. Pemanfaatan limbah tahu di antaranya sebagai bahan pembuatan pakan ternak.¹

Limbah tahu dapat dijadikan bahan untuk membuat *nata de soya* yang merupakan suatu selulosa bakteri dan dapat dijadikan sumber untuk membuat selulosa asetat. Proses pembuatan

selulosa asetat dari selulosa bakteri telah banyak dilaporkan.^{2,3,4} Selulosa asetat tersebut dapat dijadikan bahan untuk membuat membran filtrasi, sehingga dapat diperoleh membran dengan harga yang relatif murah. Membran ini di antaranya dipergunakan untuk pengolahan limbah tapioka dan industri hasil pertanian^{5,6} ataupun untuk pemisahan gas.⁷

Modifikasi membran selulosa asetat dapat dilakukan dengan penambahan polietilena glikol^{8,9} atau dengan menggunakan formamida.¹⁰ Modifikasi tersebut hanya berpengaruh terhadap fluks dan indeks rejeksi, tetapi tidak berpengaruh terhadap kekuatannya. Polistirena dapat digunakan sebagai campuran polimer alami untuk meningkatkan kekuatan membran yang diperoleh.¹¹ Campuran polistirena dengan polimer alami juga dapat memudahkan penguraiannya.¹²

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat membran komposit selulosa asetat-polistirena

melalui analisis fluks air, indeks rejeksi, dan sifat mekaniknya. Analisis ini bermanfaat untuk menentukan jenis dan kekuatan membran yang dibentuk. Membran komposit yang dihasilkan diharapkan memiliki karakteristik yang lebih kuat dibandingkan dengan membran dengan bahan selulosa asetat saja.

METODOLOGI

Sintesis Selulosa Asetat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah selulosa bakteri sebanyak 50 g yang diperoleh dengan cara mengeringkan hasil fermentasi limbah tahu sebanyak 12 liter dengan 1.2 liter bakteri *Acetobacter xylinum*.¹³ Tiap 4.5 g selulosa bakteri ini diasetilasi dengan cara dicampurkan dengan 500 ml asam asetat, lalu dikocok dengan kecepatan 200 rpm selama 20 menit. Campuran disaring, kemudian ditambahkan asam asetat glasial dan H₂SO₄ dengan nisbah 50:0.5 ml. Anhidrida asam asetat ditambahkan ke campuran tersebut dengan nisbah 1:5, kemudian diaduk selama 2 jam dalam penangas bersuhu 40°C. Larutan dihidrolisis dengan menggunakan campuran air dan asam asetat glasial (2:1) sebanyak 12 ml pada suhu 40°C selama 30 menit. Larutan hasil hidrolisis disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Supernatan dituang perlahan ke dalam 2 l air destilasi yang diaduk kuat dengan pengaduk magnetik hingga muncul serpihan selulosa asetat yang berwarna putih. Serpihan yang terbentuk disaring vakum. Serpihan selulosa asetat ini dinetralkan pH-nya dengan NaHCO₃ 1 N hingga busa yang terbentuk hilang kembali. Air destilata digunakan untuk mencuci selulosa asetat dan menghilangkan NaHCO₃ yang tersisa.⁴ Selulosa asetat dimasukkan ke dalam gelas piala yang telah ditimbang bobot kosongnya, lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50°C selama 24 jam. Selulosa asetat kering dianalisis kadar air dan kadar asetilnya menurut metode *American Society for Standard and Testing Materials* (ASTM).¹⁴

Pembuatan dan uji karakteristik membran

Pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fase.^{8,15,16} Sebanyak 7 g selulosa asetat kering dicampur dengan polistirena dengan

nisbah 100:0 (membran A, sebagai kontrol), 95:5 (membran B), 90:10 (membran C), 85:15 (membran D), dan 80:20 (membran E) dilarutkan dalam diklorometana dengan nisbah polimer dan pelarut sebesar 14% (b/v). Larutan polimer dicetak dengan pelat kaca, lalu direndam dalam akuades hingga membran yang menempel terlepas dari kaca.

Sampel membran dengan ukuran 5.0x22.5 cm ditempatkan dalam modul alat saring *crossflow*. Modul tersebut dihubungkan dengan pompa, pengukur, dan pengatur tekanan. Akuades dialirkan ke dalam modul dengan menggunakan pompa. Tekanan aliran air diatur dengan variasi sebesar 2.5, 5.0, 7.5, dan 10.0 psi. Permeat ditampung di dalam gelas ukur dan dihitung waktu alirnya tiap 100 ml dengan interval waktu 5 menit selama 90 menit. Pengukuran dilakukan terhadap seluruh jenis membran dan pada tiap tekanan yang digunakan.¹⁶

Pengukuran fluks dekstran dilakukan dengan metode yang sama seperti pada pengukuran fluks air, tetapi hanya dilakukan pada tekanan optimum hasil percobaan. Pengukuran indeks rejeksi terhadap dekstran dilakukan pada keadaan tunak (stabil). Metode dan alat yang digunakan sama seperti pada penentuan fluks air, dengan menggunakan umpan dekstran 200 ppm dan diukur pada tekanan optimum. Permeat dekstran yang diperoleh pada keadaan tunak direaksikan dengan fenol 5% dan H₂SO₄ pekat dengan nisbah 1:1:5. Campuran dikocok dan didiamkan hingga dingin, lalu diukur *absorbansnya* dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum.¹⁶

Membran dipotong menjadi tiga bagian dengan ukuran masing-masing sebesar 0.5x 22.0 cm. Membran tersebut ditempatkan dalam suatu modul uji tarik. Elongasi diperoleh dari perbandingan pertambahan panjang maksimum membran dengan panjang awalnya. Nilai kuat tarik diperoleh dari besar gaya yang terukur saat membran terputus.¹⁶ Pengukuran ini dilakukan triplo untuk masing-masing membran, kemudian nilai yang diperoleh dirata-ratakan dan dihitung nilai standar deviasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar α -selulosa yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar 91.98% . Kadar α -selulosa

berbanding lurus dengan kemurnian selulosa. Semakin tinggi kadar α -selulosa, semakin tinggi pula kemurnian selulosa tersebut. Selulosa bakteri telah berhasil diasetilasi menjadi selulosa asetat. Hal ini terlihat dari spektrum *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) yang menunjukkan adanya puncak yang tajam pada bilangan gelombang 1733.9 cm^{-1} .¹⁷ Serbuk selulosa asetat yang dihasilkan mempunyai kadar asetil sebesar 43.26%. Menurut Kirk & Othmer¹⁸ selulosa asetat tersebut larut di dalam pelarut diklorometana sama seperti polistirena sehingga kedua polimer tersebut dapat dijadikan campuran untuk membuat membran komposit.

Membran A (sebagai kontrol) dan B tidak dapat diukur nilai fluks airnya karena sangat mudah rusak. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan polistirena sebanyak 5% belum dapat meningkatkan kekuatan membran. Hasil pengukuran fluks air terhadap membran C, D, dan E menunjukkan bahwa penambahan polistirena mengakibatkan fluks awal lebih besar dengan gejala penurunan yang sama. Nilai fluks semakin lama semakin menurun hingga mencapai keadaan tunak, yaitu setelah detik ke-80 (Gambar 1). Gejala ini terjadi pada setiap membran dan pada semua tekanan. Menurut Mulder,¹⁹ penurunan fluks ini disebabkan oleh terjadinya *fouling* dari air yang digunakan yang kemungkinan masih mengandung partikel-partikel yang berukuran hampir sama atau lebih besar dibandingkan ukuran pori membran sehingga partikel tersebut menumpuk pada permukaan membran. Kondisi ini mengakibatkan terhambatnya laju aliran, sehingga kemampuan membran untuk melewatkan umpan menjadi berkurang.

Gambar 1 terlihat bahwa fluks meningkat dari tekanan 2.5 psi hingga 7.5 psi, tetapi menurun pada tekanan 10.0 psi. Hal ini diduga karena pada tekanan 10.0 psi telah terjadi peristiwa kompaksi. Peningkatan fluks terjadi karena tekanan permeat yang mengalir pada membran meningkat. Akan tetapi, pada tekanan 10 psi terjadi kompaksi membran. Kompaksi menurut Mulder (1996)¹⁶ adalah perubahan mekanik pada struktur membran polimer yang terjadi pada proses dengan gaya dorong (tekanan). Hal ini menyebabkan struktur selulosa asetat menjadi

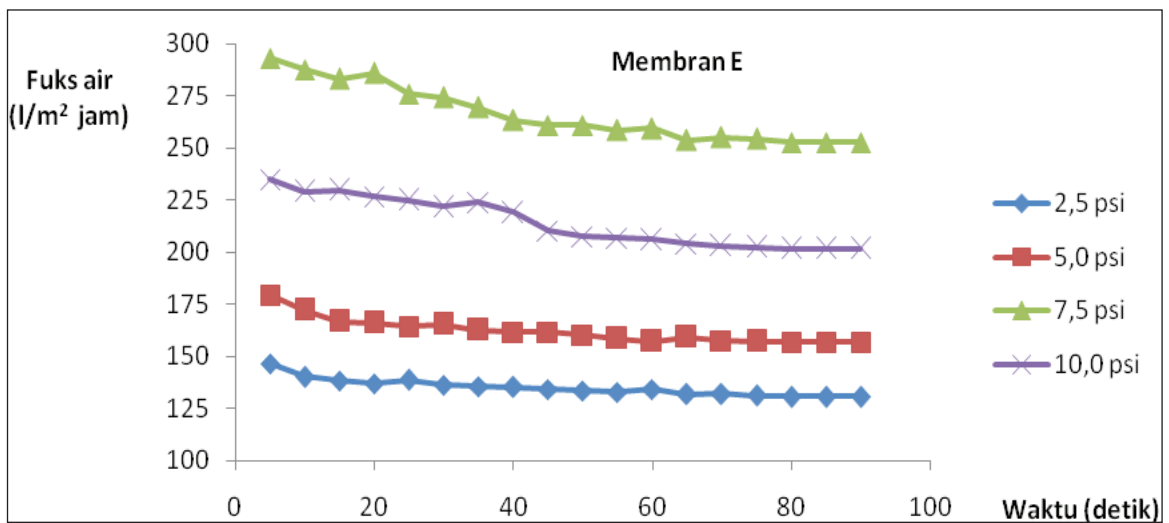
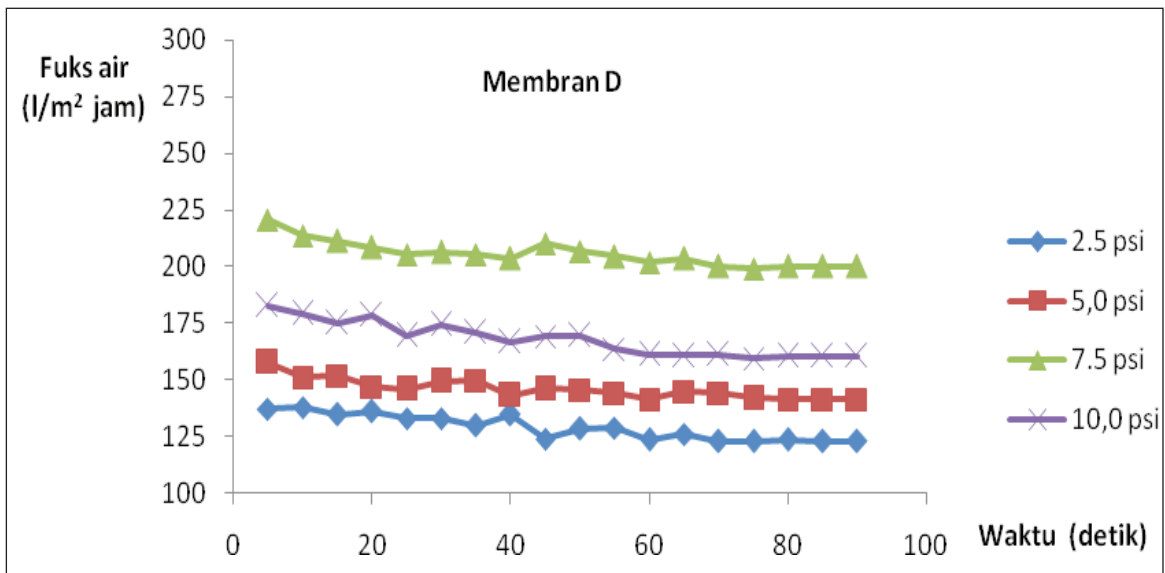
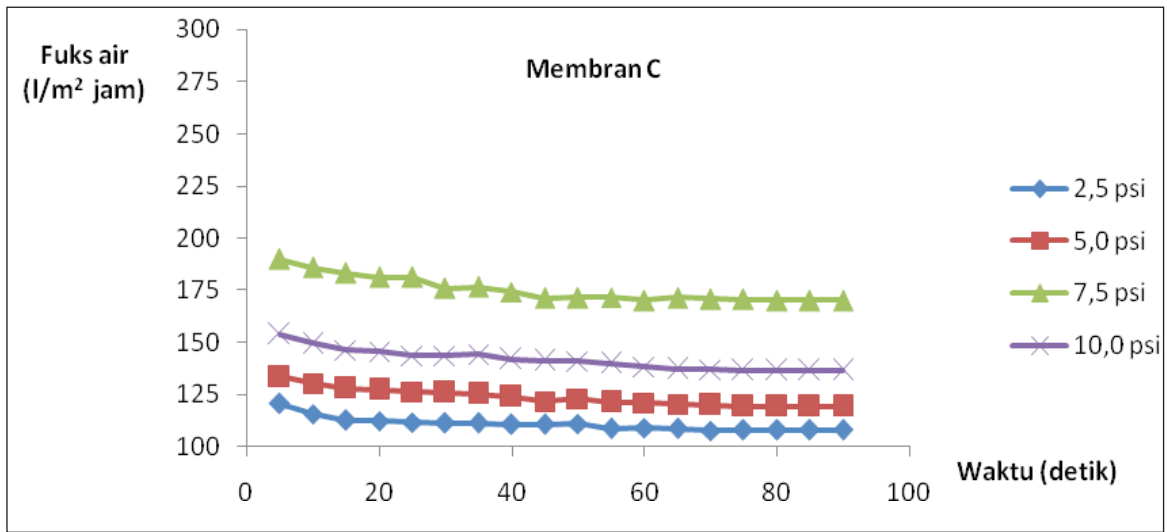
lebih kompak, dan pori-pori membran merapat sehingga berdampak pada penurunan nilai fluks.

Penurunan fluks untuk membran mikrofiltrasi pada umumnya tidak lebih dari 5%.¹⁸ Berdasarkan Tabel 1, penambahan konsentrasi polistirena tidak berpengaruh terhadap penurunan fluks air. Penurunan nilai fluks pada setiap jenis membran pada tekanan antara 2.5 sampai 10 psi berkisar antara 9.33 hingga 14.13%. Penurunan yang cukup besar ini menunjukkan kurang stabilnya kinerja membran saat pengukuran filtrasi. Akan tetapi, penurunan ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan membran selulosa asetat-polietilena glikol hasil penelitian Ristiyani (2006)⁹ yang memiliki penurunan fluks air antara 12.50–22.41%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan polistirena memberikan kinerja membran yang lebih stabil dibandingkan dengan polietilena glikol.

Fluks dekstran tertinggi diperoleh pada membran E, yaitu sebesar $164.23\text{ l}/(\text{m}^2\text{ jam})$, kemudian diikuti D dan C yang masing-masing sebesar 128.39 dan $93.36\text{ l}/(\text{m}^2\text{ jam})$. Nilai ini menunjukkan semakin banyaknya tambahan polistirena atau semakin sedikit selulosa asetat mengakibatkan fluks semakin besar. Menurut Baker (2004),²⁰ membran dengan nilai fluks tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam membran mikrofiltrasi. Membran jenis ini dapat diaplikasikan untuk filtrasi limbah agroindustri.^{5,6}

Pengukuran kuat tarik membran menunjukkan bahwa membran A dan B tidak dapat diukur kuat tariknya karena sangat mudah rusak. Dari hasil pengukuran terhadap membran C, D, dan E terlihat bahwa peningkatan konsentrasi polistirena yang dicampurkan menyebabkan meningkatnya kuat tarik membran komposit karena polistirena memiliki sifat mekanik yang lebih kuat dibandingkan dengan selulosa asetat (Tabel 2). Berdasarkan data dari perhitungan standar deviasi, rentang sebaran data kuat tarik antara membran C, D, dan E adalah saling berpotongan. Oleh karena itu, nilai kuat tarik ketiga membran tersebut tidak berbeda nyata secara statistik.

Berdasarkan parameter fluks air, rejeksi dekstran, dan kuat tarik diperoleh hasil bahwa membran C dengan campuran polistirena 10% merupakan membran komposit terbaik. Membran ini memiliki kekuatan yang tidak berbeda nyata



Gambar 1. Penurunan fluks air membran C, D, dan E setelah mendapat tekanan 2.5, 5.0, 7.5, dan 10.0 psi.

Tabel 1. Penurunan nilai fluks air membran pada tekanan yang berbeda

Jenis membran (selulosa asetat : polistirena)	Tekanan (psi)	Penurunan fluks (%)
C (90:10)	2.5	10.55
	5.0	10.49
	7.5	10.40
	10.0	11.25
D (85:15)	2.5	10.38
	5.0	10.38
	7.5	9.33
	10.0	12.30
E (80:20)	2.5	10.89
	5.0	12.54
	7.5	13.76
	10.0	14.13

secara statistik dibandingkan membran D dan E dengan campuran polistirena 15% dan 20%, tetapi memiliki nilai indeks rejeksi yang lebih tinggi. Campuran polistirena yang lebih rendah pada membran C juga diperkirakan membuat membran tersebut lebih bersifat biodegradabel karena polistirena lebih sulit didegradasi oleh lingkungan dibandingkan selulosa asetat.

KESIMPULAN

Tanpa penambahan polistirena atau dengan penambahan polistirena yang rendah (5%) menghasilkan membran yang tidak dapat diukur karakteristiknya karena mudah rusak, sedangkan penambahan polistirena 10–20% menghasilkan membran yang memiliki fluks optimum pada tekanan 7.5 psi, meningkatkan kekuatan mekanik membran, fluks air, tetapi menurunkan indeks rejeksi. Membran dengan campuran polistirena 10% merupakan membran dengan karakteristik terbaik dan tergolong membran mikrofiltrasi. Jenis membran ini dapat diterapkan untuk pengolahan air limbah agroindustri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dra. Sri Mulijani, M.S. dan Ir. Achmad Sjahriza yang telah banyak memberi masukan selama penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Neng Atiek, Sari, dan

Tabel 2. Nilai rejeksi dekstran dan kuat tarik membran komposit

Jenis membran (selulosa Asetat : polistirena)	Rejeksi dekstran (%)	Kuat tarik ± SD (kgf)
A (100:0)	Tidak dapat diukur	Tidak dapat diukur
B (95:5)	Tidak dapat diukur	Tidak dapat diukur
C (90:10)	31.65	16.89 ± 4,07
D (85:15)	29.05	20.97 ± 15,46
E (80:20)	24.19	24.11 ± 19,58

Bapak Syawal yang telah bekerja sama dan membantu dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Kementrian Lingkungan Hidup. 2001. Informasi praktis pengelolaan dan pemanfaatan limbah tahu tempe. <http://www.menlh.go.id/usahakecil/olah/tahu.htm> [15 Mei 2005].
- ²Safriani. 2000. *Produksi biopolimer selulosa asetat dari nata de soya* [Tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- ³Yulianawati, N. 2002. *Kajian pengaruh nisbah selulosa dengan pereaksi asetilasi dan lama asetilasi terhadap produksi selulosa dari nata de coco* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- ⁴Arifin, B. 2004. *Optimasi kondisi asetilasi selulosa bakteri dari nata de coco* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- ⁵Darwati, C.L. Natanael & I. Rahayu. 2002. *Pembuatan dan karakterisasi membran ultrafiltrasi dan bahan selulosa asetat dengan variasi konsentrasi aditif (formamida) dan aplikasinya untuk penanganan limbah tapioka* [Laporan Penelitian]. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran.
- ⁶Darwo, A.A. 2003. *Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan Direktorat Jenderal Departemen Pendidikan Nasional*. Produksi membran filtrasi dari selulosa mikrobial dan penerapannya dalam industri hasil pertanian [Laporan penelitian]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- ⁷Eryan. 2004. Pemisahan Gas Dengan Membran Berpori. <http://www.eryan@tf.itb.ac.id>. [5 Juni 2005].
- ⁸Kim, J.H. & KH Lee. 1998. Effect of PEG additive on membrane formation by phase inversion. *J Memb. Sci.* 138: 153–163.
- ⁹Ristiyani, R. 2006. *Pencirian membran selulosa asetat dari kulit nanas dengan penambahan poli(etilena)glikol sebagai porogen* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- ¹⁰Somantri, R.U. 2003. *Pengaruh penambahan formamide dan lama penguapan pelarut (aseton) terhadap membran selulosa asetat* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- ¹¹Meenakshi, P., S.E. Noorjahan, R. Rajini, U. Venkateswarlu, C. Rose, T.P. Sastry. 2002. Mechanical and microstructure studies on the modification of CA film blending with PS. *Bull Mater Sci* 25: 25–29.
- ¹²Sutiani, A. 1997. *Biodegradasi poliblend polistirenpati* [Tesis]. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.
- ¹³Warintek. 2005. *Nata de soya*. <http://warintek/natadesoya/pagan/merintisbisnis/progressio.html> [8 Mei 2005].
- ¹⁴ASTM. 1991. *ASTM D871: Standard Methods of Testing Cellulose Acetate*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ¹⁵Tresnawati, A. 2006. *Kajian spektroskopi inframerah transformasi Fourier dan mikroskop susunan elektron membran selulosa asetat dari limbah nanas* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- ¹⁶Pasla, F.R. 2006. *Pencirian membran selulosa asetat berbahan dasar selulosa bakteri dari limbah nanas* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- ¹⁷Rachmawati, S. 2007. *Kajian mikrostruktur membran komposit selulosa asetat berbahan dasar limbah cair tahu menggunakan polistirena*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- ¹⁸Kirk, R.E. and DF Othmer. 1993. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. New York: Interscience Publisher.
- ¹⁹Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherland: Kluwer.
- ²⁰Baker RW. 2004. Overview of membrane science and technology. http://media.wiley.com/product_data/excerpt/56/04708544/0470854456.pdf [15 Mei 2005].