

PERMEABILITAS AIR DAN DEKSTRAN MEMBRAN HIBRID YANG DIKOAGULASI CAMPURAN NON PELARUT 2-PROPANOL-AIR

Zaiyar*

²Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

*Corresponding Author : zaiyar68@yahoo.co.id

Abstrak

Permeabilitas membran hibrid yang menggunakan bahan dasar polimer polisulfon. Lempung asal Desa Pallas Rumbai Pekanbaru sebagai sumber silika, polietilen glikol (PEG) sebagai zat porogen. serta non pelarut campuran 2-propanol-air sebagai media koagulasi telah dilakukan. Komposisi lempung sebagai sumber silika berbeda, membran hibrid MA menggunakan lempung 9% dan membran MB lempungnya 9% dan PEG 9%. Pengujian permeabilitas dilakukan menggunakan sel filtrasi dengan menentukan kecepatan aliran air dan dekstran (Fluks) melewati membran hibrid pada tekanan 1-3,5 bar. Koefisien permeabilitas ditentukan dari slope grafik Fluks (J) terhadap perubahan tekanan (ΔP) yang berupa garis lurus (linier). Hasil perhitungan pengujian statistik menggunakan uji data nilai rata-rata 2 populasi menunjukkan, permeabilitas kedua membran tidak berbeda signifikan. Koefisien permeabilitas air membran hibrid MA dan MB yaitu sebesar $3 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$, sedangkan koefisien permeabilitas dekstran adalah $0,9 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$.

Kata Kunci : Permeabilitas, Membran hibrid, Fluks, Sel filtrasi

Abstract

The hybrid membrane permeability was using polysulfone polymer base material, and the clay from the village of Pallas Rumbai Pekanbaru as a source of silica, polyethylene glycol (PEG) as a porogen agent. Then, the non-solvent mixture of 2-propanol-water as the coagulation media has been done. The clay composition as a source of silica is different, MA hybrid membrane using clay 9% and the membrane MB with clay 9% and PEG 9%. Permeability testing is done using filtration cells by determining the speed of water flow and dextran (flux) through hybrid membrane at a pressure of 1 to 3.5 bar. The permeability coefficient is determined by slope of the graph flux (J) toward changing pressure (ΔP) like a straight line (linear). The results has been tested and calculated by using data average of two populations. It shown the difference of both mebrane permeability was not significant. The coefficient of hybrid membrane MA and MB are equal to $3 \times 10^{-5} \text{ ml / cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$, while dextran permeability coefficient is $0.9 \times 10^{-5} \text{ ml / cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$.

Keywords: Permeability, Membrane hybrid, Flux, filtration Cells

PENDAHULUAN

Membran hibrid adalah suatu membran yang dibuat dengan cara menambahkan bahan anorganik ke dalam matriks polimer. Membran hibrid mempunyai kinerja pemisahan (permeabilitas) lebih baik terhadap air dan dekstran, stabilitas termal dan sifat mekanik yang juga lebih lebih baik dibandingkan membran yang hanya terbuat dari bahan organik

atau anorganik saja disebabkan adanya bentonit dan monmorilonit yang berasal dari lempung (Defontaine *et al.*, 2010; Medeiros *et al.*, 2012; He *et al.*, 2002). Mohammad & Khadum (2006), juga melaporkan bahwa permeabilitas membran hibrid dipengaruhi oleh kandungan silika dalam sistem membran. Permeabilitas air membran hibrid meningkat dengan bertambahnya kandungan silika. Hal ini disebabkan, silika dalam membran dapat meningkatkan porositas membran.

Berdasarkan penelitian tersebut, penulis tertarik melakukan kajian penelitian dengan membandingkan perbedaan komposisi lempung dan penggunaan polietilen glikol (PEG) dalam pembuatan membran hibrid dalam kaitannya dengan permeabilitasnya.

Polisulfon digunakan sebagai bahan dasar polimer. Polisulfon dipilih sebagai bahan dasar pada penelitian ini karena memiliki kestabilan mekanik, termal dan kimia yang baik (Anadao *et al*, 2010). Lempung yang digunakan berasal dari Desa Pallas Rumbai. Lempung ini dipilih karena intensitas SiO₂-nya tinggi yaitu 58% (Nadarlis, 2012), sedangkan PEG berfungsi sebagai porogen untuk meningkatkan porositas dari membran yang dihasilkan. Non pelarut yang digunakan sebagai media koagulasi adalah campuran 2-propanol-air.

Lempung merupakan mineral skunder yang terbentuk dari hasil pelapukan kimia dan fisika mineral primer dalam proses pembentukan tanah. Struktur kristal lempung terbentuk dari 2 lapisan dasar yaitu silika dan alumina. Lapisan silika mempunyai rumus molekul (Si₄O₁₀)₄, terbentuk dari atom silikon (Si) yang membentuk struktur tetrahedral dengan atom oksigen (O₂) atau hidroksil Lapisan alumina mempunyai rumus molekul Al₂(OH)₆, tersusun dari atom aluminium dan atom oksigen yang membentuk struktur oktahedral.

Struktur lempung yang berlapis ini, menyebabkan mudahnya terjadinya penataan ruang dan muatan antar lapisan, sehingga berpotensi sebagai pengisi (*host*) pada membran hibrid melalui interkalasi polimer organik kedalam *visit host* lapisan anorganik lempung

Permeabilitas dinyatakan sebagai fluks dan dilambangkan dengan *J*. Fluks didefinisikan sebagai jumlah volum permeat yang melewati 1 (satu) satuan luas membran dalam satuan waktu tertentu dengan adanya gaya penggerak berupa tekanan, sesuai dengan persamaan 1.

$$J = \frac{V}{A \times \Delta t} \quad (1)$$

Dalam hal ini, *J* adalah fluks air murni (L/m²jam), *V* adalah volume permeat (L), *A*

adalah luas efektif membran (m²) dan Δt adalah waktu permeasi (jam).

Fluks membran dapat dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas. Koefisien permeabilitas membran menunjukkan kemampuan membran dalam melewatkan zat terlarut. Koefisien permeabilitas dihitung dari kemiringan (*slope*) grafik fluks terhadap tekanan yang berupa garis lurus (*linier*) sesuai dengan persamaan 2.

$$J = L_p \cdot \Delta P \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dalam hal ini, *L_p* merupakan koefisien permeabilitas dan ΔP adalah perubahan tekanan.

METODE PENELITIAN

1. Pembuatan membran hibrid

Membran hibrid yang dibuat 2 (dua) jenis yaitu yang menggunakan lempung 18% dan 9%. Membran 1 diberi simbol MA dibuat dengan cara : melarutkan 18% polisulfon dalam 64% dimetil formamida (DMAc), 9% lempung, dan 9% polietilen glikol.(PEG). Membran 2 diberi simbol MB juga menggunakan polisulfon dan DMAc dalam persentase sama tetapi lempungnya 18%. Proses pelarutan dilakukan pada temperatur kamar selama 15 jam menggunakan pengaduk magnetik sampai larutan homogen. Larutan ini, disebut larutan tuang polimer.

Larutan tuang polimer didiamkan selama 3 jam untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap di dalam larutan sebelum dilakukan pencetakan (Tweddle *et al.*, 1994). Larutan tuang polimer selanjutnya ditebar di atas plat kaca yang telah diolesi aseton lalu diratakan dengan batang *stainless steel* hingga terbentuk lapisan tipis dan dibiarkan selama 5 menit. Kemudian lapisan tipis pada pelat direndam dalam bak koagulasi yang telah berisi campuran non pelarut 2-propanol-air perbandingan (1:1). Proses koagulasi dilakukan selama 5 menit sehingga membran terkoagulasi.

2. Kompaksi membran

Membran hibrid polisulfon-lempung dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter sesuai sel berpengaduk. Sebelum melakukan kompaksi,

membran terlebih dahulu direndam dalam air selama 24 jam dengan tujuan untuk menghilangkan sisa pelarut dan non pelarut yang masih tertinggal pada pembuatan membran. Membran ditempatkan pada dasar alat membran sel. Selanjutnya sebanyak 200 mL air dimasukkan ke dalam sel dan sel membran ditutup. Membran dikompaksi pada tekanan 2 bar, selama 2 jam untuk mendapatkan kondisi stabil. Membran yang telah dikompaksi digunakan untuk pengukuran permeabilitas,

3. Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan pada air dan larutan dekstran dengan berat molekul 8.5-11.5 kDa, 35-45 kDa dan 400-500 kDa. Membran yang telah dikompaksi ditempatkan pada dasar membran sel. Pengukuran permeabilitas dilakukan dengan cara memasukkan 200 mL akuades ke dalam sel dan sel membran ditutup.

Pengambilan data dilakukan setelah waktu pengukuran 10–15 menit, dimulai saat tetesan air pertama keluar melewati membran. Air yang melewati membran ditampung dengan gelas ukur hingga volume 5 mL. Pengukuran dilakukan pada tekanan 3,5 ; 3,0; 2,5; 2,0; 1,5 dan 1,0 bar. Waktu yang dibutuhkan air untuk melewati membran dari tetes pertama hingga mencapai volume 5 mL dari masing-masing tekanan dicatat sebagai waktu alir.

Kecepatan alir air yang melewati membran dinyatakan sebagai fluks air (Persamaan 1). Koefisien permeabilitas air ditentukan dari kemiringan (*slope*) kurva fluks air terhadap tekanan sesuai dengan persamaan regresinya (Persamaan 2). Permeabilitas dekstran pada semua berat molekulnya juga dilakukan dengan cara yang sama seperti penentuan kecepatan alir dekstran.

4. Analisis Statistik

Untuk menentukan signifikansi perbedaan rata-rata permeabilitas air dan dekstran pada membran hibrid MA dan MB data dianalisis secara statistik menggunakan uji t. Dalam uji t, untuk membedakan nilai rata-rata dari 2 populasi data, perlu dihitung standar deviasi menggunakan persamaan 3 dan jumlah kuadrat dihitung dengan persamaan 4 (Nazir, 2003).

$$S_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{SS_1 + SS_2}{n_1 + n_2 - 2}} \times \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \dots\dots (3)$$

$$SS = \sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n} \dots\dots\dots (4)$$

Dalam hal ini, SS_1 = Jumlah kuadrat dari sampel 1, S_2 = Jumlah kuadrat dari sampel 2, n_1 dan n_2 = Jumlah sampel 1 dan 2, $S_{x_1-x_2}$ = Standar deviasi dari beda, Xi = Pengamatan variabel ke-i. Hipotesis pengujian perbandingan nilai tengah populasi dari 2 perlakuan yang berbeda dinyatakan sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Nilai statistik uji t dihitung dengan persamaan 5

$$t = \frac{X_1 - X_2}{S_{x_1-x_2}} \dots\dots\dots (5)$$

Kriteria pengujian hipotesis

Terima H_0 jika $t_{hit} \leq t_{tab}$, $df = n_1 + n_2 - 2$

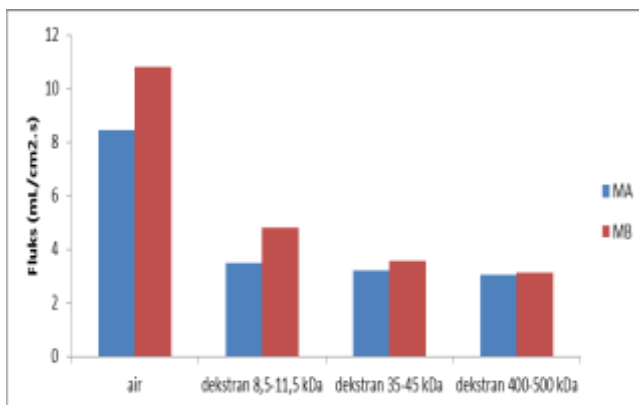
Tolak H_0 jika $t_{hit} > t_{tab}$, $df = n_1 + n_2 - 2$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Permeabilitas

Karakterisasi permeabilitas air dan larutan dekstran membran hibrid MA dan MB dilakukan menggunakan sel filtrasi berpengaduk. Kondisi operasional dilakukan pada temperatur 25 ± 2 °C dan tekanan 1-3,5 bar. Hasil pengukurannya dicantumkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan bahwa fluks air pada kedua membran lebih tinggi dibandingkan fluks dekstran. Hal ini disebabkan nilai fluks berbanding terbalik dengan ukuran molekul yang akan dipisahkan. Air mempunyai ukuran molekul lebih kecil dibandingkan dekstran, akibatnya pada tekanan operasi yang sama, maka fluks air > fluks dekstran, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



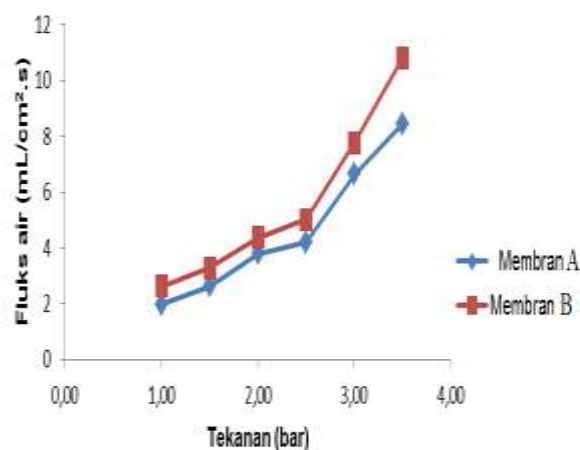
Gambar 1 Perbandingan Fluks Air dan Dekstran pada Membran MA dan MB tekanan 3,5 bar

Demikian juga halnya pada dekstran. Dekstran dengan BM rendah mempunyai fluks yang tinggi, sebaliknya dekstran dengan BM tinggi mempunyai nilai fluks rendah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil ini sesuai dengan Mulder (1996), yang menyatakan fluks aliran membran dipengaruhi ukuran molekul yang dipisahkan. Ahmad (2005) juga melaporkan bahwa pada pH yang sama fluks air lebih tinggi dibandingkan fluks dekstran dan dekstran dengan BM kecil mempunyai nilai fluks yang besar.

Meskipun demikian, pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa ada beberapa tekanan (1, 2 dan 3 bar) pada membran hibrid MA, fluks dekstran BM besar (400-500 kDa) lebih tinggi dibandingkan dekstran BM kecil. Kondisi ini disebabkan dekstran merupakan fluida Newtonian yang tegangan gesernya berbanding lurus secara linier dengan gradien kecepatan pada arah tegak lurus bidang geser. Pemberian tekanan pada membran filtrasi akan meningkatkan kecepatan aliran fluida karena bertambah besarnya ukuran pori membran dan dorongan pada molekul dekstran untuk melewati pori membran. Dekstran dengan BM besar akan mempunyai gaya tekan yang besar pada membran hibrid MA yang bersifat elastis, akibatnya dekstran BM besar mempunyai fluks dekstran tinggi. Selain itu, bentuk molekul dekstran yang dinamis dan kemungkinan berubah bentuk agar sesuai dan bisa melewati pori membran terutama akibat laju alir yang tinggi pada saat dekstran akan masuk ke pori membran.

Tekanan operasi yang digunakan pada pemisahan menggunakan membran sebanding dengan fluks

yang dihasilkan (Mulder, 1996). Pada jenis membran yang sama dalam penelitian ini, tekanan operasi 3,5 bar mempunyai fluks air dan dekstran paling tinggi dibandingkan tekanan lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Kondisi ini disebabkan, semakin besar tekanan, maka ukuran pori membran akan bertambah besar. Hasil ini senada dengan Thurmer *et al.*, (2012), yang melaporkan bahwa peningkatan tekanan seiring dengan peningkatan fluks air pada membran PVDF A dan B.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Tekanan terhadap Fluks Air pada Membran Hibrid MA dan MB

Menurut Mulder (1996), kecepatan pemisahan menggunakan membran juga dipengaruhi ukuran pori membran. Membran dengan ukuran pori besar akan menghasilkan nilai fluks yang besar. Namun membran dengan ukuran pori kecil tetapi jumlah pori lebih banyak juga akan menghasilkan nilai fluks yang besar, akibatnya meskipun nilai fluks air antara membran hibrid MA dan MB berbeda tetapi perbedaannya tidak signifikan.

Hasil analisis ini, juga didasarkan pada pengujian statistik perbedaan rata-rata nilai fluks air kedua membran menggunakan uji t (persamaan 3) dengan pengujian hipotesis H_0 diterima, jika nilai $t_{hit} \leq t_{tab}$ dan H_0 ditolak, jika $t_{hit} > t_{tab}$, dengan kriteria, $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = 0$ dan $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$. Dari hasil perhitungan perbedaan nilai fluks air kedua membran diperoleh, nilai $t_{hitung} = 1,465 < t_{Tabel 0,05 (2)} = 2,132$, yang berarti hipotesis H_0 diterima. Hal ini menunjukkan, nilai fluks air kedua membran tidak berbeda signifikan. Kondisi ini

menyebabkan koefisien permeabilitas air kedua membran menjadi bernilai sama yaitu, $3 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$. Koefisien permeabilitas dekstran

juga menunjukkan nilai yang berkisar sama yaitu $0,9 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$.

Tabel 1 Permeabilitas Air, Dekstran pada Membran Hibrid MA dan MB

Kode Membran	Tekanan bar	Air		Dekstran					
				8,5-11,5kDa		35-45kDa		400-500 kDa	
		J	Lp	J	Lp	J	Lp	J	Lp
MA	1,00	1,991		1,460		1,062		1,072	
	1,50	2,628		1,290		1,182		1,109	
	2,00	3,801	3,00	2,141	1,00	1,537	1,0	1,938	0,90
	2,50	4,197		-		-		-	
	3,00	6,653		2,821		2,434		2,697	
	8,448	3,504		3,224		3,038		3,50	
MB	1,00	2,639		1,300		1,106		1,032	
	1,50	3,287		1,491		1,294		1,136	
	2,00	4,376	3,00	2,517	1,00	1,395	0,90	1,304	0,90
	2,50	5,029		-		-		-	
	3,00	7,778		3,623		3,214		2,836	
	3,50	10,82		4,819		3,559		3,119	

J = Fluks Air dan Dekstran, $\times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s}$

Lp = Koefisien Permeabilitas, $\times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$

KESIMPULAN

1. Fluks air membran hibrid MA yang menggunakan silika lebih rendah adalah sebesar $3,795 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s}$, sedangkan membran hibrid MB (silika lebih banyak) $5,654 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s}$
2. Fluks dekstran membran hibrid MA yang menggunakan silika lebih rendah adalah sebesar $1,166 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s}$, sedangkan membran hibrid MB (silika lebih banyak) $1,874 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s}$
3. Koefisien permeabilitas air dan dekstran membran hibrid MA dan MB tidak berbeda signifikan.
4. Koefisien permeabilitas air membran hibrid MA dan MB bernilai sama yaitu, $3 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$. Koefisien permeabilitas dekstran juga bernilai sama yaitu $0,9 \times 10^{-5} \text{ mL/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{bar}$.

DAFTAR ACUAN

- Anadao, P, Sato, L.F. Wiebeck, H & Diaz, F.R.V., 2010, Montmorillonite as Component of polysulfone Nanocomposite Membranes, *Applied Clay Science* 48: 127–132.
- Medeiros, K.M. Sara, V.O. Elaine, P.A. Edcleide, M.A & Hélio, L.L., 2012, Study of Polyimide 66/ Bentonite Clay Hibride Membranes Obtained by Solution, *Materials Science Forum* : 727-728.
- Mohammad W.A & Khadum A.H., 2006, Pengaruh Kandungan Silika terhadap Sifat Termal Membran Hibrid (Poli Metil Metakrilat)/ SiO_2 , *Prosiding Seminar Himpunan Kimia Indonesia* 12 September 2006, Pekanbaru.
- Mulder, M., 1996, *Basic Principles of Membrane Technology*. Second edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht..
- Nadarlis., 2012, Identifikasi dan Karakterisasi Lempung Alam Desa

- Palas Kecamatan Tampan dan Desa Talanai Teratak Buluh Kecamatan Siak Hulu, *Skripsi Jurusan Kimia FMIPA UR*, Pekanbaru.
- Nazir, M., 2003, *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta
- Thürmer, M.B. Patrícia, P. Marcos, M. Jocelei, D & Mara, Z., 2012, Effect of Non Solvents Used In The Coagulation Bath on Morphology of PVDF Membranes, *Materials Research* 15 (6): 1-15.
- Tweddle, T.A. Striez C.N & Kutowy O.,1994, *Laboratory Workshop, Membrane Fabrication and Membrane Testing*, CIDA Course, Canada
- Zaiyar,2014, Pengaruh Zat aditif pada Membran Hibrid Polisulfon-lempung, *Jurnal Photon*, 4(2) : 33-38