



**MEMBRAN ULTRAFILTRASI POLISULFON: MODIFIKASI
DENGAN TEKNIK INVERSI FASE DAN KAJIANNYA
TERHADAP FOULING PROTEIN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Yhuli A. P. Irfan
NIM. 001810301104**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2008

PERSEMBAHAN

Sebagai rasa terimakasih yang tak terhingga, karya ini aku persembahkan untuk:

- 📖 **Allah SWT** yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, serta ridhonya kepadaku, dan **Nabi Muhammad SAW** atas bimbingannya sebagai pedoman hidupku di dunia dan di akhirat,
- 📖 **Ayah dan Bundaku** tercinta yang selalu mendoakan serta memberi restunya kepadaku dan berjuang dengan segala pengorbanan baik moral maupun spiritual untuk merawat dan mendidikku sejak aku diberi kehidupan,
- 📖 **Kedua dosen pembimbingku: Dwi Indarti, S.Si., M.Si dan Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.**, terimakasih atas bimbingannya selama ini.
- 📖 **Guru-guruku** di Toili – Banggai yang senantiasa memberikan ilmu sebagai bekal dalam menghadapi kehidupan,
- 📖 **Para mentorku:** Anthony Robbins, Robert T. Kiyosaki, David J. Schwartz, Dale Carnegie, Jack Canfield, Mark Victor Hansen, Brian Tracy, Billi P. S. Lim, Tung Desem Waringin, Adam Khoo, Rudy M. Daeng, Mas Jenik & Tofan. Motivasi dan nasihat kalian turut andil dalam memberikan dorongan dan semangat agar tetap optimis dalam menghadapi dan mempersiapkan masa depanku,
- 📖 **Adikku tersayang Nella Romina Prasetyo Irfan.**
- 📖 **Sahabat-sahabatku:** Iwan, Helmi, Any, Arif, Feri, Putu, Encik, Junaida, Rina, Dina, Dian, Dofier, Irfanfu, Yatie, Watini, Harti, dan seluruh mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang tidak bisa aku sebutkan di sini. Terima kasih atas persahabatan kalian selama ini,
- 📖 **Almamaterku tercinta** serta seluruh keluarga besar **Kimia FMIPA UNEJ** yang memberikan fasilitas dan kebersamaan selama aku belajar hingga bis aku raih gelar sarjana,
- 📖 **Tanah Airku tercinta Indonesia**, nantikan aku untuk memberimu kontribusi yang berarti demi kemajuanmu.

MOTTO

Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada dalam diri mereka sendiri (*QS. Ar Ra'du: 11*)

Seseorang yang kehilangan kekayaan, dia kehilangan banyak hal; seseorang yang kehilangan sahabat, dia kehilangan lebih banyak lagi; tapi seseorang yang telah kehilangan semangat, dia telah kehilangan segalanya (*Spain Proverb*)

Orang yang meyakini seluruh mimpi-mimpinya, maka alam semesta akan membantunya dalam mewujudkan mimpi-mimpinya menjadi kenyataan (*Paulo Coelho - The Alchemist*)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yhuli A. P. Irfan

NIM : 001810301104

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: *Membran Ultrafiltrasi Polisulfon: Modifikasi dengan Teknik Inversi Fase dan Kajiannya Terhadap Fouling Protein* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 09 Januari 2008

Yang menyatakan,

Yhuli A. P. Irfan
NIM. 001810301104

SKRIPSI

**MEMBRAN ULTRAFILTRASI POLISULFON: MODIFIKASI
DENGAN TEKNIK INVERSI FASE DAN KAJIANNYA
TERHADAP FOULING PROTEIN**

Oleh

Yhuli A. P. Irfan
NIM. 001810301104

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama: Dwi Indarti, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota: Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dwi Indarti, S.Si., M.Si.
NIP. 132 257 934

Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.
NIP. 132 056 180

Anggota I,

Anggota II,

Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP. 132 026 031

Agung B. Santoso, S.Si., M.Si.
NIP. 132 207 812

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.
NIP. 131 592 357

ABSTRACT

Modification of Ultrafiltration Membranes of Polysulfone by Phase Inversion Technique and Its Studies to Protein Fouling, Yhuli A. P. Irfan, 001810301104, Paper, November 2007, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Jember.

Modification of ultrafiltration membranes of polysulfone in polysulfone/N,N-dimethylacetamide/water ternary system by phase inversion technique and its studies to protein fouling has been done. Polymeric membranes modified by addition of additive and variation of evaporation time. The membranes were prepared from dope solutions containing polysulfone (PSf) 35 kD as polymer, N,N-dimethylacetamide (DMAc) as solvent, and poly(ethylene glycol) (PEG) as additive. There were two compositions of dope solutions; PSf 18 % + DMAc 82% + non PEG (PSf A) and PSf 18 % + DMAc 72% + PEG 10% (PSf B). Dope solutions were cast in different evaporation times (0, 0.5, and 1 minute) before immersion into the pure water coagulation bath. Then membranes were characterized their physical properties (densities, swelling degree, and mechanical force), membrane performance, and protein fouling. The result that revealed the increase of evaporation time and PEG addition increased densities, swelling degree, and mechanical force of polysulfone membranes. Meanwhile membrane performance decreases significantly with the increase of evaporation time, but membrane performance increase with addition of PEG. Fouling characterization by BSA caused irreversible protein adsorption and aggregation fouling.

Keyword: Ultrafiltration membrane, polysulfone, phase inversion technique, PEG400 additive, evaporation time, physical properties and membrane performance, protein fouling.

RINGKASAN

Membran Ultrafiltrasi Polisulfon: Modifikasi dengan Teknik Inversi Fase dan Kajiannya Terhadap Fouling Protein; Yhuli A. P. Irfan, 001810301104; 2007: 66 halaman; Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Teknologi membran merupakan salah satu teknologi pemisahan penting yang digunakan dalam proses industri. Pemilihan teknik ini didasarkan pada beberapa keunggulan utama yang dimiliki membran yang tidak dimiliki oleh teknologi pemisahan lain. Keunggulan ini antara lain dalam pemanfaatan energi yang lebih rendah, simplisitas, mudah *discale-up* (peningkatan skala operasi), lebih efisien dan ekonomis, serta ramah lingkungan (Wenten, 2000). Selain itu membran dapat dipergunakan secara luas pada berbagai proses pemisahan. Teknologi ini banyak diterapkan dalam industri proses kimia; tekstil dan kulit; pulp dan kertas; cat; automotif; farmasi; kesehatan dan medis; makanan dan minuman; *dairy* (susu dan produk-produk yang terbuat dari susu); air minum; desalinasi air laut dan payau; metalurgi; pengolahan limbah; semikonduktor; dan bioteknologi (Mulder, 1996).

Salah satu jenis membran adalah membran ultrafiltrasi. Parameter yang menentukan kualitas membran ultrafiltrasi meliputi sifat fisik (densitas, derajat *swelling*) dan kimia material membran; kinerja membran (fluks dan permselektivitas); dan fouling. Membran yang berkualitas baik diharapkan memiliki sifat fisik seperti densitas yang tidak berbeda jauh dengan densitas material asal, derajat *swelling* rendah; resistansi kimia, resistansi termal, kekuatan mekanik, fluks, dan permselektivitas yang tinggi; serta fouling yang rendah (Ho & Sirkar, 1992). Kualitas membran juga dipengaruhi oleh komposisi polimer-pelarut-aditif dan waktu penguapan larutan *dope* (formulasi pembuatan membran) (Kaiser & Stroptonik, 2000). Tujuan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh penambahan aditif poli(etilena glikol) (PEG400) dan waktu penguapan terhadap sifat fisik dan kinerja membran ultrafiltrasi polisulfon serta mempelajari fouling protein BSA pada

membran ultrafiltrasi polisulfon. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan material baru sebagai membran pemisah, pemahaman yang lebih baik tentang fouling protein, dan diperoleh membran polisulfon yang memiliki sifat fisik yang bagus dan kinerja yang tinggi.

Penelitian yang dilaksanakan di laboratorium Kimia Fisik ini berlangsung dalam dua tahap. Pada percobaan tahap pertama dilakukan modifikasi membran polisulfon (BM= 35.000 D) pada sistem terner polisulfon/N,N-dimetilasetamida/air dengan teknik inversi fase melalui penambahan aditif poli(etilena glikol) (PEG400) sebanyak 10% dan variasi waktu penguapan (0; 0,5; 1,0) menit kemudian dilakukan karakterisasi membran yang meliputi uji sifat fisik (densitas, derajat swelling, kekuatan mekanik) dan kinerja membran (fluks dan faktor rejeksi). Pengujian fluks membran terdiri atas uji kompaksi larutan etanol 10% dan uji fluks air. Faktor rejeksi membran ditentukan melalui pengujian fluks larutan dekstran. Ada tiga jenis larutan yang dipakai untuk uji rejeksi yaitu larutan dekstran dengan berat molekul 11.200 D; 39.100 D; 100-200 kD dengan konsentrasi masing-masing 1000 ppm. Tekanan operasional yang digunakan untuk uji kompaksi etanol adalah 2 atm; untuk uji fluks air adalah 1; 1,5; 2; 2,5; 3 atm, dan untuk uji faktor rejeksi adalah 3 atm. Pengujian dilakukan pada dua jenis membran yaitu membran polisulfon A (PSf A) dengan komposisi polimer-pelarut-aditif: PSf 18% + DMAc 82% + non PEG (PSf A) dan PSf B dengan komposisi polimer-pelarut-aditif: PSf 18% + DMAc 72% + PEG 10%. Total ada enam membran yang diuji. Didapatkan nilai densitas (g/cm^3) untuk membran PSf A dan PSf B dengan waktu penguapan 0; 0,5; dan 1 menit masing-masing sebesar 0,263; 0,285; 0,3; 0,338; 0,361; 0,385. Nilai derajat *swelling* (%) untuk setiap membran adalah 0,709; 0,649; 0,617; 1,639; 1,538; 1,442. Sedangkan kuat tarik (MPa) masing-masing membran adalah 5,68; 6,43; 7,37; 8,31; 8,56; 8,76. Pada pengujian fluks air untuk membran PSf A (non PEG) tidak diperoleh data fluks, hal ini dikarenakan begitu rapatnya pori membran yang terbentuk sehingga air tidak dapat melewati membran. Pada membran PSf B (dengan aditif) diperoleh data fluks ($\text{L/m}^2\text{jam}$) sebagai berikut: PSf B 0 menit; 3,9624 (1 atm); 4,2569 (1,5 atm); 4,2569

(2 atm); 6,5244 (2,5 atm); 14,5587 (3 atm); PSf B 0, 5 menit: 2,1973 (1 atm); 3,7009 (1,5 atm); 4,852 (2 atm); 5,5959 (2,5 atm); 6,7704 (3 atm); PSf 1 menit; 0,8828 (1 atm); 1,0163 (1,5 atm); 1,1837 (2 atm); 1,5325 (2,5 atm); 1,7608 (3 atm). Pada pengujian fluks ketiga jenis larutan dekstran untuk penentuan koefisien rejeksi hanya diperoleh data pada membran PSf B dengan waktu penguapan 0 menit yaitu: 3,3413 (11.300 D); 2,4299 (39.200 D); dan 0, 6756 (100-200 kD). Diperoleh koefisien rejeksi untuk ketiga jenis dekstran sebesar 82%, 90%, dan 96,3%. Dari data-data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa; 1) membran polisulfon dapat dimodifikasi dengan teknik inversi fase melalui variasi waktu penguapan dan penambahan platisizer PEG400 yang menghasilkan sifat fisik (densitas, kuat tarik, regangan, *swelling*) dan kinerja (kompaksi, fluks, faktor rejeksi/permselektifitas) membran yang berbeda; 2) peningkatan waktu penguapan dan penambahan aditif PEG400 meningkatkan densitas dan derajat swelling membran polisulfon.; 3) peningkatan waktu penguapan menurunkan kinerja membran polisulfon, sedangkan penambahan aditif meningkatkan kinerja membran polisulfon.

Percobaan tahap kedua dilakukan uji fouling protein BSA pada membran polisulfon menggunakan teknik yang dilakukan oleh Jönson & Jönson (1995) dan Kaeselev *et al.*(2001). Uji fouling dilakukan pada membran PSf B dengan waktu penguapan 0 menit. Enam parameter fluks beserta nilainya yang ditentukan pada pengujian fluks BSA yaitu fluks bufer fosfat awal (J_0) = 2,7894 (L/m²jam), fluks BSA akhir (J_1) = 0,7468 (L/m²jam), fluks bufer fosfat akhir (setelah fouling BSA dan pencucian) (J_p) = 0,6968 (L/m²jam), total fluks yang hilang ($J_0 - J_p/J_0$) = 0,7502 (L/m²jam), Fluks-hilang reversibel ($(J_1 - J_p/J_0)$) = 0,0719 (L/m²jam), fluks-hilang ireversibel ($J_0 - J_1/J_0$) = 0,7322 (L/m²jam). Nilai $1 - (J_p/J_0)$ yang tinggi (0,7322 L/m²jam) mengindikasikan terjadinya penurunan fluks yang signifikan (Kaeselev *et al.*, 2001) yang disebabkan oleh protein adsorpsi dan agregasi ireversibel.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Azza wa Jalla atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Membran Ultrafiltrasi Polisulfon: Modifikasi dengan Teknik Inversi Fase dan Kajiannya Terhadap Fouling Protein*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
3. Dwi Indarti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Kedua dosen penguji saya; Tri Mulyono, S.Si., M.Si dan Agung B. Santoso, S.Si., M.Si. yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi sempurnanya skripsi ini.
5. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. atas semua perhatian, dukungan dan bantuannya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
6. Ketua Laboratorium Kimia Fisik beserta staf dan karyawan yang telah memberikan fasilitas baik alat, bahan, tempat, tenaga dan pikiran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan,
7. Teman-teman Tim Membran, serta teman-teman kerja di Laboratorium Kimia Fisik, dan teman-teman seluruh angkatan yang telah memberikan dukungan dan kerjasama yang baik.

Akhirnya tiada lain yang menjadi harapan, kecuali kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dan dapat dilakukan pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 09 Januari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi dan Klasifikasi Membran	5
2.3 Material Membran	8
2.4 Teknik Pembuatan Membran	11
2.5 Preparasi Membran Flat (Datar)	12
2.6 Karakterisasi Membran	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan	32
3.4 Prosedur Penelitian	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Preparasi Membran Ultrafiltrasi Polisulfon	37
4.2 Karakteristik Sifat Fisik Membran Polisulfon	39
4.3 Karakteristik Kinerja Membran Polisulfon	43
4.4 Karakteristik Fouling Membran Polisulfon	48
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 KESIMPULAN	50
5.1 SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sistem dua fase yang dipisahkan oleh membran (Mulder, 1996)	5
Gambar 2 Skema sistem operasi membran	6
Gambar 3 Skema prinsip ultrafiltrasi (Koch, 2001 dalam Piluharto, 2004)	7
Gambar 4 Geometri pori membran: (a) asimetrik, (b) simetrik	7
Gambar 5 Proses pada membran <i>reverse osmosis</i> dan mikro/ultrafiltrasi	8
Gambar 6 Struktur polisulfon (Cheryan, 1986).....	9
Gambar 7 Diagram sistem terner yang menunjukkan mekanisme <i>demixing</i> (Mulder, 1996)	13
Gambar 8 Karakteristik rejeksi dari suatu membran	20
Gambar 9 Skema penurunan fluks oleh fouling (Kaeselev et al., 2001)	28
Gambar 10 Diagram alir kerja penelitian.....	29
Gambar 11 Diagram alir pembuatan dan pengujian membran PSf A	30
Gambar 12 Diagram alir pembuatan dan pengujian membran PSf B.....	31
Gambar 13 Diagram alir uji fouling protein.....	31
Gambar 14 Alat ultrafiltrasi modul flat sistem <i>dead-end</i>	34
Gambar 15 Larutan dope dalam erlemeyer	37
Gambar 16 Unit pencetakan membran.....	38
Gambar 17 Membran Polisulfon komposisi PSf 18% + DMAc 82% + non PEG (PSf A)	38
Gambar 18 Membran Polisulfon komposisi PSf 18% + DMAc 72% + PEG 10% (PSf B)	39
Gambar 19 Kurva densitas membran PSf A dan PSf B	39
Gambar 20 Kurva derajat <i>swelling</i> membran PSf A dan PSf B	41
Gambar 21 Kurva Kuat Tarik Membran PSf A dan B.....	42
Gambar 22 Adsorpsi etanol pada membran polisulfon.....	43
Gambar 23 Adsorpsi gugus hidrokarbon pada membran polisulfon	44
Gambar 24 Kurva uji kompaksi etanol 10% pada membran PSf 18 % +DMAc 72 % +PEG 10 % dengan waktu penguapan 0; 0,5; dan 1 menit.....	45
Gambar 25 Kurva fluks membran PSf B	46
Gambar 26 Kurva berat molekul dekstran dengan koefisien rejeksi membran PSf B (waktu penguapan 0 menit)	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Polisulfon (Johnson, 1968)	9
Tabel 2.2 Titik isolistrik beberapa membran (Wenten, 2000)	24
Tabel 2.3 Titik isolistrik beberapa protein (Wenten, 2000).....	25
Tabel 4.1 Densitas membran PSf non PEG (PSf A) dan PSf dengan PEG (PSf B)..	40
Tabel 4.2 Kuat tarik membran PSf non PEG (PSf A) dan PSf dengan PEG (PSf B)	42
Tabel 4.3 Harga koefisien rejeksi membran PSf 18% + DMAc 72% + PEG 10% (waktu penguapan 0 menit)	47
Tabel 4.4 Nilai fluks pada pengujian fouling BSA.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Densitas & Derajat Swelling Membran PSf 18%.....	53
Lampiran 2 Sifat Mekanik (Kuat Tarik) Membran Polisulfon.....	53
Lampiran 3 Data Fluks Membran dari Eksperimen	54
Lampiran 4 Nilai Fluks Membran dari Penghitungan Data Eksperimen.....	60
Lampiran 5 Rejeksi Membran Polisulfon	61
Lampiran 6 Fluks BSA	66