

# Pengaruh Variasi Waktu Penguapan Terhadap Kinerja Membran Selulosa Asetat pada Proses Ultrafiltrasi

*(The Effect of Evaporation Time on Cellulose Acetate Membrane Performance for Ultrafiltration Process)*

Dewi Rara Amiyati, Dwi Indarti, Yeni Maulidah Muflihah  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: dwi.indarti@unej.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini mempelajari pengaruh variasi waktu penguapan terhadap kinerja membran selulosa asetat. Pada proses ultrafiltrasi, selulosa asetat dibuat dengan menambahkan polietilen glikol (PEG) sebagai agen pembentuk pori membran dan meningkatkan nilai fluks membran. Pembuatan membran selulosa asetat dilakukan dengan metode inversi fasa. Variasi waktu penguapan yang digunakan selama 0, 1, 3, dan 5 menit. Membran selulosa asetat yang terbentuk dikarakterisasi meliputi uji porositas, fluks dan rejeksi. Hasil penelitian menunjukkan waktu penguapan selama 5 menit menghasilkan membran yang lebih rapat. Hasil pengukuran porositas, fluks dan rejeksi terhadap dekstran 500 kDa berturut-turut sebagai berikut: 53,35%; 4,078 (L/jam.m<sup>2</sup>) dan 92,917%.

**Kata Kunci:** Porositas, Selulosa Asetat, Waktu Penguapan.

## Abstract

*The effect of evaporation time on cellulose acetate membrane performance had been studied. Cellulose acetate membrane was prepared by adding polyethylene glycol (PEG) as a pore forming agent and improving the flux of membrane. Preparation of cellulose acetate membrane based on phase inversion method. Variation of evaporation time is 0, 1, 3, and 5 minute. Characterization of cellulose acetate membranes include porosity, flux and rejection. The result showed that evaporation time during 5 minutes has tightest pores. The result of measurement of porosity, flux and rejection of dextran 500 kDa were obtained as follows respectively: 53,35%; 4,078 (L/jam.m<sup>2</sup>) dan 92,917%.*

**Keywords:** Porosity, Cellulose acetate, evaporation time.

## PENDAHULUAN

Membran ultrafiltrasi merupakan salah satu jenis membran dengan gaya dorong tekanan yang digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi mempunyai struktur asimetrik dengan lapisan atas lebih rapat (ukuran pori lebih kecil) dan porositas permukaan lebih rendah dibanding lapisan bawah, sehingga ketahanan hidrodinamikanya lebih tinggi. Ukuran molekul yang dapat ditahan oleh membran ultrafiltrasi berkisar antara 10<sup>3</sup>-10<sup>8</sup> Dalton [1].

Proses pembuatan membran ultrafiltrasi sering kali menggunakan teknik inversi fasa, yaitu suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Membran dapat dibuat dari berbagai material seperti selulosa asetat (CA), polisulfon, polieter sulfon, dan poliamida [2]. Pemilihan material membran menjadi penting karena berhubungan dengan pemilihan jenis pelarut dan nonpelarut yang digunakan. Material membran ultrafiltrasi yang berkembang saat ini adalah membran selulosa asetat.

Pembuatan membran selulosa asetat biasanya dilakukan dengan penambahan aditif yang dimaksudkan untuk mengatur viskositas larutan polimer, memperbanyak jumlah pori yang terbentuk atau untuk merubah sifat polimer dari hidrofobik menjadi hidrofilik. Aditif yang dapat

ditambahkan ke dalam proses pembuatan membran selulosa asetat antara lain polivinil klorida, dimetil ftalat, monosodium glutamat dan polietilen glikol. Penambahan polietilen glikol (PEG) sebagai aditif dapat meningkatkan laju permeasi membran [3] karena PEG berfungsi sebagai agen pembentuk pori membran. Peningkatan konsentrasi aditif (PEG 600) ke dalam larutan *casting* mampu meningkatkan fluks dari 15,8 L/jam.m<sup>2</sup> menjadi 85,1 L/jam.m<sup>2</sup> tetapi menurunkan rejeksi protein dari 96% menjadi 77% [4]. Penambahan aditif (PEG 600) 5% dapat menghasilkan fluks sebesar 234,64 L/jam.m<sup>2</sup> dan rejeksi garam sebesar 81,5% [5].

Parameter lain yang dapat mempengaruhi proses pembentukan struktur membran yang dihasilkan adalah waktu penguapan pelarut. Waktu penguapan pelarut secara jelas mengindikasikan bahwa semakin lama waktu penguapan akan mempertebal permukaan membran dan menurunkan fluks air tetapi meningkatkan selektivitas membran [6]. Pembuatan membran selulosa asetat dengan waktu penguapan 3 menit dengan komposisi 22% selulosa asetat, 15% aseton, 60% dimetil sulfoksida (DMSO), dan 3% dimetil ftalat (DMP) menghasilkan membran ultrafiltrasi dengan nilai fluks 2,2438 L/jam.m<sup>2</sup> dan rejeksi terhadap dekstran 100-200 kDa sebesar 91,15% [7].

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan membran selulosa asetat dengan pelarut aseton dan DMSO serta penambahan PEG sebanyak 5% dari total larutan polimer. Variasi waktu penguapan yang digunakan 0, 1, 3, dan 5 menit kemudian dikaji pengaruhnya terhadap porositas, fluks, koefisien permeabilitas dan rejeksi terhadap dekstran 500 kDa.

## METODE PENELITIAN

### Alat Penelitian

Satu set alat ultrafiltrasi modul flat sistem *dead-end*, magnetik stirer, plat kaca, selotip, lampu neon, *stopwatch*, kompresor, piknometer, labu ukur 25 mL, 50 mL dan 1000 mL, pipet mohr 1 mL, 5 mL dan 10 mL, pipet volume 1 mL dan 5 mL, ball pipet, gelas ukur 10 mL dan 50 mL, gelas beker 100 mL, bak koagulasi, neraca analitik, botol semprot, gunting, spektrofotometer UV-Vis model 752.

### Bahan Penelitian

Selulosa asetat (BM = 30 kDa), aseton;  $\rho=0,79$  g/mL, dimetil sulfoksida (DMSO);  $\rho=1,11$  g/mL), akuades, dimetil Ptalat (DMP);  $\rho=1,19$ g/mL, Polietilen glikol (PEG) 600 Da;  $\rho=1,12$  g/mL, dekstran 500 kDa, fenol;  $\rho=1,057$  g/mL,  $H_2SO_4$ ;  $\rho=1,84$  g/mL, kertas saring dan aluminium foil.

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan Membran Selulosa Asetat

Membran selulosa asetat dibuat dengan melarutkan selulosa asetat sebanyak 2,74 gram dalam 2,3 mL pelarut aseton, 6,8 mL DMSO dan 0,5 mL DMP serta ditambahkan aditif PEG sebanyak 0,68 mL. Larutan polimer dengan magnetik stirrer selama 4 jam sampai homogen. Larutan yang sudah homogen didiamkan selama 4 jam untuk menghilangkan gelembung udaranya. Larutan polimer yang tidak mengandung gelembung udara dicetak di atas plat kaca dan dibiarkan di udara terbuka dengan variasi waktu penguapan 0, 1, 3 dan 5 menit. Film membran dicelupkan dalam bak koagulasi hingga terjadi pematangan membran.

#### Karakterisasi Membran Selulosa Asetat

Karakterisasi membran selulosa asetat meliputi uji porositas, penentuan waktu kompaksi, fluks air, koefisien permeabilitas dan rejeksi.

##### 1. Uji Porositas

Porositas membran dihitung dengan menentukan perbandingan volume pori terhadap volume total membran berdasarkan persamaan berikut [8]:

$$P(\%) = \frac{w_1 - w_2}{\rho_w \cdot V_T} \times 100\%$$

$$\text{dimana } V_T = \frac{w_1 - w_2}{\rho_w} + \frac{w_2}{\rho_{md}}$$

keterangan :

$w_1$  = berat basah membran (g)

$w_2$  = berat kering membran (g)

$\rho_w$  = densitas air (g/cm<sup>3</sup>)

$V_T$  = volume membran basah (cm<sup>3</sup>)

$\rho_{md}$  = densitas membran kering (g/cm<sup>3</sup>)

##### 2. Uji Fluks Air

Fluks air diperoleh dengan mengukur banyaknya volume air yang melewati membran tiap satuan luas permukaan membran dan satuan waktu. Sebelum uji fluks, dilakukan penentuan waktu kompaksi terlebih dahulu. Penentuan waktu kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air dalam alat ultrafiltrasi dengan mengamati waktu yang diperlukan tiap 1 mL permeat hingga diperoleh waktu konstan. Fluks volume dinyatakan sebagai berikut :

$$J_v = \frac{V}{A \cdot t}$$

di mana :

$J_v$  = fluks air (L/jam.m<sup>2</sup>)

V = volume air (L)

A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)

t = waktu (jam)

##### 3. Uji Koefisien Permeabilitas

Koefisien permeabilitas membran ditentukan dengan mengukur fluks air dengan variasi tekanan 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 bar selama 1 jam. Nilai fluks untuk setiap tekanan pada masing-masing membran dibuat grafik antara nilai tekanan (sumbu X) dengan nilai fluks (sumbu Y). Nilai koefisien permeabilitas ( $L_p$ ) ditentukan dari nilai slope yang didapatkan pada setiap grafik. Permeabilitas ditentukan dengan persamaan [1]:

$$J_v = L_p \cdot \Delta P$$

##### 4. Uji Rejeksi

Penentuan rejeksi membran dilakukan menggunakan dekstran 500 kDa dengan konsentrasi 1000 ppm sebagai larutan umpannya. Penentuan rejeksi membran dilakukan setelah proses *scanning* pada panjang gelombang 400-500 nm. Penentuan kurva kalibrasi dilakukan pada panjang gelombang optimum larutan standart dekstran 500 kDa 1000 ppm. Larutan standart maupun sampel diambil 1 mL dan ditambahkan masing-masing 1 mL fenol 5% dan 5 mL  $H_2SO_4$  kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-550 nm. Rejeksi dihitung dengan persamaan berikut [1]:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\%$$

di mana:

R = nilai koefisien rejeksi (%)

$C_p$  = konsentrasi permeat (ppm)

$C_f$  = konsentrasi larutan umpan (ppm)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Membran Selulosa Asetat

Membran selulosa asetat dibuat dengan teknik inversi fasa. Waktu penguapan pelarut akan mempengaruhi proses pembentukan struktur membran yang dihasilkan. Waktu penguapan pelarut yang semakin lama akan mempertebal permukaan membran dan memperkecil pori membran. Penambahan aditif PEG pada penelitian ini merupakan salah satu usaha dalam rangka memperbaiki kinerja membran. Penambahan PEG sebagai aditif pada membran dimaksudkan untuk memperbanyak pori membran sehingga dapat meningkatkan fluks yang dihasilkan. PEG yang

ditambahkan sebanyak 5% w/w dari total larutan polimer. Tabel 1. Sifat fisik membran selulosa asetat

Waktu penguapan	Ketebalan (mm)	Warna
0 menit	0.052	Putih
1 menit	0.058	Putih
3 menit	0.068	Putih
5 menit	0.074	Putih

Membran selulosa asetat yang dihasilkan berwarna putih dengan ketebalan yang berbeda (Tabel 1). Waktu penguapan yang semakin lama akan mempertebal permukaan membran yang dihasilkan. Waktu penguapan yang semakin lama akan mengalami proses *delayed demixing* di mana pelarut akan lebih tertahan di dalam membran sehingga proses presipitasi antara pelarut dan nonpelarut berjalan lambat dan sebagai hasilnya akan diperoleh membran yang semakin tebal.

#### Pengaruh Waktu Penguapan Pelarut Terhadap Porositas Membran

Porositas membran merupakan perbandingan antara volume pori dengan volume total membran. Nilai porositas membran sebagai fungsi dari waktu penguapan terhadap porositas membran dapat dilihat pada Gambar 1. Semakin lama waktu penguapan yang diberikan, maka porositasnya semakin kecil. Waktu penguapan yang semakin lama, dihasilkan membran yang semakin tebal. Ketebalan membran akan mempengaruhi volume dan densitas membran yang dihasilkan. Waktu penguapan yang semakin lama menghasilkan densitas yang semakin besar yang mengindikasikan membran yang dihasilkan semakin rapat sehingga kemampuan molekul air untuk masuk ke dalam membran menjadi kecil. Hal inilah yang menyebabkan porositasnya menjadi semakin kecil.



Gambar 1. Nilai porositas membran selulosa asetat terhadap waktu penguapan

#### Pengaruh Waktu Penguapan Pelarut Terhadap Nilai Fluks

Pengukuran kinerja fluks membran dilakukan dengan alat filtrasi *dead end* dengan melakukan proses kompaksi terlebih dahulu pada membran yang akan diuji. Proses kompaksi dilakukan untuk mengkondisikan pori-pori membran dalam geometri dan ukuran yang tetap selama proses filtrasi dengan tekanan tertentu sehingga nilai fluksnya konstan.



Gambar 2. Nilai fluks air membran selulosa asetat

Nilai fluks air (Gambar 2) menunjukkan waktu penguapan yang semakin lama, fluks yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan fluks ini dikarenakan porositas yang dihasilkan semakin kecil yang mengindikasikan pori membran semakin rapat akibatnya fluks yang dihasilkan semakin menurun.

#### Pengaruh Waktu Penguapan Pelarut Terhadap Koefisien Permeabilitas

Koefisien permeabilitas adalah kemampuan suatu membran untuk dilewati suatu spesi per satuan tekanan. Nilai koefisien diambil dari gradien hubungan fluks terhadap tekanan melalui titik (0,0). Koefisien permeabilitas membran (Gambar 3) yang dihasilkan menurun seiring bertambahnya waktu penguapan. Penurunan ini disebabkan karena waktu penguapan pelarut yang semakin lama akan menghasilkan porositas yang semakin kecil. Porositas yang semakin kecil akan memberikan nilai fluks yang semakin rendah karena pori yang ada pada membran semakin rapat memungkinkan molekul air sulit menembus membran. Fluks berbanding lurus dengan nilai koefisien permeabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu, nilai koefisien permeabilitas yang dihasilkan semakin rendah.



Gambar 3. Nilai koefisien permeabilitas membran selulosa asetat

#### Pengaruh Waktu Penguapan Pelarut Terhadap Rejeksi Dekstran

Rejeksi merupakan ukuran selektivitas membran untuk meloloskan atau menahan suatu molekul. Penentuan rejeksi membran dilakukan setelah proses *scanning*. *Scanning* dilakukan pada panjang gelombang 400-550 nm dan dari *scanning* panjang gelombang tersebut diperoleh nilai absorbansi optimum pada panjang gelombang 492 nm



Gambar 4. Nilai koefisien rejeksi membran selulosa asetat terhadap waktu penguapan

Koefisien rejeksi dekstran 500 kDa (Gambar 4) yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penguapan. Peningkatan ini disebabkan karena semakin lama waktu penguapan pelarut, porositas yang dihasilkan semakin kecil yang mengindikasikan pori membran semakin rapat sehingga kemampuan molekul dekstran 500 kDa untuk melewati membran menjadi lebih sulit. Akibatnya, banyak molekul dekstran 500 kDa yang lebih tertahan oleh membran sehingga koefisien rejeksinya menjadi meningkat.

Penelitian dengan komposisi yang sama [7] tanpa penambahan PEG, hasil kinerja uji fluks dan koefisien permeabilitas yang diperoleh lebih rendah dari hasil penelitian ini. Hal ini dimungkinkan karena pada penelitian ini ada penambahan aditif PEG yang ditujukan untuk memperbanyak pori membran. Hasil uji kinerja rejeksinya pada penelitian ini digunakan dekstran dengan berat molekul 500 kDa sebagai larutan umpannya menghasilkan rejeksi sebesar 89,290% saat waktu penguapan 3 menit dan sebesar 92,917% saat waktu penguapan 5 menit, sedangkan pada penelitian sebelumnya [7] digunakan dekstran dengan berat molekul 100-200 kDa menghasilkan rejeksi sebesar 91,15% saat waktu penguapan 3 menit dan sebesar 92,18% saat waktu penguapan 4 menit. Dekstran dengan berat molekul yang lebih tinggi semestinya mampu menghasilkan rejeksi yang lebih tinggi karena berat molekul yang tinggi akan lebih sulit untuk melewati membran. Penurunan ini kemungkinan disebabkan karena adanya penambahan aditif PEG yang tidak hanya dapat memperbanyak pori membran tetapi juga dapat memperbesar pori membran.

## KESIMPULAN

Variasi waktu penguapan mempengaruhi porositas membran yang dihasilkan. Semakin lama waktu penguapan, porositas yang dihasilkan semakin rendah. Nilai fluks membran semakin kecil seiring bertambahnya waktu penguapan pelarut tetapi meningkatkan rejeksi membran terhadap dekstran 500 kDa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si dan Bapak Drs. Zulfikar, Ph.D yang telah memberikan kritik dan saran demi penyempurnaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd ed. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- [2] Wenten, I ,G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Penerbit ITB.
- [3] Saljoughi, E. 2010. "Effect of PEG additive and coagulation bath temperature on the morphology permeability and thermal/chemical stability of asymmetric CA membranes", *Desalination* Vol **262** (1-3): 72-78.
- [4] Krishnamoorthy, L. Arif, P. M. and Ahmedkhan, R. 2010. "Separation of Proteins from Aqueous Solution

Using Cellulose Acetate/Poly (Vinyl Chloride) Blend Ultrafiltration Membrane", *J Mater Sci* Vol **46** (2): 2914-2921.

- [5] Waheed, Ahmad, Khan, Gul, Jamil, Islam, and Hussain. 2014. "Synthesis, Characterization, Permeation and Antibacterial Properties of Cellulose Acetate/Polyethylene Glycol Membranes Modified with Chitosan", *Desalination* Vol **351** (2): 59-69.
- [6] Bhongsuwan, D. and T, Bhongsuwan. 2008. "Preparation of cellulose acetate membranes for ultra-nano-filtrations", *Kasetsart J. Nat. Sci* Vol **42** (2): 311-317.
- [7] Kartika, L. 2010. *Pemisahan Surfaktan Anionik Sodium Dodesil Sulfat (SDS) dengan menggunakan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat (CA)*. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- [8] Velu, S. Muruganandam, L. and Arthanareeswaran, G. 2015. "Preparation and Performance Studies on Polyethersulfone Ultrafiltration Membranes Modified with Gelatin for Treatment of Tannery and Distillery Wastewater", *Brazilian Journal of Chemical Engineering* Vol **32** (01): 79-189.