

Pemurnian Isopropanol Menggunakan Membran Alginat

Febrianto A.N.

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Jenderal Achmad Yani
adinugroho2@yahoo.com

Abstrak. Pemurnian Isopropanol agar mencapai kadar lebih dari 85% umumnya dilakukan dengan distilasi bertingkat yang membutuhkan banyak energi dan biaya. Untuk menghemat biaya, pemurnian Isopropanol dapat dilakukan dengan teknik pervaporasi menggunakan membran. Pada penelitian ini dilakukan teknik pervaporasi menggunakan bahan-bahan utama yaitu : Na-Alginat dengan variasi konsentrasi 4% dan 7%.; larutan CuSO_4 dan CaCl_2 (0.1 M, 0.5 M, 1M) sebagai *crosslinker*. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi alginat paling optimum untuk pemisahan membran adalah Na-alginat 7%, sedangkan konsentrasi *crosslinker* optimum adalah 1M CuSO_4 ($\alpha = 147$ dan $\text{DOS} = 4,72$) bagi Na-alginat 7%, dan 0.5M CaCl_2 ($\alpha = 97$ dan $\text{DOS} = 36,90$) bagi konsentrasi alginat 4%. Kondisi operasi dehidrasi isopropanol optimum dicapai pada suhu 50°C dengan konsentrasi umpan 75%.

Kata kunci : *Pervaporasi, membran, alginat, dan isopropanol*

1 Pendahuluan

Isopropanol adalah larutan alkohol yang memiliki banyak kegunaan, diantaranya sebagai : pembersih pada industri semi-konduktor, pelarut/solven, bahan baku utama pembuatan karet sintesis, zat anti beku. Isopropanol hanya dijual bebas dengan kemurnian 85%. Guna memperoleh Isopropanol dengan kemurnian lebih dari 85% diperlukan proses distilasi bertingkat yang membutuhkan banyak energi dan biaya. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pemurnian Isopropanol dapat dilakukan dengan teknik pervaporasi menggunakan membran. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan, hemat energi, ramah lingkungan, serta mudah dalam pengoperasiannya.

Penelitian ini dirancang untuk menghasilkan membran sel dan menentukan komposisi Na-Alginat untuk menghasilkan membran filter yang optimal, dan menentukan jenis *crosslinker* yang paling baik untuk proses pervaporasi serta menentukan konsentrasi umpan dan temperatur operasi yang paling baik pada proses dehidrasi air dari isopropanol.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Membran

Definisi membran secara umum adalah sebuah serat yang selektif di antara 2 fasa. Membran dapat dikelompokkan menjadi :

- Membran permeabel : membran yang dapat ditembus partikel pelarut dan zat terlarut.
- Membran semipermeabel : membran yang dapat ditembus (permeabel) oleh beberapa zat tapi tidak dapat ditembus (impermeabel) oleh zat lain.
- Membran tak permeabel : membran yang meloloskan partikel kecil (misal molekul air dan ion-ion kecil) tapi kedap terhadap partikel besar seperti makromolekul.

Pemurnian Isopropanol Menggunakan Membran Alginat

Beberapa proses pemisahan menggunakan membran antara lain:

A Hiperfiltrasi (*Reverse Osmosis*) dan Nanofiltrasi

Reverse Osmosis digunakan untuk memisahkan molekul yang memiliki berat molekul kecil seperti garam-garam anorganik atau molekul-molekul organik kecil. Bahan pembuatan membran pada R.O umumnya berasal dari selulosa triasetat, poliamida aromatik dan polieter urea. Penggunaan membran ini antara lain untuk desalinasi air laut, pengolahan air ultra murni dan lain-lain.

Reverse osmosis (R.O) dan nanofiltrasi menggunakan membran selektif untuk pemisahan ion terlarut. Perbedaan keduanya terletak pada ukuran porinya. Membran R.O mampu menahan ion dengan ukuran 0.0001 – 0.001 mikron, sedangkan membran Nanofiltrasi (NF) mampu menahan ion dengan ukuran 0.0005 – 0,001 mikron.

B Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi adalah proses pemisahan menggunakan membran untuk menahan molekul-molekul berukuran makro. Ultrafiltrasi biasanya digunakan untuk menghasilkan produk samping (*whey*) dari industri pembuatan keju. Proses ini dapat meloloskan air, laktosa, pigmen, koloid dan garam mengalir bersama permeat.

C Pemisahan Gas

Pemisahan gas merupakan proses pemisahan gas dari gas lain dengan menggunakan membran yang disusun secara *spiral wound* atau *hollow fibre* yang bekerja karena adanya kelarutan dan difusi masing-masing gas dan perbedaan tekanan antar membran.

D Pervaporasi

Pervaporasi adalah proses pemisahan dimana pada campuran larutan yang akan dipisahkan terjadi kontak dengan membran.

E Mikrofiltrasi (MF)

Mikrofiltrasi adalah proses pemisahan partikel dari cairan atau gas. Partikel yang dipisahkan berupa serat halus dengan ukuran > 0.1 mm dengan ketebalan 10 – 150 mm. Berdasarkan konsentrasi partikel yang akan dipisahkan, mikrofiltrasi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- *Dead-end filtration*, digunakan untuk konsentrasi partikel yang rendah seperti pada industri farmasi dan minuman.
- *Cross-flow filtration*, digunakan untuk konsentrasi partikel yang lebih tinggi seperti pada pemisahan emulsi dari limbah industri.

F Elektrodialisis

Elektrodialisis adalah proses pemisahan dengan menggunakan membran selektif dimana ion-ion terlarut dipisahkan dari air dengan cara pertukaran ion (*ion exchange*)

2.2 Pemisahan menggunakan teknik pervaporasi

Pervaporasi adalah proses pemisahan yang dilakukan dengan menggunakan membran untuk memisahkan satu komponen dari campurannya. Pada proses pervaporasi (Gambar 1), campuran suatu cairan yang akan dipisahkan berada pada satu sisi membran (*up stream side*) dan permeat dikeluarkan di sisi yang lain (*downstream side*) sebagai uap bertekanan rendah. Berdasarkan model difusi-larutan, pervaporasi terbagi kedalam 3 tahap yaitu:

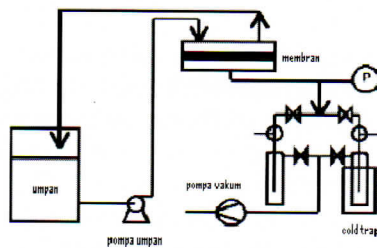
1. *Sorption* atau penyerapan permeat dari larutan campuran pada membran (*up stream*)
2. Difusi permeat melalui membran
3. *Desorption permeat* kedalam fasa uap (*downstream*)

Aliran permeat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dikeluarkan dengan cara vakum atau *sweeping gas*¹.

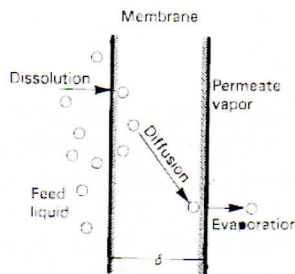
Aspek lain yang menonjol dari pervaporasi ini adalah selektifitas yang sangat tinggi sehingga sangat cocok diaplikasikan pada proses pemisahan campuran azeotropik, isomer serta campuran pelarut senyawa organik^{1,3}.

Kriteria membran yang digunakan untuk pemisahan pada proses pervaporasi pada kenyataannya memiliki kesamaan dengan membran yang digunakan pada pemisahan gas, yaitu:

- Struktur terbuka untuk meminimasi gangguan pada saat perpindahan uap dan mencegah penyerapan saat kondensasi.
- Porositas permukaan tinggi dengan distribusi ukuran pori yang kecil.



Gambar 1 Skema peralatan pervaporasi skala laboratorium



Gambar 2 Mekanisme permeasi cairan melalui suatu membran (δ = ketebalan membran)

2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan membran

Sejumlah faktor yang perlu diperhatikan saat melakukan proses pemisahan menggunakan teknik pervaporasi diantaranya adalah :

A Komposisi umpan dan konsentrasi

Perubahan pada komposisi umpan secara langsung dapat mengakibatkan fenomena penyerapan

degree of swelling (derajat pengembangan) pada permukaan membran cair. Secara langsung *degree of swelling* mempengaruhi nilai selektifitas dan fluks dari membran dimana semakin besar *degree of swelling* suatu membran maka fluks akan semakin besar tetapi selektifitas akan menurun dan sebaliknya jika *degree of swelling* dari membran kecil maka fluks akan kecil namun selektifitas dari membran akan bertambah tinggi¹. Perhitungan *degree of swelling* sebagai berikut :

$$\text{Degree of swelling (\%)} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

W_w : *weight wet* (berat basah), kg

W_d : *weight dry* (berat kering), kg

B Tekanan umpan dan tekanan permeat

Tekanan permeat berhubungan erat dengan aktivitas komponen di aliran bawah membran dan akan berpengaruh pada karakteristik pervaporasi itu sendiri.

C Temperatur

Selektivitas sangat tergantung pada temperatur operasi. Pada kebanyakan kasus, pengurangan sejumlah kecil selektivitas suatu membran diamati seimbang dengan peningkatan temperatur. Rumus perhitungan *separation factor* (faktor pemisah) :

$$\alpha = \frac{Y_w - Y_s}{X_w - X_s} \quad (2)$$

Dengan:

α : Faktor pemisah (*separation factor*)

Y_w : Konsentrasi air dalam permeat

Y_s : Konsentrasi alkohol dalam permeat

X_w : Konsentrasi air dalam umpan

X_s : Konsentrasi alkohol dalam umpan

2.4 Modifikasi yang dilakukan pada polimer untuk meningkatkan kualitas pemisahan

A Ikatan silang (*crosslinking*)

Dalam teknologi membran, *crosslinking* bertujuan untuk membuat polimer menjadi tak larut terhadap campuran umpan, dan untuk mengurangi derajat pengembangan (*degree of swelling*) dari polimer agar menghasilkan selektifitas yang baik. *Crosslinking* dapat dilakukan dengan 3 cara, antara lain :

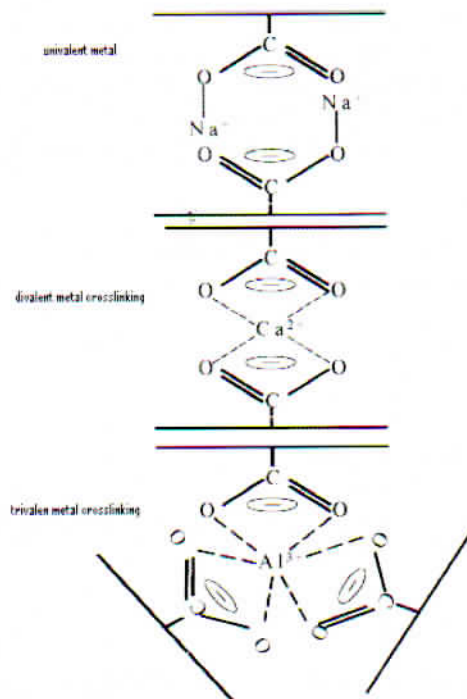
- Reaksi kimia
- Iradiasi
- Fisik

B Grafting

Grafting dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan reaksi kimia dan iradiasi.

C Blending

Pada dasarnya, blending merupakan teknik ideal dalam menciptakan sifat hidrofilik pada membran hidrofobik. Namun kelemahan dari modifikasi ini adalah kurang memberikan ketahanan mekanik pada membran yang sangat tipis.



Gambar 3 Struktur molekul alginat hasil dari crosslinking dengan reaksi kimia

D Kopolimerisasi

Aspek utama yang terjadi pada kopolimerisasi adalah dapat terjadi derajat pengkristalan (*degree of crystallinity*).

3 Metode Penelitian

A Variabel penelitian

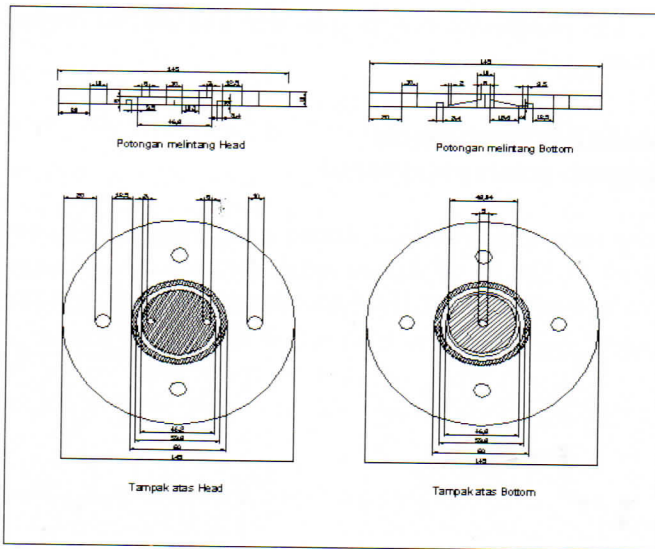
Agar dapat ditentukan konsentrasi Na-Alginat dan *crosslinker* yang optimal, pada penelitian ini divariasikan : konsentrasi Na-alginat (4% dan 7%) serta CuSO₄ dan CaCl₂ (0.1 M, 0.5 M, 1M) sebagai *crosslinker*.

B Perancangan alat

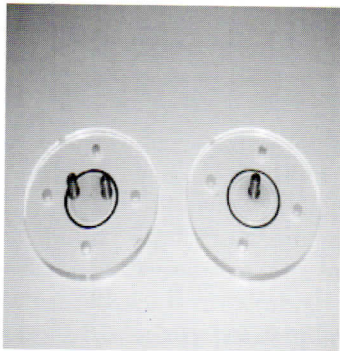
Pembuatan peralatan proses pervaporasi dilakukan sesuai dengan gambar rancangan yang telah dibuat peralatan lainnya yang diperlukan untuk proses pervaporasi antara lain : pompa umpan, pompa vakum, cold trap, pemanas, labu leher empat, thermometer.

C Pembentukan membran

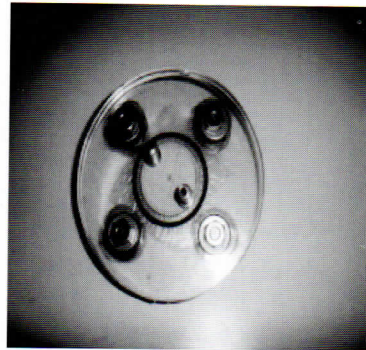
Pembentukan membran mengacu pada prosedur yang telah di dilakukan oleh R.Y.M Huang ,dkk dengan memodifikasi konsentrasi larutan alginat, dan jenis serta konsentrasi crosslinker yang dipakai. Prosedur ini terbagi dua tahap yaitu tahap casting untuk membran Na-Alginat, dimana pada tahap ini membran yang terbentuk bersifat hidrofilik (larut) ketika berkontak dengan air , dan tahap modifikasi membran dimana membran direaksikan dengan larutan crosslinker CaCl₂ dan CuSO₄ agar membran tidak larut dalam air tanpa kehilangan sifat hidrofiliknya.



Gambar 4 Rancangan Membran Sel



(a)



(b)

Gambar 5 Membran sel : (a) Penampang membran sel Head (kiri), bottom (kanan) (b) setelah di pasang membran

Secara detail pembuatan membran alginat dilakukan sebagai berikut :

1. Casting

- Membuat larutan Na-Alginat 4% dan 7% dan mengukur viskositasnya
- Menuangkan larutan ke atas permukaan kaca dengan ketebalan 0.2 mm dan mengusahkan permukaannya rata
- Mengeringkan pada temperatur ruang selama 24 jam

2. Modifikasi Membran

- Melakukan crosslinking dengan merendam masing-masing membran dalam larutan crosslinker CuSO_4 0.1M, 0.5, 1M dan CaCl_2 0.1M, 0.5, 1M selama 10 menit
- Membilas dengan aquades
- Mengeringkan pada temperatur ruang selama 20 menit

D. Pengujian dan pengambilan data

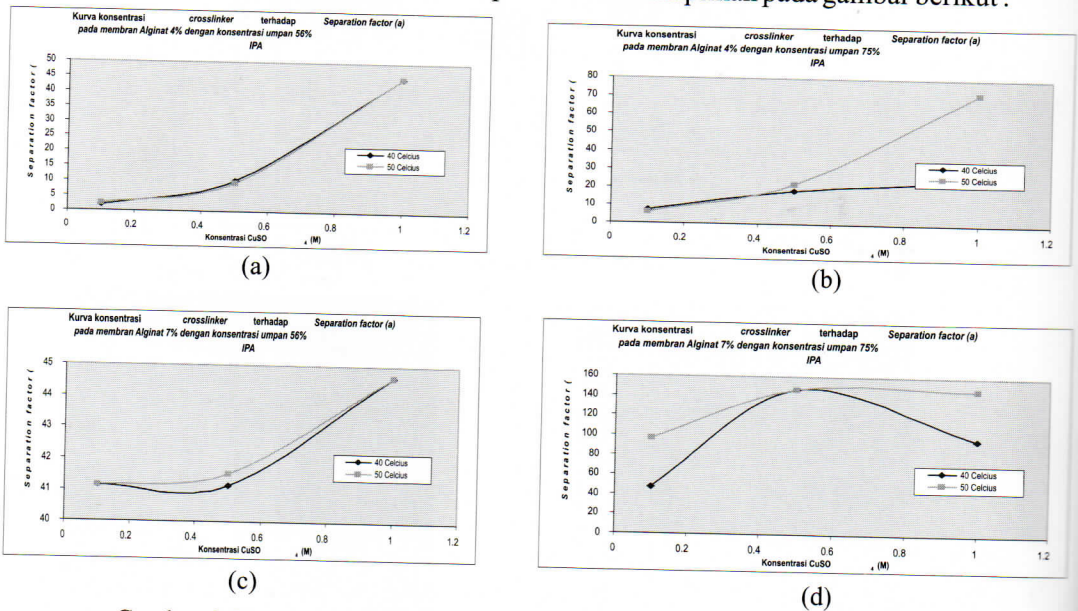
Pengujian membran dilakukan menggunakan rancangan alat yang dibuat. Sebagai data awal diukur nilai viskositas dan degree of swelling dari tiap jenis membran. Dari pengujian dengan alat

pervaporasi dilakukan pengambilan data suhu dan konsentrasi umpan terhadap fluks dan selektifitas membran.

4. Hasil Percobaan dan Pembahasan

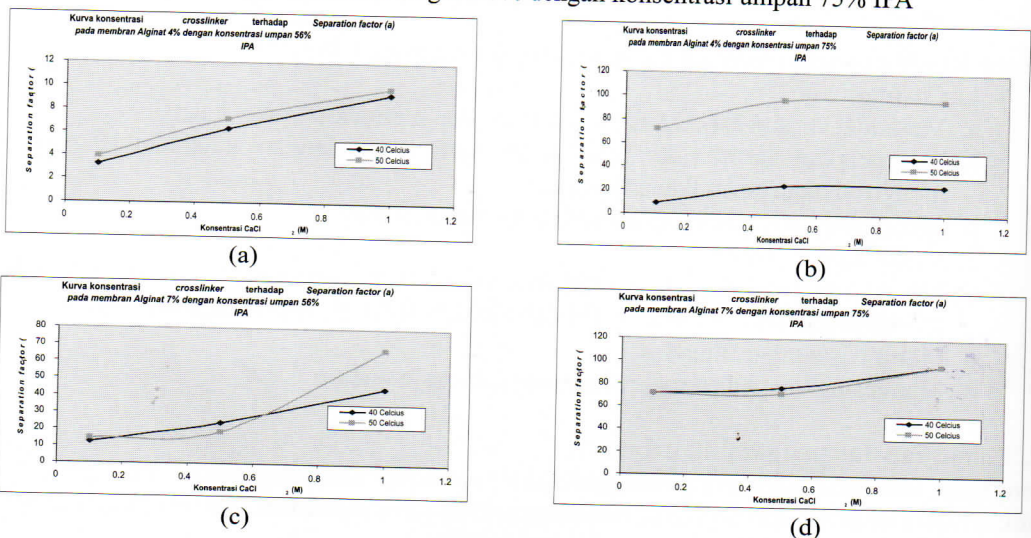
A. Pengaruh suhu pada proses pervaporasi

Pada pengujian tiap membran dilakukan variasi suhu umpan. Suhu umpan yang digunakan adalah 40°C dan 50 °C. Hal ini dilakukan untuk menentukan suhu umpan yang baik untuk digunakan dalam proses pervaporasi. Hasil percobaan ditampilkan pada gambar berikut :



Gambar 6 Kurva konsentrasi CuSO₄ vs separation factor(α)

- (a) Membran Alginat 4% dengan konsentrasi umpan 56% IPA
- (b) Membran Alginat 4% dengan konsentrasi umpan 75% IPA
- (c) Membran Alginat 7% dengan konsentrasi umpan 56% IPA
- (d) Membran Alginat 7% dengan konsentrasi umpan 75% IPA



Gambar 6 Kurva konsentrasi CuCl_2 vs *separation factor* (α)

- (a) Membran Alginat 4% dengan konsentrasi umpan 56% IPA
- (b) Membran Alginat 4% dengan konsentrasi umpan 75% IPA
- (c) Membran Alginat 7% dengan konsentrasi umpan 56% IPA
- (d) Membran Alginat 7% dengan konsentrasi umpan 75% IPA

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu umpan berpengaruh pada nilai selektifitas membran. Hal ini disebabkan bahwa sebelum masuk ke sel membran pada suhu tersebut telah terjadi perubahan fase dari sejumlah kecil isopropanol menjadi uap karena titik didih dari isopropanol lebih rendah dari air. Hal ini terlihat dari adanya refluks yang berasal dari kondensor. Namun hal ini menyebabkan konsentrasi air di tangki umpan akan meningkat sehingga dapat meningkatkan selektifitas dari membran yang dapat dengan mudah untuk menyerap air. Dari hasil pengamatan secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa temperatur umpan yang paling baik adalah pada temperatur 50°C yang ditunjukkan oleh nilai selektifitas sebesar 147

B Pengaruh konsentrasi umpan pada proses pervaporasi

Variasi pada konsentrasi umpan dilakukan untuk konsentrasi 56% dan 75% Isopropanol. Konsentrasi umpan dalam pervaporasi juga berpengaruh pada selektifitas, semakin tinggi konsentrasi umpan maka selektifitas cenderung meningkat. Sebagai *driving force*, semakin banyak jumlah air pada umpan maka selektifitas membran semakin tinggi dan sebaliknya, hal ini berbanding lurus pengaruhnya terhadap fluks.

C Pengaruh konsentrasi crosslinker pada proses pervaporasi

Crosslinker yang digunakan pada proses pervaporasi membentuk ikatan divalen dengan monomer alginat, yaitu Ca^{2+} dan Cu^{2+} yang secara karakteristik berbeda, dimana Ca^{2+} mewakili logam alkali dan Cu^{2+} merupakan logam transisi. Dari pengamatan, membran yang di-crosslinker dengan Ca^{2+} lebih kasar dibandingkan dengan logam yang di crosslinker dengan Cu^{2+} . Konsentrasi dari *crosslinker* juga mempengaruhi sifat fisik membran dimana semakin rendah konsentrasi *crosslinker*, membran semakin mudah bocor dan robek, hal ini berlaku untuk kedua jenis *crosslinker*. Semakin kecil konsentrasi *crosslinker* maka semakin sedikit jumlah ikatan antara alginat dan crosslinker. Secara fisik, membran yang berikatan silang dengan CaCl_2 menyusut saat kering. Lain halnya pada variasi konsentrasi *crosslinker* CuSO_4 yang tidak terlalu berpengaruh pada bentuk fisiknya. Dari hasil pengujian ternyata membran alginat 7% dengan *crosslinker* CuSO_4 memberikan selektifitas yang paling tinggi.

D Pengaruh konsentrasi alginat pada proses pervaporasi

Secara fisik perbedaan konsentrasi alginat dapat dilihat dari ketebalan membran yang terbentuk, dimana membran 4% lebih tipis dan mudah tersobek pada saat akan diangkat dari kaca. Karena terlalu tipis harus berhati-hati pada saat pengangkatan membran dari kaca, namun untuk mengantisipasinya membran dapat diangkat setelah dilakukan *crosslinking*, karena *crosslinking* membuat membran lebih liat dan kuat.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa semakin besar konsentrasi dari Na-Alginat maka nilai *degree of swelling* (DOS) cenderung semakin turun yang disebabkan oleh semakin berkurangnya ketersediaan volume bebas (*free volume*) dalam membran. Dari nilai *degree of swelling* dapat diramalkan bahwa semakin tinggi nilai *degree of swelling* maka fluksnya akan semakin besar disebabkan tingginya difusi air pada membran. Namun semakin tinggi DOS akan menyebabkan turunnya selektifitas membran. Sebaliknya dengan semakin rendah nilai *degree of swelling* akan menyebabkan fluksnya semakin kecil. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian membran yang

menunjukkan selektifitas yang semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi alginat. Nilai selektifitas tertinggi yaitu 147 yang diperoleh pada membran 7% alginat.

5 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Secara keseluruhan hasil rancang bangun alat pervaporasi dapat diimplementasikan menjadi rangkaian peralatan sistem pervaporasi yang beroperasi dengan baik.
2. Pada proses pervaporasi ini, konsentrasi alginat paling optimum untuk pemisahan membran adalah alginat 7% yang terlihat dari nilai selektifitas yang lebih tinggi dan nilai degree of swelling yang lebih rendah dibanding alginat 4 %, dengan konsentrasi crosslinker optimum adalah 1M CuSO₄ ($\alpha = 147$ dan DOS = 4,72) dan 0.5M CaCl₂ pada konsentrasi alginat 4% ($\alpha = 97$ dan DOS = 36,90).
3. Kondisi operasi dehidrasi isopropanol paling optimum dicapai pada suhu 50 oC dengan konsentrasi umpan 75%.

Daftar Pustaka

1. Murdel, Marcel. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publishers: London, 1991
2. Perry, Robert H and Don W. Green. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. The McGraw Hill Companies, Inc: USA, 1999
3. Huang, R.Y.M, et all. *Characteristics of Sodium Alginate Membranes for the Pervaporation Dehydration of Ethanol-Water and Isopropanol-Water Mixtures*. *Jurnal of Membran Science*: Canada, 1999
4. Bruschke, Harmut. *Industrial application of membrane separation processes*. Great Britain: IUPAC 1995
5. Lai, Juin-Yih, et all. *Dehydration of isopropanol and tetrafluoropropanol by pervaporation with chitosan-nanoparticle composite membranes*
6. P. Kusumacahyo, Samuel and Sudoh Masao. *Purification of organic acid by pervaporation membrane separation process*, Department of Materials Science and Chemical Engineering, Shizuoka University, Japan
7. Mohd, Ghazali Hj, Mohd Nawaw, L.E Ngoc Tram. *Jurnal Teknologi*, 41 (F) Keluaran Khas. Dis.2004:61-72, Universiti Teknologi Malaysia