



***BLENDING POLYMER SELULOSA ASETAT/ POLISULFON
TERHADAP KETAHANAN FOULING
PROTEIN***

PROPOSAL SKRIPSI

Oleh
Dana Iswara Putra
NIM 131810301011

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



***BLENDING POLYMER SELULOSA ASETAT/POLISULFON
TERHADAP KETAHANAN FOULING
PROTEIN***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Dana Iswara Putra
NIM 131810301011

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibunda Atik Qomariah dan Ayahanda Hasan Hasyari yang senantiasa memberikan doa, cinta, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, keikhlasan, bimbingan, didikan, nasehat, teladan, perjuangan dan atas segala yang telah diberikan dengan tulus ikhlas kepada saya hingga saya bisa meraih semua ini;
2. guru-guruku di TK PGRI IV, SDN 1 Lumutan, SMPN 1 Prajekan, SMAN 1 Prajekan serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Tercinta, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

*“Boleh kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui” *)*

(Al-Baqarah: 216)

*“Bekerjalah bagaikan kau tak butuh uang. Mencintailah bagaikan tak pernah disakiti. Dan menarilah bagaikan tak seorang pun sedang menonton” **)*

(Martin Luther King)

“Raih Prestasi Gapai Ridho Ilahi”

(Dana Iswara Putra)

* Departemen Agama Proyek Pengadaan Al-Quran.1975. Al-Quran dan Terjemahannya. Jakarta: PT. Bumi Restu.

** Wisnu, D. 2012. Motto Dan Selogan Orang-Orang Ternama Di Dunia.

<http://economyscience.blogspot.co.id/2012/10/motto-dan-selogan-orang-orang-ternama.html>. [25 Januari 2017].

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Dana Iswara Putra

NIM : 131810301011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Blending Polymer Selulosa Asetat/Polisulfon Terhadap Ketahanan 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 bertanggung jawab 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 4 April 2017

Yang menyatakan,

Dana Iswara Putra
NIM 131810301011

SKRIPSI

***BLENDING POLYMER SELULOSA ASETAT/POLISULFON
TERHADAP KETAHANAN FOULING
PROTEIN***

Oleh
Dana Iswara Putra
NIM 131810301011

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Blending Polymer Selulosa Asetat/Polisulfon Terhadap Ketahanan Fouling Protein*” karya Dana Iswara Putra Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dwi Indarti, S.Si.,M.Si.
NIP. 197409012000032004

Dr. Bambang Piluharto, S.Si.,M.Si.
NIP. 197107031997021001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Donatus Setyawan P.H., S.Si.,M.Si.
NIP. 196808021994021001

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc.,Ph.D.
NIP. 195910091986021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Blending Polymer Selulosa Asetat/Polisulfon Terhadap Ketahanan Fouling Protein; Dana Iswara Putra, 131810301011; 2017: 57 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Membran pada umumnya dibuat menggunakan polimer. Polimer yang umum digunakan dalam membran adalah selulosa asetat (CA) dan polisulfon (PSf). Membran CA merupakan membran yang bersifat hidrofilik dan tahan terhadap adanya *fouling*, namun membran CA memiliki kelemahan yakni sifat mekanik yang rendah. Membran PSf merupakan membran yang bersifat hidrofobik dan memiliki kekuatan mekanik yang baik, namun kelemahan membran PSf adalah rentan terhadap *fouling*. Sifat mekanik yang rendah dari membran CA dan ketahanan *fouling* yang rendah pada membran PSf dapat diperbaiki dengan mencampurkan kedua polimer tersebut atau yang disebut *blending polymer*. Penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan membran *blending polymer* CA/PSf variasi 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan 75:25 menggunakan pelarut DMAc dan aditif PVP. Fluks garam yang dihasilkan pada penelitian tersebut adalah 7,69 L.m⁻².h⁻¹ hingga 9,93 L.m⁻².h⁻¹, sedangkan rejeksi garam yang dihasilkan yakni sebesar 7,54% hingga 20,75%. *Blending polymer* CA/PSf diharapkan akan menghasilkan membran yang memiliki kekuatan mekanik yang baik dan tahan terhadap adanya *fouling*.

Membran *polymer blend* CA/PSf dibuat menggunakan metode inversi fasa. Variasi komposisi CA/PSf pada penelitian ini yakni 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan 75:25, menggunakan pelarut N,N-dimetilasetamida (DMAc) sebanyak 75% dan aditif PEG400 sebanyak 5%. Proses pembentukan membran menggunakan metode pengendapan imersi. Larutan *dope* dicetak pada plat kaca dan dicelupkan dalam ke dalam bak koagulasi yang mengandung non pelarut, sehingga akan terjadi difusi antara pelarut dan non pelarut yang kemudian akan terbentuk membran. Membran *polymer blend* CA/PSf dikarakterisasi sifat hidrofilitas membran menggunakan pengukuran sudut kontak dan kinerja

membran ditentukan menggunakan fluks air dan rejeksi dekstran 70 kDa dan BSA 67 kDa, sedangkan ketahanan *fouling* membran diukur menggunakan besarnya nilai RFR dan tahanan *fouling* membran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi CA/PSf memberikan pengaruh terhadap karakteristik dan kinerja membran. Semakin meningkat jumlah PSf dalam komposisi CA/PSf maka membran memiliki nilai sudut kontak yang semakin besar. Sudut kontak yang besar menunjukkan sifat hidrofilitas membran rendah, sehingga hidrofilitas membran semakin rendah seiring dengan meningkatnya jumlah PSf dalam membran. Besarnya sudut kontak membran CA/PSf kurang dari 90° , sehingga membran CA/PSf termasuk membran yang bersifat hidrofilik. Nilai fluks membran pada variasi CA/PSf yang dihasilkan yakni sebesar 3,8708 L/m².jam sampai 10,462 L/m².jam. Nilai fluks semakin besar saat jumlah PSf dalam membran semakin meningkat. Hal itu dikarenakan pori yang terbentuk dalam membran semakin besar. Ukuran pori yang semakin besar juga dapat ditunjukkan dengan rendahnya % rejeksi membran. Besarnya rejeksi dekstran 70 kDa pada membran yakni sekitar 89,53% sampai 40,24%, sedangkan besarnya rejeksi BSA 67 kDa yakni sebesar 81,68% sampai 36,21%. *Fouling* protein pada membran dilihat dari nilai RFR dan tahanan *fouling*. Nilai RFR yang dihasilkan pada membran *polymer blend* CA/PSf yakni sebesar 9,445% sampai 32,75%, sedangkan besarnya tahanan *fouling* membran yakni sebesar 0,9055 hingga 0,6725. Membran CA/PSf yang tahan terhadap *fouling* akan memiliki nilai RFR yang rendah dan nilai tahanan *fouling* yang tinggi. Semakin sedikit jumlah PSf dalam komposisi membran CA/PSf maka nilai RFR yang dihasilkan kecil dan tahanan *fouling* besar yang mengindikasikan membran tahan terhadap *fouling*.

PRAKATA

Alhamdulillah atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Blending Polymer Selulosa Asetat/Polisulfon Terhadap Ketahanan Fouling Protein*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si.,M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Kepala Laboratorium Kimia Fisik, Kepala Laboratorium Instrumen, dan Kepala Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Dwi Indarti, S.Si.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Bambang Piluharto, S.Si.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
5. Dr. Donatus Setyawan P.H., S.Si.,M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Drs. Achmad Sjaifullah M.Sc.,Ph.D., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama mejadi mahasiswa;
7. Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama proses perkuliahan;
8. sahabat-sahabatku di kampus Lilis Indah R, Ahmad Suhardiman, Nursiah, Ardi Budianto, Alifah M, Arum Meta MS, Fadli Feros, Dyah Vira P, Deys

Sya'fatul M, Diah Ayu NS, Inayatul M dan semua teman-teman TITANIUM'13 terima kasih atas canda tawanya selama masa perkuliahan, suka duka bersama dan merangkai kenangan indah selama di kampus bersama;

9. teman-teman seperjuangan saat melakukan eksperimen di laboratorium Kimia Fisik Novita Iphon, Eka Dita, Lubabah PD, Indah P dan Fitri Sulistyowati terima kasih atas semua bantuan saat ngelab bersama, lembur bersama dan semua yang dilakukan secara bersama-sama.
10. teman-teman Sunarti Kos (Kalimantan X No.22) Farid Chistantra, Alim Marta Dinata, Catur BH, Prima Fajardiokta, Najmi Ilmiawan, Dhana Suhatin, Nazil, Yusi Putra, Mas Imam, Santoso, Salim, Yoga, *Coach* Hendra terima kasih atas kebersamaan, solidaritas dan kekonyolannya selama di kota perantauan;
11. teman-teman yang selalu menemani saat jenuh dalam perkuliahan dan mengisi waktu liburan Tri Ajeng, Siti Lailatul M, Irfan M, Shofia Dwi, Dimas Fardinata, Trio Vicky;
12. Serta pihak-pihak yang turut membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis berharap, semoga setiap kalimat yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 4 April 2017

Penulis

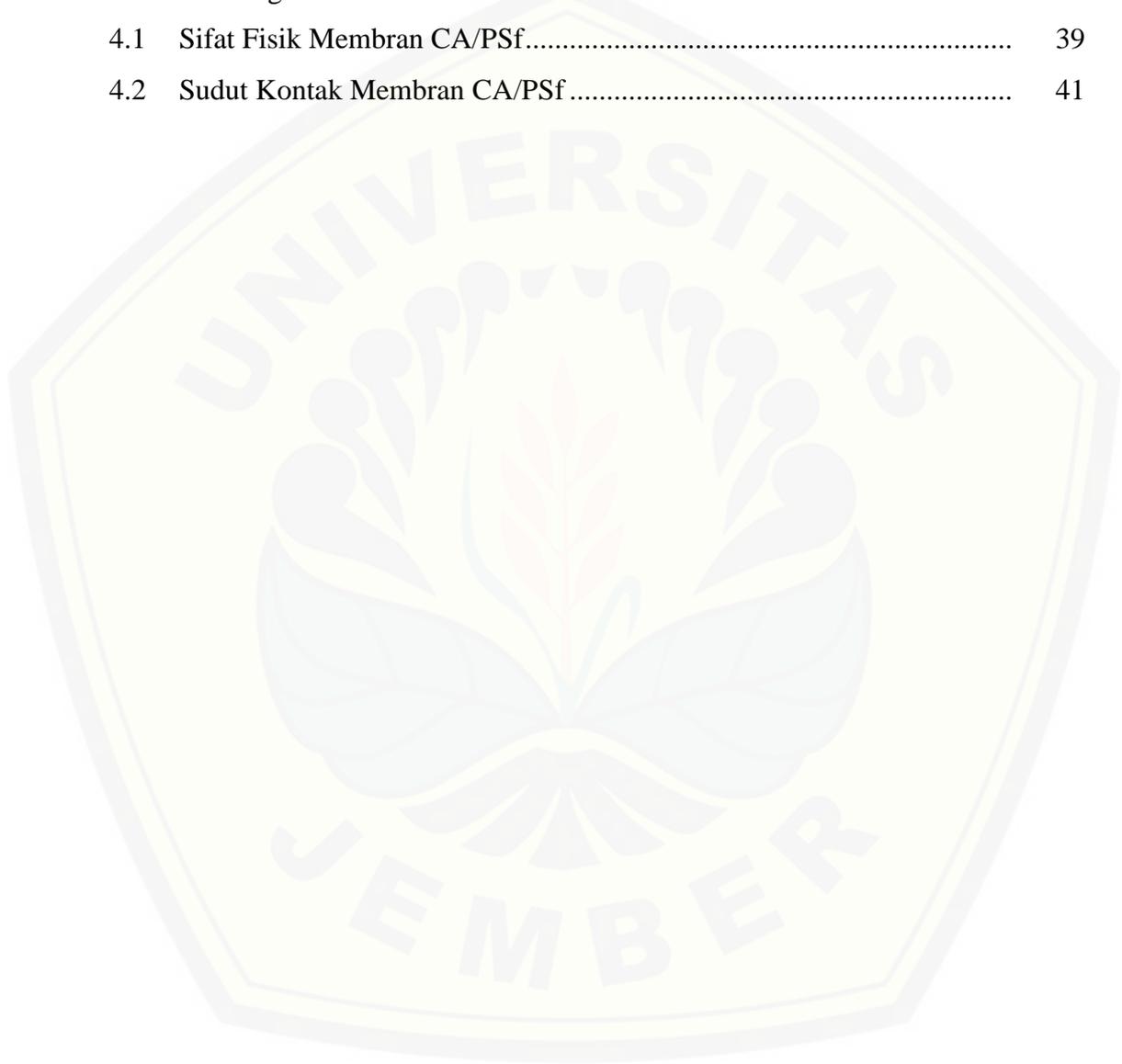
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN SAMPUL	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTO	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAM AN PEMBIMBINGAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
HALAMAN PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Membran	5
2.2 Klasifikasi Membran	6
2.3 Membran Ultrafiltrasi	10
2.4 Teknik Pembuatan Membran	10
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Membran	13
2.6 Polymer Blend	17
2.7 Fouling Membran	18
2.8 Material Membran	21
2.8.1 Selulosa Asetat	21
2.8.2 Polisulfon	23
2.8.3 Polietilen Glikol (PEG)	24
2.8.4 N,N-dimetilasetamida (DMAc)	24
2.9 Protein	24

2.10 Karakterisasi Membran	27
2.10.1 Sudut Kontak	27
2.10.2 Fluks	28
2.10.3 Koefisien Rejeksi.....	29
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan	30
3.2.1 Alat.....	30
3.2.2 Bahan	30
3.3 Diagram Alir Penelitian	31
3.4 Teknik Pembuatan Membran	32
3.5 Uji Karakterisasi Membran	33
3.5.1 Hidrofilisitas Membran.....	33
3.5.2 Uji Fluks.....	33
3.5.3 Koefisien Rejeksi Dekstran.....	34
3.5.4 Uji Ketahanan <i>Fouling</i>	35
3.5.5 Koefisien Rejeksi BSA	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Membran <i>Polymer Blend</i> CA/PSf	38
4.2 Pengaruh CA/PSf pada Hidrofilisitas	40
4.3 Pengaruh CA/PSf pada Fluks Air	43
4.4 Pengaruh CA/PSf pada Rejeksi	46
4.5 Pengaruh CA/PSf pada RFR dan Tahanan <i>Fouling</i>	49
BAB 5. PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Parameter Kelarutan	15
3.1 Rancangan Penelitian Membran CA/PSf.....	32
4.1 Sifat Fisik Membran CA/PSf.....	39
4.2 Sudut Kontak Membran CA/PSf	41



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Proses Pemisahan Dengan Membran.....	5
2.2 Sistem Operasi Membran	7
2.3 Klasifikasi Membran	9
2.4 Proses Pembentukan Membran.....	12
2.5 Struktur Selulosa Asetat	23
2.6 Struktur Polisulfon.....	24
2.7 Struktur Polietilen Glikol (PEG)	24
2.8 Struktur DMAc	25
2.9 Sudut Kontak Permukaan Benda Padat	27
3.1 Skema Preparasi dan Pengujian Membran	32
4.1 Proses Pembuatan Membran CA/PSf.....	38
4.2 Waktu Kompaksi Membran CA/PSf	43
4.3 Nilai Fluks Air Membran CA/PSf	44
4.4 <i>Scanning</i> Panjang Gelombang Dekstran 70 kDa.....	47
4.5 <i>Scanning</i> Panjang Gelombang BSA 67 kDa.....	47
4.6 Rejeksi Membran.....	48
4.7 RFR dan Tahanan <i>Fouling</i> Membran CA/PSf.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Sudut Kontak Membran CA/PSf	58
4.2 Waktu Kompaksi	59
4.3 Fluks Membran CA/PSf.....	64
4.4 <i>Scanning</i> Dekstran 70 kDa.....	65
4.5 Kurva Standar Deskstran 70 kDa.....	66
4.6 Rejeksi Dekstran 70 kDa.....	67
4.7 <i>Scanning</i> BSA 67 kDa	69
4.8 Kurva Standar BSA 67 kDa.....	70
4.9 Rejeksi BSA 67 kDa	71
4.10 RFR dan Tahanan <i>Fouling</i> Membran	73

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Membran selulosa asetat (CA) merupakan membran yang bersifat hidrofilik yang tahan terhadap adanya *fouling* namun memiliki sifat mekanik yang rendah. Membran polisulfon (PSf) merupakan membran yang bersifat hidrofobik yang memiliki sifat mekanik yang baik namun rentan terhadap *fouling* (Cheryan, 1986). Berat molekul polimer mempengaruhi kekuatan mekanik dari membran. CA pada penelitian ini memiliki berat molekul sebesar 30 kDa, sedangkan PSf memiliki berat molekul sebesar 35 kDa, sehingga kekuatan mekanik PSf lebih kuat daripada CA. Sifat mekanik yang rendah pada membran CA dan masalah *fouling* pada membran PSf dapat diperbaiki dengan mencampurkan kedua polimer (*blending*) dalam pembuatan membran. Munirah *et al* (2014), melakukan *blending polymer* CA/PSf variasi 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan 75:25. Membran *polymer blend* CA/PSf tersebut memiliki rejeksi garam sebesar 7,54% hingga 20,75% dan 3,98% untuk rejeksi garam membran CA tanpa *blending* dengan PSf. *Blending polymer* CA/PSf dapat meningkatkan nilai rejeksi membran dibandingkan membran tanpa proses *blending*. Membran CA/PSf pada penelitian Munirah *et al* (2014), memiliki fluks garam sebesar 7,69 L.m⁻².h⁻¹ hingga 9,93 L.m⁻².h⁻¹. Fluks garam semakin meningkat pada saat komposisi polimer CA menurun, hal itu terjadi karena ukuran pori membran semakin besar pada saat komposisi CA menurun, sehingga fluks garam akan semakin meningkat.

Membran *polymer blend* CA/PSf ditambahkan aditif polietilen glikol (PEG) yang berfungsi sebagai agen pembentuk pori pada membran. Penelitian Saljhoughi *et al* (2010), menyatakan membran CA/NMP tanpa PEG menghasilkan fluks air 29,5 L.m⁻².h⁻¹ dan rejeksi *Human Serum Albumin* (HSA) sebesar 87%. Penambahan PEG400 sebanyak 5% dan 10% menghasilkan fluks air sebesar 164,4 L.m⁻².h⁻¹ dan 252 L.m⁻².h⁻¹ serta rejeksi HSA sebesar 70% dan 45%. *Blending polymer* CA/PSf pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan

membran dengan sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap adanya *fouling* membran.

Fouling merupakan suatu proses deposisi atau pengendapan partikel terlarut pada permukaan membran atau pori-pori membran akibat interaksi partikel terlarut dengan membran. Fenomena *fouling* membran pada umumnya sangat mudah terjadi pada membran dengan material hidrofobik. Penelitian Karlina (2014), menyebutkan bahwa membran PSf/PEG/DMAc memiliki nilai tahanan *fouling* larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA) sebesar 0,825. Nilai tahanan *fouling* tersebut <1 yang mengindikasikan terjadinya *fouling* pada membran. *Fouling* pada membran juga dipengaruhi oleh sifat hidrofilitas membran. Hidrofilitas membran dapat dilihat dari nilai sudut kontak membran. Membran dengan hidrofilitas yang rendah akan rentan terhadap *fouling* membran.

Metode untuk memperbaiki masalah *fouling* pada penelitian Sun dan Chen (2016), yakni dengan melakukan *blending polymer* dalam pembuatan membran. Sun dan Chen (2016), melakukan *blending polymer* PES/CA/PVP yang memiliki nilai *Fouling Degree* (FD) dan *Flux Attenuation* (FA) sebesar 21% dan 30%, sedangkan nilai FD dan FA pada membran PES tanpa *blending* dengan CA sebesar 38% dan 49%. Nilai FD dan FA yang tinggi dapat mengindikasikan bahwa membran tersebut rentan terhadap *fouling*. Berdasarkan pada penelitian tersebut *blending polymer* CA/PES pada membran lebih tahan terhadap *fouling* dibandingkan membran PES tanpa proses *blending* dengan CA.

Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian *blending polymer* CA/PSf variasi 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan 75:25. Membran *polymer blend* CA/PSf dibuat menggunakan pelarut N,N-dimetilasetamida (DMAc) sebanyak 75%. Aditif yang digunakan pada pembuatan membran adalah PEG400 sebanyak 5%. *Blending polymer* CA/PSf pada pembuatan membran bertujuan untuk mengetahui bagaimana ketahanan membran *polymer blend* CA/PSf terhadap *fouling* protein.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi *blending polymer* CA/PSf terhadap hidrofilisitas membran?
2. Bagaimana pengaruh variasi *polymer blend* CA/PSf terhadap fluks air dan rejeksi dekstran 70 kDa?
3. Bagaimana pengaruh variasi *polymer blend* CA/PSf terhadap uji ketahanan *fouling* protein?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh variasi komposisi *blending polymer* CA/PSf terhadap hidrofilisitas membran.
2. Mempelajari pengaruh variasi *polymer blend* CA/PSf terhadap fluks air dan rejeksi dekstran 70 kDa?
3. Mempelajari pengaruh variasi *polymer blend* CA/PSf terhadap uji ketahanan *fouling* protein.

1.4 Batasan Masalah

1. Selulosa asetat yang digunakan dalam pembuatan membran memiliki berat molekul sebesar 30.000 Da.
2. Polisulfon digunakan dalam pembuatan membran memiliki berat molekul sebesar 35.000 Da.
3. Aditif yang digunakan adalah PEG400 sebanyak 5%.
4. Pelarut yang digunakan adalah N,N-dimetilasetamida (DMAc) sebanyak 75%.
5. Dekstran yang digunakan memiliki berat molekul 70 kDa dengan konsentrasi 1 gram/L.
6. Protein yang digunakan adalah BSA 67 kDa dengan konsentrasi 1 gram/L.
7. Larutan BSA memiliki pH 7 menggunakan *buffer* asam sitrat- Na_2HPO_4 .
8. Sudut kontak membran diukur di Institut Teknologi Bandung (ITB).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan pengembangan baru terhadap teknologi membran dalam peningkatan kualitas pemisahan menggunakan membran campuran CA/PSf.
2. Dapat mengetahui pengaruh variasi *blending polymer* CA/PSf terhadap uji ketahanan *fouling* protein.

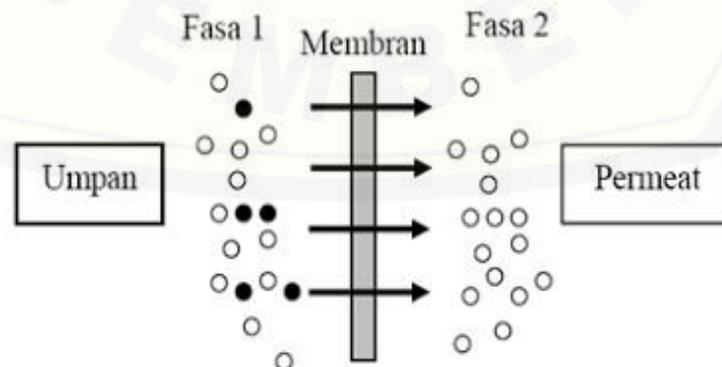


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Membran

Membran berasal dari bahasa Latin “membrana” yang berarti kulit kertas. Saat ini kata “membran” telah diperluas untuk menggambarkan suatu lembaran tipis fleksibel atau film, bertindak sebagai pemisah selektif antara dua fase karena bersifat semipermeabel (Wenten, 2000). Membran pada umumnya didefinisikan sebagai suatu lapisan tipis selektif dan semipermeabel yang berada diantara dua fasa, yaitu fasa umpan dan fasa permeat (Gambar 2.1). Fasa umpan atau konsentrat mengandung komponen yang tertahan sedangkan fasa permeat mengandung komponen yang lolos melalui membran. Pemisahan dapat di capai karena membran mempunyai kemampuan untuk melewatkan suatu komponen, yang ukurannya lebih kecil dari pori membran. Kinerja atau efisiensi membran di tentukan oleh dua parameter yaitu selektifitas dan laju alir (fluks) melalui membran (Mulder, 1996).

Selaput semipermeabel yang berupa lapisan tipis dapat memisahkan dua fase dengan cara menahan komponen tertentu dan melewatkan komponen yang lain. Pemisahan ini berdasarkan pada ukuran komponen yang akan dipisahkan. Komponen yang memiliki ukuran besar akan tertahan dan yang berukuran lebih kecil akan dilewatkan (Osada dan Nakagawa, 1992). Gambar 2.1 merupakan ilustrasi dari proses pemisahan pada membran.



Gambar 2.1. Proses pemisahan dengan membran (Mulder, 1996).

Struktur membran dapat homogen atau heterogen dan dapat berukuran tebal atau tipis. Ketebalan dan struktur membran tersebut yang menyebabkan membran memiliki fungsi yang berbeda-beda dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses pemisahan (Mulder, 1996).

2.2. Klasifikasi Membran

“Pemisahan menggunakan membran dapat digolongkan berdasarkan berbagai aspek. Membran berdasarkan material asalnya dapat dibedakan atas membran alami dan membran sintetis. Membran alami adalah membran yang terdapat di dalam sel makhluk hidup dan terbentuk dengan sendirinya. Membran sintetis adalah membran yang dibuat dari material tertentu sesuai dengan kebutuhan dan disesuaikan dengan sifat membran alami. Membran sintesis ini dibagi menjadi dua yaitu membran organik dan membran anorganik” (Wenten, 2000).

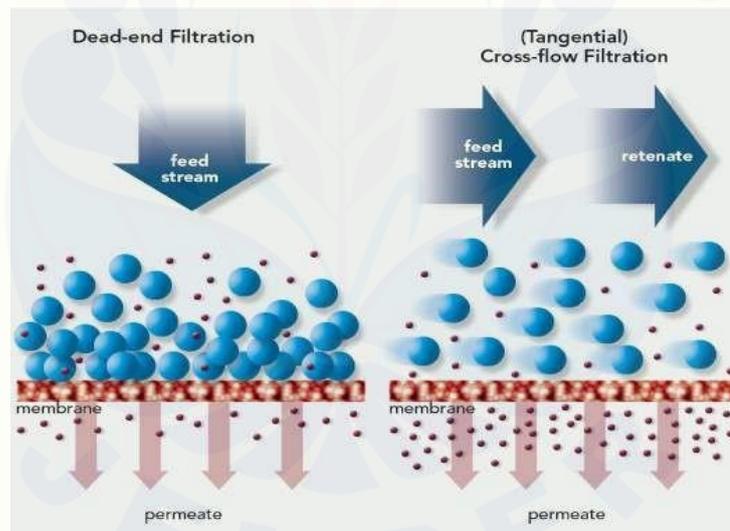
Membran sintesis biasanya dibuat dari selulosa dan derivatnya seperti selulosa nitrat dan selulosa asetat. Membran polisulfon (PSf), polikarbonat, poli(akrilonitril) (PAN), poli(vinilidena fluorida) (PVDF), poli(vinil klorida) (PVC) adalah contoh dari membran sintetis (Cheryan, 1998).

Membran berdasarkan porinya dapat dibagi menjadi membran berpori (*porous membrane*) atau tidak berpori (*dense membrane*). Membran berpori merupakan membran yang dapat memisahkan campuran berdasarkan keterkaitan ukuran pori dan ukuran molekul yang dipisahkan, sedangkan membran non pori (*dense membrane*) dianggap tidak memiliki pori. Pemisahan membran non pori ini bergantung pada difusitas molekul ke dalam membran (Bungay, 1986).

Membran berdasarkan geometri porinya dapat dibedakan atas membran asimetrik dan simetrik (Gruenwedel dan Whitaker, 1987). Membran simetrik adalah membran yang mengandung pori dengan ketebalan 10-200 μm . Membran ini memiliki struktur pori yang homogen di seluruh bagian membran. Membran simetrik kurang efektif karena memungkinkan lebih cepat terjadinya penyumbatan pori dan mengakibatkan *fouling* atau penyumbatan pori dalam penggunaannya. Membran asimetrik adalah membran yang terdiri dari dua lapisan, yaitu kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1-0,5 μm dan lapisan pendukung berpori besar dengan ketebalan 50-150 μm . Membran asimetrik menghasilkan selektivitas yang

lebih tinggi disebabkan oleh rapatnya lapisan atas membran dan mempunyai kecepatan permeasi yang tinggi karena tipisnya membran. Laju filtrasi yang tinggi pada membran asimetrik ini disebabkan mekanisme penyaringan permukaan. Partikel yang ditolak tertahan pada permukaan membran. Tingkat pemisahan membran asimetrik jauh lebih tinggi dari pada membran simetrik pada ketebalan yang sama. Partikel yang melewati pori pada membran simetrik akan menyumbat pori-pori membran sehingga penyaringan membran menurun drastis (Mulder, 1996).

Membran berdasarkan pada sistem pemisahannya dibedakan atas sistem *dead-end* dan sistem *crossflow* yang digambarkan pada gambar 2.2. Sistem *crossflow* memiliki arah aliran larutan umpan yang sejajar dengan permukaan membran, sedangkan sistem *dead-end* memiliki arah aliran yang tegak lurus dengan permukaan membran.



Gambar 2.2. Sistem operasi membran (Wenten, 2000).

Membran berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya dapat dibagi menjadi:

a. Membran berpori

Membran berpori memiliki ruang terbuka atau kosong dan terdapat berbagai macam jenis pori dalam membran. Pemisahan menggunakan membran ini berdasarkan ukuran pori dari membran. Selektivitas ditentukan lewat hubungan

antara ukuran pori dan ukuran partikel yang dipisahkan. Membran berpori pada umumnya digunakan untuk pemisahan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Membran berpori berdasarkan ukuran kerapatan pori dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Makropori : membran dengan ukuran pori > 50 nm,
2. Mesopori : membran dengan ukuran pori antara 2 – 50 nm,
3. Mikropori : membran dengan ukuran pori < 2 nm

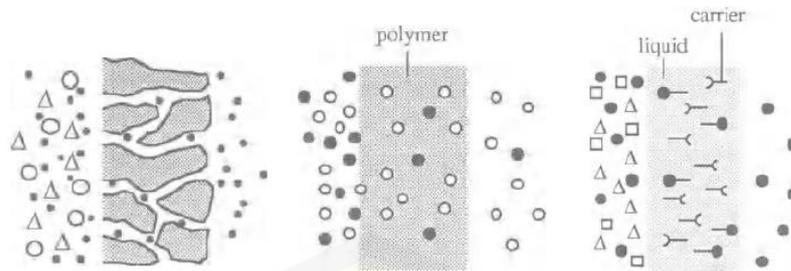
(Mulder, 1996).

b. Membran non pori

Membran non pori dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama, baik gas maupun cairan. Membran non pori berupa lapisan tipis dengan ukuran pori kurang dari $0,001 \mu\text{m}$ dan kerapatan pori rendah. Membran non pori dapat memisahkan spesi yang memiliki ukuran sangat kecil yang tidak dapat dipisahkan oleh membran berpori. Membran non pori digunakan untuk pemisahan gas dan pervaporasi, jenis membran non pori dapat berupa membran komposit atau membran asimetrik. Pemisahan membran non pori berdasarkan pada kelarutan dan perbedaan kecepatan difusi dari partikel (Mulder, 1996).

c. *Carrier Membrane* (membran pembawa)

Mekanisme perpindahan massa pada membran jenis ini tidak ditentukan oleh membran (atau material dari membran) tetapi ditentukan oleh molekul pembawa yang spesifik yang memudahkan perpindahan spesifik terjadi. Mekanisme perpindahan dari membran jenis ini yaitu: *carrier* tidak bergerak di dalam matriks membran atau *carrier* bergerak ketika dilarutkan dalam suatu cairan. Permselectivitas terhadap suatu komponen sangat tergantung pada sifat molekul *carrier*. Selektivitas yang tinggi dapat dicapai jika digunakan *carrier* khusus. Komponen yang akan dipisahkan dapat berupa gas atau cairan, ionik atau non-ionik.



Gambar 2.3. Klasifikasi membran berdasarkan morfologi porinya: (a). membran berpori, (b). membran non pori dan (c). membran carier (Mulder, 1996).

Membran berdasarkan jenis tekanan yang digunakan sebagai gaya dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Mikrofiltrasi

“Membran mikrofiltrasi (MF) dapat dibedakan dari membran *Reverse Osmosis* (RO) dan ultrafiltrasi berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkannya. Membran mikrofiltrasi tidak dapat merejeksi garam-garam oleh membran. Proses filtrasi dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu di bawah 2 bar. Membran mikrofiltrasi dapat dibuat dari berbagai macam material baik organik maupun anorganik. Membran anorganik banyak digunakan karena ketahanannya pada suhu tinggi” (Wenten, 2000).

b. Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi berada di antara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,05 μm sampai 1 nm. Ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi merupakan membran berpori di mana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Ukuran molekul yang dapat lolos melewati membran ultrafiltrasi berkisar antara 10^4 - 10^8 dalton (Mulder, 1996).

c. Nanofiltrasi

Membran nanofiltrasi mempunyai ukuran pori antara 2-5 nm dan dapat digunakan untuk memisahkan garam-garam misalnya NaCl dan MgSO_4 . Nanofiltrasi mempunyai permeabilitas yang lebih tinggi pada tekanan yang lebih rendah di banding dengan RO (Wenten, 2000).

d. *Reverse Osmosis*

“Membran *reverse osmosis* (osmosis balik) digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau

molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. Tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Membran osmosis balik pada umumnya memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150 μm . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat” (Wenten, 2000).

2.3. Membran Ultrafiltrasi

“Proses ultrafiltrasi (UF) berada diantara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,05 μm sampai 1 nm. Karakteristik membran umumnya dinyatakan dalam *Molecular Weight Cut Off* (MWCO), atau berat molekul yang ditolak oleh membran. Berat Molekul yang dapat lolos oleh membran ultrafiltrasi berkisar antara 10^4 - 10^8 Dalton. Prinsip membran ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran UF merupakan membran berpori di mana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Transport pelarut secara langsung berhubungan dengan besarnya tekanan yang diberikan. Membran ultrafiltrasi mempunyai struktur yang asimetrik dengan lapisan atas yang lebih padat (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) sehingga mengakibatkan ketahanan hidrodinamiknya lebih tinggi” (Wenten, 2000).

Membran ultrafiltrasi secara komersial dibuat dari material-material polimer dan teknik yang digunakan adalah teknik inversi fasa. Polimer yang umum digunakan antara lain polimida, polisulfon, selulosa asetat dan lain sebagainya. Prinsip proses membran ultrafiltrasi telah banyak digunakan untuk memisahkan molekul-molekul besar dari moleku-molekul kecil. Aplikasi membran UF banyak ditemukan dalam berbagai bidang industri seperti makanan, tekstil, farmasi, industri kertas, dan masih banyak lagi yang lain (Mulder, 1996).

2.4. Teknik Pembuatan Membran

“Membran dapat dibuat dari berbagai jenis material yang digunakan dalam pembuatan membran. Pembuatan membran dari material dan teknik tertentu akan menghasilkan membran yang spesifik terhadap suatu proses pemisahan. Material membran membatasi teknik pembuatan yang digunakan dan morfologi membran yang diperoleh. Teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching*, inversi fasa,

dan *coating*. Teknik yang sering digunakan dalam membran ultrafiltrasi adalah teknik inversi fasa” (Wenten, 2000). Proses Pembuatan membran akan difokuskan pada sistem inversi fasa.

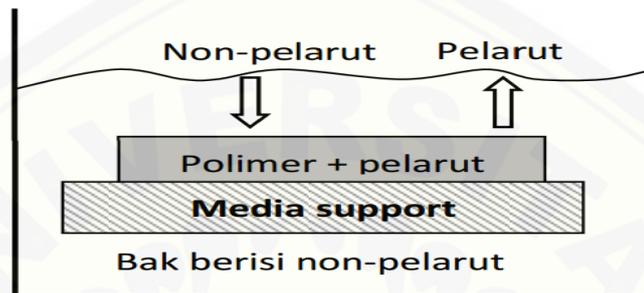
Inversi fasa merupakan suatu proses perubahan bentuk polimer dari cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Proses inversi fasa merupakan transisi fase cair satu ke fase dua (*liquid-liquid demixing*). Larutan casting saat dimasukkan ke dalam bak koagulasi terjadi interaksi antara pelarut dalam larutan polimer dengan non pelarut yang berada dalam bak koagulasi. Interaksi tersebut yang akan membentuk morfologi membran, setelah didiamkan beberapa saat maka proses solidifikasi akan selesai. Pelarut dan non pelarut sudah bercampur dan meninggalkan polimer dalam bentuk solid sebagai hasil solidifikasi. Interaksi yang baik antara komponen pelarut dan non pelarut tersebut akan mengacu pada pembentukan membran secara *instantaneous demixing*. Interaksi yang kurang baik antara pelarut dan nonpelarut akan membentuk membran secara *delayed demixing* (Vught, 1998).

Presipitasi yang digunakan dalam teknik inversi fasa adalah:

1. Presipitasi dengan penguapan pelarut merupakan metode pembuatan membran dengan cara menguapkan pelarut dari larutan polimer dibiarkan menguap sehingga terbentuk membran yang homogen. Metode lain yang dapat dilakukan dengan cara *dipcoating* atau *spraying* yang diikuti dengan penguapan.
2. Presipitasi fase uap merupakan metode pembuatan membran dengan cara meletakkan larutan polimer dalam cetakan ke dalam suasana uap. Uap terdiri dari pelarut jenuh dan pelarut yang sama. Uap dapat terbentuk karena difusi dari nonpelarut ke dalam cetakan film sehingga terbentuk membran berpori tanpa adanya lapisan atas.
3. Presipitasi dengan penguapan terkendali yaitu menggunakan perbedaan volatilitas antara pelarut dan non pelarut. Pelarut yang lebih mudah menguap dari pada non pelarut maka perubahan komposisi selama penguapan akan bergerak kearah kandungan nonpelarut yang lebih tinggi dan konsentrasi polimer yang lebih tinggi.
4. Presipitasi termal yaitu proses solidifikasi dengan cara mendinginkan larutan polimer sehingga terjadi pemisahan fase dan penguapan pelarut. Penguapan ini

menyebabkan pembentukan membran mikrofiltrasi.

5. Presipitasi imersi yaitu proses solidifikasi yang terjadi karena adanya interaksi antara pelarut dan non pelarut. Larutan polimer diatas pencetak dimasukkan ke dalam bak koagulasi yang berisi non pelarut. Membran yang dihasilkan dari proses ini yaitu membran datar. Gambar 2.4. merupakan proses inversi fasa dengan presipitasi imersi.



Gambar 2.4. Proses pembentukan membran (Arrahman, 2012).

Mekanisme terbentuknya membran dengan metode presipitasi imersi akan terjadi proses difusi pelarut dan non pelarut. Proses imersi larutan ke dalam larutan non pelarut akan terjadi, sehingga pelarut dalam larutan polimer akan berdifusi dengan non pelarut dalam bak koagulasi. *Polymer-rich phase* akan memadat setelah proses pemisahan fasa terjadi dalam beberapa saat untuk pembentukan pori membran (Arrahman, 2012).

Teknik lain dalam pembuatan membran sintetik yaitu *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching*, dan *coating* (Wenten, 2000).

a. *Sintering*

“*Sintering* adalah teknik yang sangat sederhana, bisa dilakukan baik pada bahan anorganik maupun organik. Bubuk dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Partikel berupa serbuk dengan ukuran tertentu diberi tekanan dan di-*sinter* pada suhu tertentu sehingga antarmuka partikel yang berdekatan akan menghilang dan muncul pori-pori baru. Teknik ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1 sampai 10 μm ” (Wenten, 2000).

b. *Stretching*

Stretching adalah suatu metode pembuatan membran di mana film yang terbuat dari polimer semi kristal ditarik terhadap arah ekstruksi sehingga bagian kristal polimer akan terorientasi sejajar dengan arah ekstruksi dan membuat

molekul-molekul kristalnya akan terletak paralel satu sama lain. *Stretch* mekanik diaplikasikan maka akan terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori dengan ukuran 0,1 sampai 0,3 μm (Wenten, 2000).

c. *Track-Etching*

Track-Etching merupakan metode di mana film atau *foil* ditembak oleh partikel radiasi berenergi tinggi tegak lurus ke arah film. Partikel akan merusak matriks polimer dan membentuk suatu lintasan. Film kemudian dimasukkan ke dalam bak asam atau basa dan matriks polimer akan membentuk goresan sepanjang lintasan untuk selanjutnya membentuk pori silinder yang sama dengan distribusi pori yang sempit (Wenten, 2000).

d. *Template-Leaching*

Template-Leaching merupakan suatu teknik lain untuk membuat membran berpori yaitu dengan cara melepaskan salah satu komponen (*leaching*). Membran gelas berpori dapat dibuat dengan cara ini (Wenten, 2000).

2.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Membran

Menurut Mulder (1996), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pembentukan membran antara lain jenis sistem pelarut dan non pelarut, pemilihan polimer, komposisi pelarut, komposisi bak koagulasi, komposisi larutan polimer, waktu penguapan larutan *dope*, dan penambahan aditif.

1. Jenis Sistem Pelarut – Non Pelarut

Pemilihan sistem pelarut–non pelarut sangat mempengaruhi struktur membran yang dihasilkan. Membran yang dibuat dengan teknik inversi fasa, polimer harus dapat larut dalam pelarut yang cocok, meskipun terdapat lebih dari satu pelarut yang cocok untuk polimer namun pelarut dan non pelarut harus saling campur. Air adalah non pelarut yang umum digunakan dalam proses inversi fasa. Proses pencampuran dapat berlangsung secara sempurna jika komposisi semua bahan penyusun membran mempunyai daya larut yang sama. Komposisi total sangat menentukan homogenitas dan kinerja membran. Kelarutan polimer berkurang dengan bertambahnya massa molekul. Polimer dapat larut dalam pelarut yang

cocok kemudian ditambahkan bukan pelarut (jika larutan polimer dituangkan ke dalam bukan pelarut yang jumlahnya berlebihan) maka polimer akan mengendap.

2. Jenis Polimer

Jenis polimer merupakan salah satu faktor penting karena akan membatasi jenis pelarut dan non pelarut yang digunakan. Pemilihan material membran menjadi penting dengan memperhatikan faktor *fouling* (efek adsorpsi, karakteristik hidrofilik/hidrofobik), kestabilan termal dan kimia. Membran ultrafiltrasi dapat dilakukan dengan mencampurkan beberapa polimer. Perpaduan beberapa polimer tersebut bertujuan untuk memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh membran yang menggunakan satu jenis polimer saja. Membran yang menggunakan polimer selulosa asetat memiliki sifat hidrofilitas yang baik sehingga mampu meningkatkan fluks air pada membran, namun kelemahan dari membran tersebut adalah sifat mekanik yang rendah dan tidak tahan terhadap mikroba. Membran dengan polimer polisulfon memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap mikroba, namun membran tersebut bersifat hidrofobik sehingga rentan terhadap *fouling* membran. Pencampuran selulosa asetat dan polisulfon dapat memperbaiki sifat mekanik sekaligus hidrofilitas dari membran tersebut, sehingga membran akan memiliki sifat mekanik yang baik, tahan terhadap mikroba, namun juga mempunyai permeabilitas yang baik.

“Berat molekul polimer dapat mempengaruhi kekuatan mekanik dan ukuran pori dari membran. Panjang rata-rata dari rantai polimer dapat dilihat dari berat molekul suatu polimer. Berat molekul polimer pada dasarnya adalah penjumlahan dari berat molekul-molekul monomernya, semakin berat molekul dari suatu polimer tertentu, semakin besar panjang rata-rata dari rantai polimernya. Polimerisasi merupakan peristiwa yang terjadi secara acak, sehingga berat molekul biasanya ditentukan dalam bentuk berat molekul rata-rata. Derajat Polimerisasi (DP) dari suatu polimer adalah rasio atau perbandingan berat molekul polimer dengan berat molekul monomernya. Kekuatan polimer sangat dipengaruhi oleh berat molekul rata-rata atau derajat polimerisasi suatu polimer. Kekuatan polimer semakin meningkat dengan meningkatnya berat molekul atau derajat polimerisasinya. Kekuatan polimer sebagai material membran akan berpengaruh terhadap sifat mekanik membran, semakin kuat polimernya maka sifat mekanik membran akan semakin tinggi. Ukuran pori membran juga dipengaruhi oleh berat molekul polimer. Polimer dengan berat molekul yang besar akan menghasilkan ukuran pori yang besar, namun menurunkan porositas membran. Polimer dengan berat molekul kecil, maka ukuran pori yang dihasilkan juga semakin kecil serta porositas membran menjadi meningkat” (Saptono, 2008).

3. Komposisi Pelarut

Komposisi pelarut merupakan parameter lain yang sangat mempengaruhi jenis struktur membran yang terbentuk. Membran selulosa asetat dapat dibuat menggunakan dua macam pelarut. Sistem selulosa asetat/aseton/air menghasilkan tipe membran yang mempunyai tipe membran yang rapat (Wenten, 2000). Pelarut yang digunakan untuk pembuatan membran selulosa asetat yaitu dimetil formamida (DMF), dimetil asetamida (DMAc), aseton, dioksan, tetrahidrofuran (THF), asam asetat (HAc), asam format, aseton dan dimetil sulfoksida (DMSO). Polimer harus larut secara sempurna oleh pelarut. Tabel parameter kelarutan polimer dalam beberapa pelarut adalah:

Tabel 2.1. Parameter kelarutan

Pelarut	Parameter Kelarutan (δ) (MPa ^{1/2})	$\Delta\delta$ (parameter kelarutan) CA	$\Delta\delta$ (parameter kelarutan) PSf
Dioksan	20,6	0,64	0,87
Aseton	20,3	0,34	1,17
DMSO	29,7	9,74	8,23
DMF	24,8	4,84	3,33
DMAc	22,1	2,14	0,63
Asam asetat	20,7	0,74	0,77
Anilin	21,1	1,14	0,37
Asam format	24,8	4,48	3,33
THF	18,6	1,36	2,87
Metanol	29,7	9,74	8,23
Formamida	39,7	19,74	18,23

Sumber: Brandrup, 1975.

Kelarutan polimer dalam pelarut dapat dilihat dari harga parameter kelarutan. Nilai parameter kelarutan untuk selulosa asetat adalah 19,96 MPa^{1/2}. Parameter kelarutan beberapa pelarut selulosa asetat ditunjukkan pada tabel 2.1. Nilai $\Delta\delta$ (parameter kelarutan) yang semakin kecil antara polimer dan pelarut maka kelarutannya makin baik artinya polimernya akan lebih cepat larut terhadap pelarut yang digunakan.

4. Komposisi Bak Koagulasi

Pelarut yang ditambahkan ke dalam bak koagulasi adalah parameter yang sangat mempengaruhi jenis struktur membran yang terbentuk. Konsentrasi pelarut

yang semakin besar di dalam bak koagulasi berdampak pada penurunan konsentrasi polimer pada *interface*, sehingga dihasilkan membran dengan ukuran pori semakin besar (Mulder, 1996).

5. Komposisi Larutan Polimer

Komposisi larutan polimer harus tetap berada pada satu fasa sehingga tidak terjadi *demixing*, sehingga penambahan bahan lain dalam larutan polimer akan mempengaruhi struktur membran. Air yang ditambahkan sebagai non pelarut ke dalam larutan polimer menyebabkan terjadinya peristiwa *instantaneous demixing*. Larutan polimer yang tidak mengandung air maka pembentukan membran terjadi melalui mekanisme pemisahan tertunda (*delayed demixing*) sehingga diperoleh membran *nonporous* (Mulder, 1996).

6. Waktu Penguapan

Waktu penguapan ini berkaitan dengan berapa kuantitas pelarut yang meninggalkan film polimer ketika proses pembentukan pori-pori membran sedang berlangsung. Pelarut berada dalam pori-pori tersebut, pada saat pori terbentuk, kemudian didesak oleh non pelarut dalam bak koagulasi hingga terjadi solidifikasi. Penguapan pelarut menyebabkan pori yang sudah terbentuk menyatu kembali pada saat sebelum proses solidifikasi. Waktu penguapan yang semakin lama, maka semakin sedikit dan semakin kecil diameter pori yang terbentuk (Kesting, 1971).

7. Penambahan aditif

Aditif memiliki fungsi yang spesifik, meliputi perlindungan terhadap pengaruh lingkungan seperti penolak nyala, penyerap radiasi ultraviolet, antioksidan, antiozon (stabilitas termal dan kimia), mempermudah pemrosesan, memperbaiki kekuatan mekaniknya (Smallman dan Bishop, 2000). Aditif yang dapat ditambahkan ke dalam proses pembuatan membran antara lain polivinil klorida yang berfungsi untuk meningkatkan fluks air, dimetil ftalat berfungsi sebagai plastisizer, monosodium glutamat dan polietilen glikol yang berfungsi untuk meningkatkan porositas membran. Efek aditif pada larutan *casting* tergantung pada sejauh mana pengaruh aditif pada tingkat pengendapan. Aditif dalam larutan *casting* meningkatkan tingkat pengendapan, namun untuk benzena

yang ada dalam larutan *casting* akan cenderung untuk mengurangi tingkat pengendapan, sehingga dapat membentuk struktur spons (Idris *et al.*, 2008).

2.6. Polymer Blend

Polymer blend adalah campuran dari dua atau lebih polimer yang telah dicampur bersama-sama yang terbentuk material baru dengan sifat fisik yang berbeda. Secara umum, ada lima jenis utama dari *polymer blend*, yaitu campuran termoplastik-termoplastik, campuran termoplastik-karet, campuran *thermoplastic-thermosetting*, campuran *thermosetting-rubber* dan campuran *polymer-filler*. *Blending polymer* telah menarik banyak perhatian karena memiliki metode dan biaya yang efektif untuk mengembangkan polimer yang memiliki fleksibilitas untuk diaplikasikan. *Polymer blend* dapat dibagi menjadi dua kategori yakni:

1. *Miscible polymer blends (homogenous polymer blend)*

Miscible polymer blends merupakan campuran polimer yang berada dalam satu fase. Dua atau lebih polimer akan bercampur secara homogen (larut sempurna) dengan menggunakan pelarut tertentu. *Polyphenylene Oxide* (PPO) yang di campur dengan *polystyrene* (PS) dan *polycarbonate* (PC) yang dicampur dengan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) merupakan contoh jenis *miscible polymer blends*. *Miscible polymer blend* (fase tunggal) merupakan campuran yang bersifat *optically transparent* dan homogen. *Miscible polymer blend* pada proses pemisahan fase dipengaruhi oleh variasi suhu, tekanan, atau dalam komposisi campuran.

2. *Immiscible polymer blends (heterogeneous polymer blend)*

Immiscible polymer blends merupakan *polymer blend* yang saling bercampur tetapi tidak dalam satu fase. Dua polimer atau lebih saling bercampur dan tidak larut secara homogen. *Polypropylene* (PS) dan *polyethylene* (PE) merupakan contoh jenis *immiscible polymer blends*.

Sifat-sifat campuran polimer dapat disesuaikan dengan kebutuhan dalam penggunaannya dengan pemilihan campuran polimer yang benar. Salah satu contoh aplikasi dalam penggunaan *blending polymer* adalah pada pembuatan membran.

Blending polymer pada pembuatan membran yakni dengan mencampurkan kedua polimer dan pelarut tertentu hingga homogen sebagai larutan *dope*. *Blending polymer* bertujuan untuk mengurangi kelemahan masing-masing polimer pada pembuatan membran. Penelitian ini menggunakan *blending polymer* selulosa asetat dan polisulfon pada pembuatan membran ultrafiltrasi, *blending* selulosa asetat dan polisulfon dapat membuat membran yang tahan terhadap *fouling* dan memiliki kekuatan mekanik yang baik (Thomas *et al.*, 2015).

Blending polymer antara CA dan PSf merupakan *blending polymer* yang terjadi secara fisik, karena saat CA/PSf dilarutkan kedua polimer tersebut hanya mengalami interaksi dan tidak membentuk produk baru antara molekul CA dengan PSf. Menurut Piluharto *et al.*, (2013), “Interaksi yang terjadi antara CA dengan PSf merupakan interaksi hidrogen. Elektron tak berpasangan dari molekul oksigen pada gugus $-SO_2$ dari PSf akan didonorkan membentuk interaksi hidrogen dengan gugus $-OH$ pada senyawa CA. Karakteristik pori yang dihasilkan pada membran *blending polymer* CA/PSf dapat dilihat dari kelarutan kedua polimer. Pelarut DMAc lebih melarutkan PSf dibanding dengan CA, sehingga apabila polimer lebih larut (homogen) pada pelarutnya maka akan menghasilkan karakter pori yang lebih rapat. Semakin besar jumlah PSf yang ditambahkan pada variasi *blending polymer* CA/PSf, maka larutan casting yang dihasilkan akan semakin homogen sehingga akan menghasilkan karakter pori yang lebih rapat.”

2.7. Fouling Membran

Menurut Kurniawan (2002), “Penurunan fluks dalam proses filtrasi membran dipengaruhi oleh adanya proses *fouling*. *Fouling* pada membran memang sulit untuk dihindari dalam proses filtrasi membran. *Fouling* terjadi akibat adanya molekul molekul yang terakumulasi pada permukaan membran, menempati pori-pori membran dan tersumbat di dalamnya. Fenomena *fouling* ini agak sulit untuk diamati secara langsung, tetapi pengaruh langsung terhadap karakteristik membran bisa diketahui, misalnya terjadi perubahan nilai konduktansinya, penurunan nilai fluks dan lain sebagainya.”

Fouling adalah proses di mana *solute* atau partikel terlarut dari *foulant* mengendap pada permukaan membran atau dinding pori membran yang juga mengakibatkan pengurangan laju alir fluks. *Fouling* dapat dibagi menjadi *fouling reversible* dan *irreversible*, berdasarkan kekuatan melekatnya partikel pada permukaan membran. *Reversible fouling* dapat dihapus oleh gaya geser kuat *backwashing*. Pembentukan matriks kuat dari lapisan *fouling* dengan zat terlarut selama proses filtrasi terus menerus akan menghasilkan *fouling reversible* yang

kemudian diubah menjadi lapisan *fouling irreversible*. *Fouling irreversible* adalah keterikatan partikel yang kuat yang tidak dapat dihilangkan dengan pembersihan fisik (Choi *et al.*, 2005).

Fouling pada membran berdasarkan tempat terjadinya dapat dibedakan menjadi dua yaitu *fouling eksternal* dan *fouling internal*. *Fouling internal* disebabkan oleh absorpsi molekul atau koloid dalam pori membran (*pore blocking* dan *internal pore blocking*), sedangkan *fouling eksternal* berkaitan dengan polarisasi dari partikel yang terejeksi pada permukaan membran. *Eksternal fouling* merupakan gejala awal yang menandai terbentuknya *cake layer* (Hughes dan Scott, 1996).

Sumarto (2005) menjelaskan, “Ada dua model yang dapat menggambarkan *internal fouling* yaitu pertama *Standard Blocking Model* (SBM), yang mengasumsikan bahwa penurunan fluks disebabkan karena terjadinya penyerapan protein pada dinding pori yang menyebabkan berkurangnya radius pori. Model yang kedua yaitu *Pore Blocking Model* (PBM) jika diasumsikan pori membran tersumbat secara menyeluruh. Model yang umum digunakan untuk menggambarkan penyumbatan di luar pori adalah *Cake Filtration Model* (CFM), dengan asumsi bahwa resistensi *cake* meningkat karena terkumpulnya protein di permukaan membran. Teknik pengukuran yang dilakukan untuk mengamati fenomena *fouling* secara langsung adalah dengan menggunakan *Scanning Electrone Microscopy* (SEM).”

Adsorpsi komponen cairan (misalnya protein, surfaktan, lipid) pada permukaan membran merupakan elemen pemicu terjadinya *fouling* adsorptif. *Fouling* adsorptif terjadi apabila *foulant* teradsorpsi pada permukaan membran dan mengakibatkan penyumbatan pada pori-pori membran. *Fouling* adsorptif dapat mengurangi kinerja membran terutama fluks membran (Ho dan Andrew, 2001).

Evaluasi kinerja membran dapat dinyatakan dalam bentuk *Relative water Flux Reduction* (RFR) seperti pada persamaan 2.1:

$$RFR = \frac{J_{am} - J_{ads}}{J_{am}} \times 100\% \quad 2.1$$

Keterangan:

RFR : *Relative water Flux Reduction*

J_{am} : Fluks air membran sebelum adsorpsi ($L/m^2.h$)

J_{ads} : Fluks air membran setelah adsorpsi ($L/m^2.h$)

(Susanto *et al.*, 2006).

RFR digunakan untuk mengevaluasi kinerja membran setelah *fouling* adsorptif. RFR juga digunakan untuk mengevaluasi ketahanan *fouling* pada membran. Nilai RFR yang semakin besar maka penurunan fluks air yang terjadi, juga semakin tinggi, sehingga semakin rendah suatu membran memiliki ketahanan *fouling*. Membran yang memiliki ketahanan *fouling* rendah akan mudah mengalami *fouling*. Membran yang memiliki nilai RFR kecil, maka dapat dikatakan bahwa membran tersebut memiliki ketahanan *fouling* yang baik. Membran yang baik dan tahan terhadap *fouling* akan memiliki nilai RFR <10%. Membran dengan nilai RFR lebih dari 10% akan mengalami penurunan fluks yang cukup signifikan, sehingga mengindikasikan bahwa membran mengalami *fouling*. Nilai tahanan *fouling* pada membran juga dapat menunjukkan terjadinya *fouling* pada membran. Tahanan *fouling* membran yang sama dengan atau lebih besar dari 1 mengindikasikan tidak ada *fouling* adsorptif yang terjadi. Ketahanan *fouling* dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2:

$$\text{Tahanan Fouling} = \frac{J_{ads}}{J_{am}} \quad 2.2$$

Keterangan:

J_{am} : Fluks air membran sebelum adsorpsi (L/m².h)

J_{ads} : Fluks air membran setelah adsorpsi (L/m².h).

(Susanto *et al.*, 2006).

Fouling yang terjadi pada pemisahan protein dan monomernya, umumnya karena ukuran partikel protein lebih kecil dari ukuran pori membran. Penyumbatan disebabkan karena terjadinya penyerapan peptida dan asam amino yang terakumulasi pada dinding pori membran. Pori membran tersumbat oleh peptida pendek dan asam amino mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori membran. Partikel asam amino dengan mudah masuk ke dalam pori membran, sehingga akan mengalami penyumbatan internal (Sumarto, 2005).

Menurut Ahmad (2009), larutan umpan yang mengandung protein pada suhu tinggi atau larutan umpan yang mengandung protein tetapi berada pada pH titik isoelektris protein (pH 5), akan terjadi penurunan fluks dan cenderung

mendorong terjadinya *fouling*. Teknik yang digunakan untuk mengontrol *fouling* diantaranya yaitu perlakuan awal *feed* (umpan), pembersihan secara kimia dan optimasi kondisi operasi seperti suhu, pH, tekanan transmembran dan kecepatan laju alir silang yang dapat mengurangi *fouling* (Mohammadi *et al.*, 2003).

2.8. Material Membran

Membran sintetik dibuat dengan menggunakan bahan material organik maupun anorganik. Material organik berupa polimer selulosa asetat, polikarbonat dan polisulfon sedangkan material anorganik berupa keramik, kaca dan logam (Scott, 1995). Pelarut yang digunakan pada sintesis membran tergantung polimer yang digunakan, membran campuran CA/PSf yang disintesis pada penelitian ini menggunakan pelarut N,N-dimetilasetamida (DMAc) dengan penambahan zat aditif polietilen glikol (PEG).

2.8.1. Selulosa Asetat (CA)

Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun atas satuan glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida β -1,4 antar molekul glukosa penyusunnya. Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Molekul selulosa merupakan rantai-rantai, atau mikrofibril dari D glukosa sampai 14.000 satuan yang terdapat sebagai berkas-berkas terpuntir mirip tali, yang terikat satu sama lain oleh hidrogen (Fessenden dan Fessenden, 1989). Berat molekulnya bervariasi antara 500.000-1.500.000 yang tiap unitnya mempunyai berat molekul 3000-9000. Glukosa mengandung 3 gugus hidroksil yang sangat tidak reaktif. Selulosa mempunyai sifat seperti kristalin dan tidak mudah larut dalam air walaupun polimer ini sangat hidrofilik yang disebabkan karena sifat kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antara gugus hidroksil (Mulder, 1996).

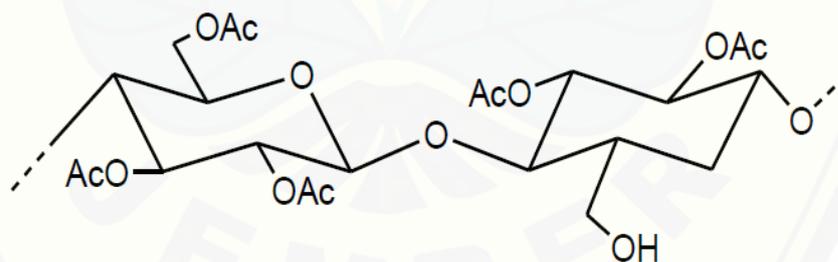
Selulosa asetat berwujud padat (serbuk), mempunyai rumus molekul $(C_6H_7O_2(CH_3COO))_3$ dengan titik lebur 533,15K. Sifat kimia selulosa asetat adalah larut dalam aseton, dimetilformamida (DMF), dioksan tetrahidrofur (THF), asam asetat, dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilasetamida (DMAc).

Selulosa asetat merupakan ester yang paling penting yang berasal dari asam

organik yang pada umumnya digunakan untuk pabrik cat laker, plastik, film dan benang. Selulosa asetat bila dibandingkan dengan selulosa nitrat, selulosa asetat tidak mudah terbakar. Sifat-sifat teknis selulosa asetat ditentukan oleh derajat substitusi yang berperan terhadap kecocokannya dengan membuat plastik maupun kelarutannya dalam pelarut. Kriteria kedua adalah derajat polimerisasi, yang dinyatakan dengan kekentalan yang mempengaruhi sifat-sifat mekanik produk dan kinerjanya (Fengel dan Wegener, 1995).

Selulosa asetat berwarna putih, berbau menyengat, hambar dan tidak beracun. Selulosa asetat diproduksi dengan kandungan asetil 38-40,5 %. Selulosa asetat mudah larut dalam aseton, termasuk dalam polimer termoplastik dan stabil (Mark *et al.*, 1968).

Reaksi esterifikasi selulosa asetat pada dasarnya adalah pergantian satu, dua atau tiga gugus hidroksil dari unit glukosa. Esterifikasi akan berlangsung lebih cepat dengan adanya katalisator asam kuat (H_2SO_4). Asam perklorat juga bisa digunakan sebagai katalisator karena merupakan asam kuat yang dapat terdisosiasi sempurna dalam air sehingga menyebabkan terjadinya reaksi yang berlangsung lebih cepat (Fengel dan Wegener, 1995). Struktur kimia selulosa asetat dapat dilihat pada gambar 2.5:



Gambar 2.5. Struktur selulosa asetat (GAMA, 2014).

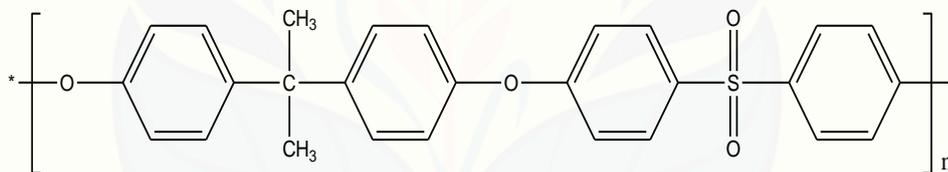
Membran selulosa asetat mempunyai kekurangan antara lain sangat reaktif terhadap reaksi kimia, reaksi biologi, perubahan suhu, dan kadar pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Pencegahan kerusakan penggunaan membran dapat diusahakan berlangsung pada suhu kamar (Kesting, 1971). Selulosa asetat memiliki beberapa keuntungan sebagai membran di dalam proses nanofiltrasi antara lain selektifannya cukup tinggi sehingga materi-materi yang kecil pun

dapat ditahan (Mulder, 1996).

2.8.2. Polisulfon (PSf)

Radiman *et al.*, (2002), menyatakan bahwa polisulfon merupakan polimer yang banyak digunakan dalam teknologi membran karena memiliki kestabilan kimia dan termal yang cukup baik. Polisulfon bersifat hidrofobik karena mempunyai gugus aromatik pada struktur kimianya dan memiliki kelarutan yang rendah dalam larutan alifatik tetapi masih bisa larut dalam pelarut polar. Sifat hidrofobik tersebut yang menyebabkan permeabilitasnya untuk sistem larutan air tidak terlalu baik.

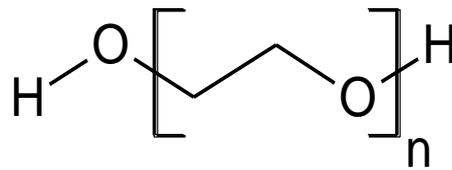
Polisulfon memiliki keunggulan yaitu tahan terhadap panas dan kaku, stabil antara pH 1,5–13, temperatur kisaran 75–125 °C dan resistansi yang tinggi (asam mineral, alkali dan garam). Polisulfon memiliki densitas 1,24 g/cm³, transisi glas 190-230 °C, parameter kelarutan 10,5 (Cal/cm³)^{0,5} dan kelarutan dalam air 20 °C sebesar 0,8 g/100 mL (Voicu *et al.*, 2004). Struktur polisulfon ditunjukkan pada Gambar 2.6:



Gambar 2.6. Struktur Polisulfon (Voicu et al, 2004).

2.8.3. Polietilen Glikol (PEG)

“PEG adalah molekul sederhana dengan struktur molekul linier atau bercabang, polieter netral, sesuai dengan beberapa variasi bobot molekul, dan larut dalam air dan beberapa pelarut organik. PEG tersedia dalam berbagai macam berat molekul mulai dari 200 sampai 8000. PEG yang umum digunakan adalah PEG 200, 400, 600, 1000, 1500, 1540, 3350, 4000, 6000 dan 8000. Nomor pada PEG menunjukkan berat molekul rata-rata dari masing-masing polimernya. PEG yang memiliki berat molekul rata-rata 200, 400, 600 berupa cairan bening tidak berwarna dan yang mempunyai berat molekul rata-rata lebih dari 1000 berupa lilin putih, padat dan kekerasannya bertambah dengan bertambahnya berat molekul” (Harris, 1992). Rumus molekul PEG dapat dilihat pada Gambar 2.7:

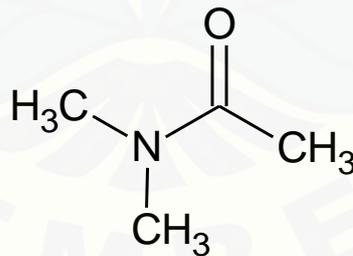


Gambar 2.7. Struktur polietilen glikol (PEG) (Harris, 1992).

2.8.4. N,N-dimetilasetamida (DMAc)

Pelarut yang mempunyai sifat pelarut yang tinggi dan sering digunakan untuk melarutkan polimer selulosa asetat dan polisulfon dalam pembuatan membran adalah N,N-dimetilasetamida (DMAc). DMAc memiliki rumus molekul $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$. DMAc merupakan senyawa yang dibuat dari tris (N,N-dimetilamina) fosfat dan asam asetat anhidrida yang dapat melarutkan polisulfon dengan baik sampai terbentuk larutan homogen (Stecher *et al.*, 1960).

DMAc bersifat higroskopis yang harus disimpan dalam ruang inert, tidak mudah menguap dan cenderung stabil karena memiliki rentang ketahanan suhu yang relatif luas dengan titik didih di atas $164,5\text{--}166^\circ\text{C}$, berat jenis $0,937\text{ kg/L}$ dan titik leleh -20°C . DMAc memiliki parameter kelarutan $10,8\text{ (Cal/cm}^3)^{0,5}$, larut dalam air dan indeks kepolaran 6,8 (Bandrup *et al.*, 1999). Struktur N,N-dimetilasetamida ditunjukkan pada Gambar 2.8:



Gambar 2.8. Struktur DMAc (Bandrup *et al.*, 1999).

2.9. Protein

Protein merupakan senyawa organik yang berbobot molekul yang tinggi, berkisar antara beberapa ribu sampai jutaan. Protein memiliki susunan rantai yang rumit dan beraneka ragam. Protein ini tersusun dari atom C, H, O dan N serta unsur lainnya seperti S dan P yang membentuk unit-unit asam amino yang

berkaitan satu sama lain (Sari, 2007). Menurut Winarno (1997), asam–asam amino digabungkan oleh suatu ikatan peptida (-CONH-). Gugus karbonil suatu asam amino berkaitan dengan gugus amino dari molekul asam amino lain yang menghasilkan ikatan *dipeptida* dengan melepas molekul air. Protein sendiri terdiri dari satu atau lebih polipeptida yang dapat serupa atau berbeda.

Gugus asam amino dan karboksil pada ujung-ujung rantai molekul protein, menyebabkan protein memiliki banyak muatan (polielektrolit) dan bersifat *amfoter* (dapat bereaksi dengan asam dan basa). Daya reaksi berbagai jenis protein terhadap asam dan basa tidak sama tergantung dari jumlah dan letak gugus amino serta karboksil dalam molekul (Maryati, 2003).

Protein dapat digolongkan menurut struktur, bentuk dan sifat fisik, kelarutannya, tingkat degradasi dan fungsinya. Berdasarkan strukturnya protein dibedakan menjadi 4, yaitu struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener (Winarno, 1997). Menurut bentuk dan sifat fisiknya, yaitu:

- a. Protein *fibriler*, yaitu protein yang berbentuk serabut. Protein ini tidak larut dalam pelarut-pelarut encer, baik larutan garam, asam, basa ataupun alkohol. Berat molekulnya yang besar belum dapat ditentukan dengan pasti dan sukar dimurnikan.
- b. Protein *globuler*, yaitu protein yang berbentuk bola. Protein ini larut dalam larutan garam dan asam encer, lebih mudah berubah dibawah pengaruh suhu, konsentrasi garam, pelarut asam dan basa. Protein ini mudah terdenaturasi, yaitu susunan molekulnya berubah yang diikuti perubahan sifat fisiknya

(Sari, 2007).

“Protein pada umumnya hanya berfungsi aktif biologis pada daerah pH dan suhu yang terbatas. Suhu dan pH berubah melewati batas-batas, maka protein akan mengalami denaturasi. Denaturasi dapat di bagi menjadi dua macam yaitu pengembangan rantai peptida dan pemecahan protein menjadi unit-unit yang lebih kecil tanpa disertai pengembangan molekul. Denaturasi kedua jenis ini dapat terjadi tergantung pada keadaan molekul, pertama terjadi pada rantai polipeptida, sedangkan yang kedua terjadi pada bagian-bagian molekul yang tergabung dalam ikatan sekunder. Ikatan- ikatan yang dipengaruhi oleh proses denaturasi ini adalah ikatan hidrogen, ikatan hidrofobik, ikatan ionik antara gugus yang bermuatan positif dan negatif serta muatan intramolekular” (Vinesian, 2010).

“Struktur protein yang berada di alam biasanya membentuk struktur sekunder, tersier maupun kuartener. Faktor pH dan suhu yang melewati batas-

batas tertentu, protein akan mengalami denaturasi, sehingga susunan ruang atau rantai polipeptida suatu molekul protein berubah. Perubahan tersebut dapat menyebabkan ikatan-ikatan yang ikut menstabilkan struktur protein mengalami proses pemecahan seperti proses pemecahan pada ikatan hidrogen, ikatan hidrofobik, ikatan garam dan terbukanya lipatan molekul (Vinesian, 2010).”

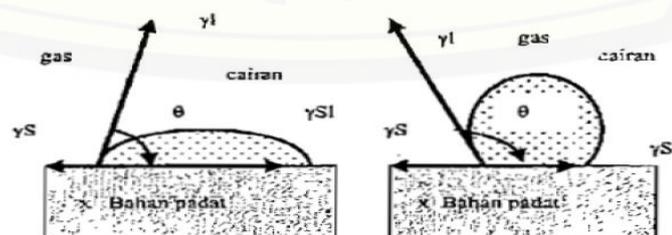
Denaturasi pada protein globular jelas terlihat dari berkurangnya daya larut, sebagai contoh protein BSA (*Bovine Serum Albumin*) yang merupakan protein albumin yang terkandung pada serum sapi. Protein BSA memiliki berat molekul $67.000 \text{ g mol}^{-1}$. Protein albumin ini dapat larut dalam air dan mudah terkoagulasi oleh panas, selain itu akan mengalami perubahan struktur pada $\text{pH} < 4$. Protein tersebut saat ditambahkan garam dengan konsentrasi yang tinggi, protein tersebut akan berkurang daya larutnya dan menghasilkan endapan (Winarno, 1997).

2.10. Karakterisasi Membran

Karakterisasi membran meliputi penentuan sudut kontak dan kinerja membran meliputi uji fluks, rejeksi dan uji ketahanan *fouling*:

2.10.1. Sudut Kontak

Sudut kontak adalah sudut yang diukur secara konvensional menggunakan cairan, di mana *interface* dari cair/uap memenuhi permukaan padatan. Sudut kontak bersifat spesifik untuk setiap sistem yang diberikan dan ditentukan oleh interaksi di tiga fase yakni gas, cairan dan padatan. Konsep sudut kontak diilustrasikan dengan tetesan cairan kecil pada permukaan padat yang datar dan horisontal. Sudut kontak memainkan peran sebagai kondisi batas yang diukur menggunakan alat goniometer (Yuan dan Lee, 2013). Gambar ilustrasi sudut kontak pada permukaan benda padat adalah:



Gambar 2.9. Sudut kontak permukaan benda padat (Wu, 1982).

Berdasarkan pada gambar 2.9 ada tiga keadaan yang dapat dibedakan

sesuai dengan persamaan berikut:

$$\gamma_s > \gamma_{sl} + \gamma^f \cos \theta \quad 2.3$$

$$\gamma_s < \gamma_{sl} + \gamma^f \cos \theta \quad 2.4$$

$$\gamma_s = \gamma_{sl} + \gamma^f \cos \theta \quad 2.5$$

Keterangan:

γ_s = tegangan permukaan padatan

γ^f = tegangan permukaan cairan

γ_{sl} = tegangan antarmuka padat dengan cairan

θ = sudut kontak

Persamaan 2.3 menunjukkan suatu cairan tersebar pada permukaan padat, persamaan 2.4 menunjukkan suatu cairan tidak menyebar atau mengkerut, dan persamaan 2.5 menunjukkan keseimbangan tetesan cairan pada permukaan.

Permukaan membran dengan tingkat hidrofilik tinggi, tetesan air akan menunjukkan sudut kontak dari 0° sampai 30° . Permukaan membran yang bersifat hidrofobik akan memiliki sudut kontak lebih besar dari 90° . Permukaan membran yang sangat hidrofobik akan memiliki sudut kontak air setinggi 120° . Bahan yang memiliki permukaan yang sangat kasar dapat mempunyai sudut kontak air yang lebih besar dari 150° yang disebut sebagai permukaan *superhydrophobic* (Yuan dan Lee, 2013).

Keseimbangan yang stabil diperoleh dengan tersedianya permukaan yang ideal dan halus serta seragam. Permukaan zat yang kasar atau heterogen, maka sistem dalam keadaan tidak stabil dan pengukuran sudut kontak juga tidak stabil. Sudut kontak juga tidak hanya tergantung pada tegangan permukaan tetapi juga tergantung pada kekasaran permukaan dan volume butir air (Wu, 1982).

2.10.2. Fluks

Kinerja suatu membran ditentukan nilai fluks. Fluks volume adalah jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan membran. Permeabilitas akan menentukan harga fluks yang merupakan volume permeat yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Fluks volume dirumuskan pada persamaan 2.6.

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \quad 2.6$$

Keterangan:

J_v = Fluks volume (L/m²jam)

V = Volume permeat (L)

A = Luas permukaan membran (m²)

t = Waktu (jam)

Aliran selanjutnya sering dinotasikan sebagai fluks yang didefinisikan sebagai volume aliran yang melalui membran per unit area dan waktu. Satuan SI yang dipakai untuk menyatakan fluks antara lain: L/m²jam dan L/m²hari. Proses kompaksi membran dilakukan sebelum perlakuan uji fluks pada membran. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan. Penurunan fluks air akan terjadi karena adanya deformasi mekanik pada matriks membran akibat tekanan yang diberikan. Proses deformasi ini mengakibatkan terjadinya pemadatan pori membran, sehingga nilai fluks menjadi turun. Perlakuan tersebut akan menghasilkan nilai fluks untuk setiap tekanan pada membran, kemudian dibuat grafik nilai perubahan tekanan (sebagai sumbu X) dan nilai fluks (sebagai sumbu Y).

2.10.3. Kofisien Rejeksi

Selektifitas membran terhadap campuran secara umum dinyatakan oleh satu dari dua parameter yaitu koefisien rejeksi (R) dan faktor pemisahan (α). Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran menahan atau melewatkan suatu molekul. Selektivitas membran tergantung pada interaksi antara permukaan dengan molekul, ukuran molekul, dan ukuran pori membran. Selektivitas umumnya dinyatakan oleh rejeksi. Rejeksi dinyatakan dalam persamaan 2.7 (Saljhoughi, 2010).

$$R = \left(\frac{1 - C_p}{C_f} \right) \times 100\% \quad 2.7$$

Keterangan:

R = kofisien rejeksi,

C_p = konsentrasi permeat,

C_f = konsentrasi larutan umpan

Nilai R bervariasi antara 0–100%. Nilai R 100% artinya terjadi pemisahan sempurna, dalam hal ini membran semipermeabel ideal sedangkan nilai R 0% berarti semua partikel lolos dari membran. Membran yang baik mempunyai porositas permukaan yang tinggi (fraksi pori/luas permukaan) dan distribusi ukuran pori sesempit mungkin sehingga perlu dilakukan suatu optimasi terhadap perlakuan membran untuk mendapatkan fluks dan rejeksi yang tinggi (Mulder, 1996).



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Desember 2016 sampai Januari 2017. Penelitian terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan membran dan karakterisasi membran. Karakterisasi membran meliputi uji hidrofilitas, sedangkan kinerja membran meliputi uji fluks, ketahanan *fouling*, rejeksi dekstran dan BSA.

Preparasi dan pengujian membran dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik dan Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

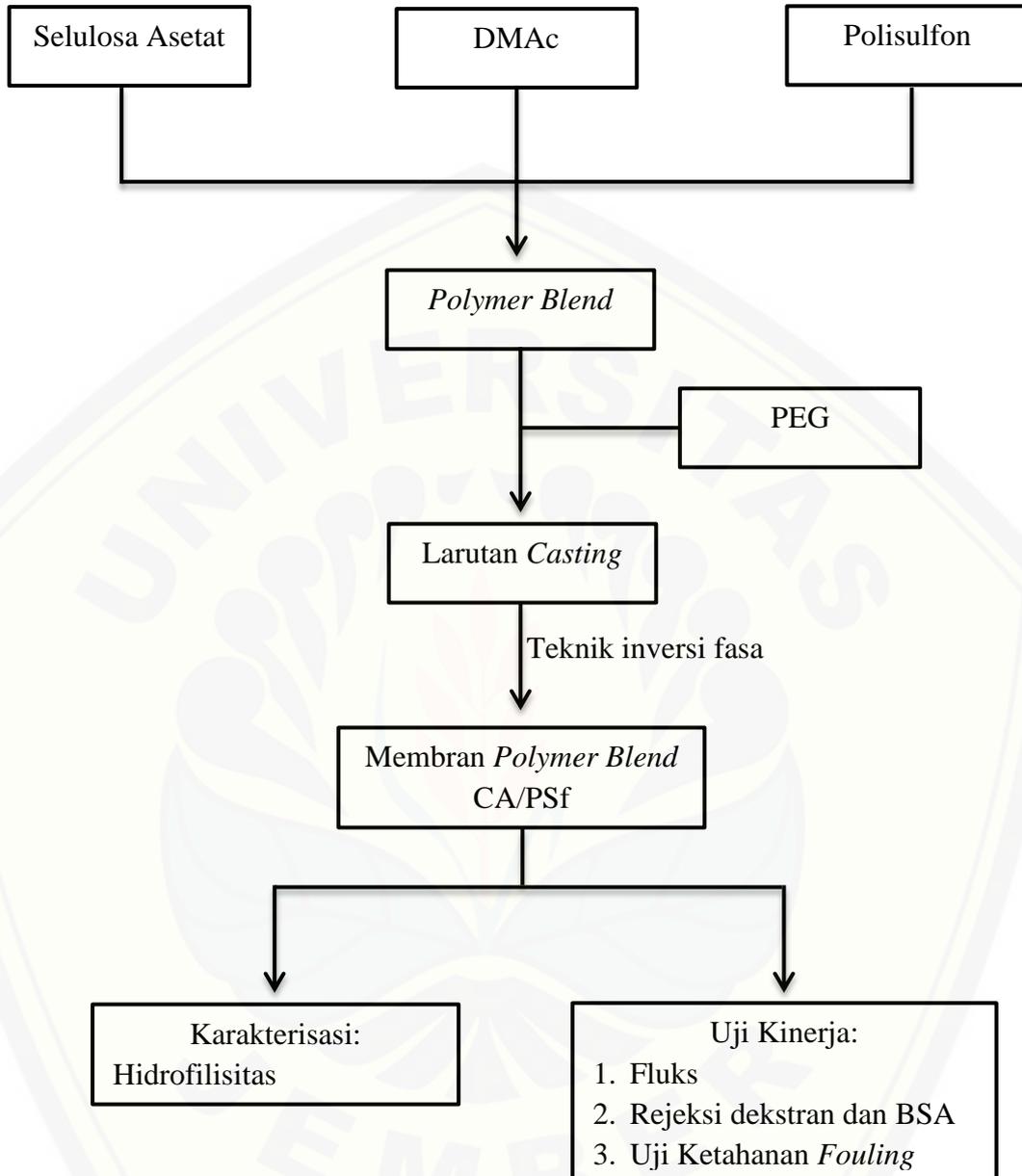
3.2.1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah: peralatan gelas, neraca analitik merk OHAUS, penangas (*hot plate*), mikrometer, kompresor, pengaduk, cetakan membran (plat kaca dan lampu neon), neon, pengaduk magnetik dan anak *stirrer*, selotip, satu set alat ultrafiltrasi modul flat sistem *dead end*, botol semprot, bak koagulasi, goniometer, spektrofotometer UV-Vis 756 CRT.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: polisulfon p.a. 35 kDa, selulosa asetat *Aldrich Chemicals* (39,9 wt%, M_w 30 kDa), poli(etilena glikol) 400 (PEG400) *Brataco Chemika*, akuades, N,N-dimetil asetamida (DMAc) $\rho = 0,98$ g/mL, Asam Sitrat ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ 0,1 M (pa) dari RDH, $Na_2HPO_4 \cdot H_2O$ 0,2 M (pa), BSA 67 kDa, dekstran 70 kDa (*sigma aldrich*), fenol p.a (*merck*), asam sulfat p.a (*merck*), *Comasie Brilliant Blue* (CBB), etanol 95% (*merck*), asam fosfat 85% (*merck*), aluminium foil, kertas saring, selotip.

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Skema preparasi dan pengujian membran *polymer blend* CA/PSf

3.4. Teknik pembuatan membran

Membran pada penelitian ini dibuat menggunakan teknik inversi fasa. Jumlah polimer dan pelarut yang digunakan dalam pembuatan membran berturut-turut sebesar 25% dan 75%. Variasi CA/PSf dalam pembuatan membran adalah 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan 75:25. Larutan polimer disiapkan dengan cara menimbang masing-masing polimer CA/PSf dengan komposisi yang mengacu pada tabel 3.1 lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Polimer CA/PSf diaduk hingga kedua polimer dapat bercampur. Campuran polimer CA/PSf yang telah bercampur ditambahkan pelarut DMAc sebanyak 9,18 mL lalu ditutup dengan aluminium foil untuk mengurangi penguapan pelarut. Campuran CA/PSf/DMAc diaduk dengan pengaduk magnetik sampai homogen. Campuran polimer yang telah homogen kemudian ditambahkan PEG400 sebanyak 5% dan diaduk campuran tersebut sampai homogen.

Tabel 3.1. Rancangan penelitian membran *polymer blend* CA/PSf

CA (gram)	PSf (gram)	DMAc (mL)	PEG (mL)
2,85	0,15	9,18	0,53
2,70	0,30	9,18	0,53
2,55	0,45	9,18	0,53
2,40	0,60	9,18	0,53
2,25	0,75	9,18	0,53

Campuran polimer yang telah larut sempurna (homogen) didiamkan hingga tidak ada gelembung udara dalam membran. Larutan *casting* dituang pada cetakan membran plat kaca yang telah diberi selotip pada tepi plat kaca untuk mengatur ketebalan dari membran. Proses selanjutnya adalah celupkan plat kaca yang berisi membran ke dalam bak koagulasi yang berisi akuades. Percobaan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Membran yang dipilih dalam penelitian adalah membran yang memiliki ketebalan yang seragam yaitu dengan cara melakukan pengukuran menggunakan mikrometer pada beberapa daerah titik membran yang kemudian dirata-rata.

3.5. Uji Karakterisasi Membran

3.5.1. Hidrofilisitas Membran

Uji yang dilakukan adalah hidrofilisitas pada membran *polymer blend* CA/PSf. Uji sifat hidrofilisitas membran *polymer blend* CA/PSf dengan berbagai macam variasi komposisi CA/PSf dapat diketahui dengan penentuan sudut kontak membran. Membran *polymer blend* CA/PSf yang sudah terbentuk ditetesi air, kemudian sudut kontak kontak membran diukur menggunakan alat goniometer. Pengujian dilakukan pada membran *polymer blend* CA/PSf dengan variasi komposisi yang sesuai dengan tabel 3.1. Data sudut kontak membran yang diperoleh dapat digunakan dalam penentuan sifat hidrofilisitas membran *polymer blend* CA/PSf.

3.5.2. Uji Fluks

Uji Fluks dilakukan untuk mengetahui jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan. Membran yang sudah dicetak dipotong membentuk lingkaran sesuai diameter alat ultrafiltrasi *dead-end*. Kompaksi membran dilakukan sebelum pengujian fluks air. Kompaksi membran berfungsi untuk penataan ulang pori membran sehingga mampu menghasilkan pori yang seragam. Kompaksi dilakukan dengan memasukkan akuades sebanyak kurang lebih 50 mL ke dalam sel filtrasi dan ditutup rapat kemudian diberikan tekanan sebesar 2 bar. Akuades yang melewati membran setiap satu mL dicatat waktu alir yang dibutuhkan hingga diperoleh fluks yang konstan. Fluks volume ditentukan dengan persamaan 2.6. Membran yang telah dikompaksi kemudian dilakukan pengujian fluks air. Pengujian fluks air dilakukan dengan prosedur yang sama saat penentuan kompaksi, namun dalam pengujian ini yang dicatat adalah banyaknya volume akuades yang lolos melewati membran selama satu jam dan dihitung nilai fluksnya berdasarkan persamaan 2.6.

3.5.3. Koefisien Rejeksi Dekstran

Koefisien rejeksi membran dilakukan menggunakan larutan dekstran 70 kDa. Konsentrasi dekstran yang digunakan sebesar 1000 ppm sebanyak ± 50 mL yang dilewatkan melalui membran. Pemisahan dilakukan dengan tekanan 2 bar selama 1 jam. Retentat dan larutan umpan diambil sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan fenol 5% sebanyak 1 mL dan H₂SO₄ pekat 5 mL yang selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL sampai tanda batas. Larutan fenol 5% dibuat dengan cara dengan menimbang fenol sebanyak 1,25 gram kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas. Absorbansi retentat dan permeat dekstran diukur menggunakan spektrofotometri. Konsentrasi retentat dan permeat digunakan untuk menentukan koefisien rejeksi. Koefisien rejeksi membran dihitung berdasarkan persamaan 2.7.

Pembuatan kurva larutan standar dekstran dilakukan dengan menyiapkan larutan induk dekstran 70 kDa konsentrasi 1000 ppm. Larutan induk 1000 ppm diencerkan menjadi 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, dan 900 ppm. Larutan yang telah diencerkan diambil masing-masing 1 mL kemudian ditambahkan H₂SO₄ pekat 5 mL dan fenol 5% sebanyak 1 mL yang selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, dan 40 ppm. Blanko dibuat menggunakan H₂SO₄ pekat 5 mL dan fenol 5% sebanyak 1 mL yang selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL sampai tanda batas. Larutan standar yang digunakan untuk *scanning* adalah larutan standar dekstran konsentrasi 20 ppm. *Scanning* dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-550 nm.

Larutan standar dekstran yang sudah terbentuk pada konsentrasi 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, dan 40 ppm kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dari hasil *scanning* dengan spektrofotometer. Hasil pengukuran kemudian dibuat kurva larutan standar antara konsentrasi dekstran (sumbu X) dengan absorbansi (sumbu Y), kurva tersebut akan diperoleh

persamaan garis yang digunakan untuk menentukan konsentrasi pada larutan dekstran bagian retentat dan permeat.

3.5.4. Uji Ketahanan *Fouling*

a. Pembuatan Larutan Umpan BSA

Larutan BSA dibuat dengan melarutkan protein BSA dengan *buffer* pH 7. Larutan *buffer* yang digunakan adalah *buffer* fosfat yang memiliki rentang pH 5,7-8,0. Pembuatan larutan *buffer* pH 7 yakni dengan menyiapkan larutan A (NaH_2PO_4 0,2 M) dan larutan B (NaHPO_4 0,1 M). Pembuatan larutan A (NaH_2PO_4 0,2 M) dilakukan dengan cara melarutkan 2,78 gram NaH_2PO_4 , setelah itu diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas. Pembuatan larutan B (Na_2HPO_4 0,1 M) dilakukan dengan cara melarutkan 5,37 gram $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, setelah itu diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas. Pembuatan larutan *buffer* pH 7 dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 45 mL larutan A dan 55 mL larutan B dan diukur menggunakan pH meter.

Protein BSA dilarutkan menggunakan *buffer* pH 7 karena protein pada kondisi asam atau basa akan mengalami denaturasi, sehingga BSA yang digunakan pada uji *fouling* dilarutkan pada pelarut kondisi pH netral yakni menggunakan *buffer* pH 7. Larutan BSA 1000 ppm pH 7 dibuat dengan cara melarutkan 0,1 gram BSA dengan larutan *buffer* pH 7 dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas (Susanto *et al.*, 2006).

b. Uji Ketahanan *Fouling* dengan Larutan BSA

Uji kinerja membran dapat dilakukan dengan melakukan uji *fouling* adsorptif dari ultrafiltrasi dengan melakukan pengukuran fluks air dan fluks *Bovine Serum Albumin* (BSA) menggunakan set alat ultrafiltrasi. Membran yang digunakan adalah membran *polymer blend* CA/PSf dengan komposisi CA/PSf sesuai dengan tabel 3.1. Membran dipotong dengan ukuran yang sama berbentuk lingkaran diameter 5,5 cm.

Membran CA/PSf yang telah terkompaksi diukur fluks airnya sebanyak tiga kali yang kemudian dilanjutkan pengukuran fluks protein BSA. Larutan *foulant* yaitu larutan BSA dimasukkan ke dalam set alat ultrafiltrasi lalu dicatat banyaknya volume BSA yang lolos melewati membran selama satu jam dan dihitung nilai fluks BSA berdasarkan persamaan 2.6. Larutan BSA pada membran dikeluarkan dari set ultrafiltrasi. Membran yang telah difiltrasi dengan BSA direndam dan dibilas menggunakan akuades lalu dilap permukaan membran menggunakan tisu, kemudian diukur fluks air dengan cara yang sama sebanyak tiga kali pengulangan. *Fouling* membran ditentukan dengan mengukur nilai fluks air sebelum dan sesudah filtrasi dengan BSA untuk menghitung nilai RFR (*Relative water Fluks Reduction*) dengan persamaan 2.1, selanjutnya dari nilai RFR yang didapat diukur tahanan *fouling*nya menggunakan persamaan 2.2.

3.5.5. Koefisien Rejeksi BSA

a. Pembuatan Reagen Bradford

Comasie Brilliant Blue (CBB) ditimbang sebanyak 10 mg dan dilarutkan dalam 5 mL etanol 95%. Larutan tersebut kemudian ditambah 10 mL asam fosfat 85% lalu diencerkan dengan akuades hingga 100 mL dalam labu ukur. Reagen yang sudah jadi kemudian disaring dengan kertas Whatman dan disimpan dalam botol gelap pada suhu ruang.

b. Kurva Standar BSA

Kurva standar BSA dibuat sebelum mengukur konsentrasi retentat dan hasil filtrasi BSA (permeat). Larutan standar BSA 1000 ppm diencerkan hingga konsentrasi 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, dan 900 ppm. Larutan yang telah diencerkan masing-masing diambil 1 mL dan ditambah 5 mL reagen Bradford yang selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 ppm. *Scanning* panjang gelombang maksimum dilakukan sebelum mengukur absorbansi dari BSA menggunakan larutan BSA 20 ppm. Larutan BSA 20 ppm kemudian *discanning* pada range panjang gelombang 500-650 nm untuk

menentukan panjang gelombang maksimumnya. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh digunakan untuk membuat kurva standar BSA dan penentuan konsentrasi BSA. Larutan BSA variasi konsentrasi 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum hasil *scanning* dan dibuat grafik antara sumbu x (konsentrasi BSA) dan y (nilai absorbansi).

c. Penentuan Koefisien Rejeksi BSA

Penentuan koefisien rejeksi ini dilakukan untuk mengetahui besarnya rejeksi membran *polymer blend* CA/PSf terhadap BSA. Larutan BSA pada bagian retentat dan permeat diukur konsentrasinya menggunakan spektrofotometri, di mana 1 mL larutan BSA direaksikan dengan reagen Bradford sebanyak 5 mL lalu ditambah akuades pada labu ukur 25 mL sampai tanda batas dan didiamkan selama 2-3 menit. Absorbansi retentat dan hasil filtrasi BSA (permeat) diukur pada serapan panjang gelombang maksimum hasil *scanning*. Absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menghitung konsentrasi retentat dan permeat, yang selanjutnya ditentukan koefisien rejeksinya. Koefisien rejeksi dapat dihitung dengan persamaan 2.7.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Sudut kontak membran meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah PSf dalam komposisi CA/PSf, sehingga sifat hidrofilitas membran semakin rendah.
2. Nilai fluks air dan rejeksi membran dipengaruhi oleh komposisi CA/PSf dalam membran. Jumlah PSf meningkat menghasilkan nilai fluks air yang semakin besar serta rejeksi (dekstran 70 kDa dan BSA 67 kDa) semakin kecil dan sebaliknya.
3. Semakin meningkat jumlah PSf dalam membran menghasilkan RFR yang tinggi dan tahanan *fouling* yang rendah, sehingga rentan terhadap *fouling* dan sebaliknya. Membran yang tahan terhadap *fouling* memiliki nilai RFR yang rendah dan tahanan *fouling* yang tinggi.

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah:

Berdasarkan penelitian tersebut, perlu dilakukan uji morfologi membran untuk mengetahui ukuran pori membran yang terbentuk serta *fouling* yang terjadi pada membran *polymer blend* CA/PSf. Pengukuran konsentrasi permeat dan sisa larutan umpan juga perlu dilakukan untuk membandingkan konsentrasi protein pada bagian retentat dan permeat. *Blending polymer* dengan jumlah PSf yang lebih dominan dari CA juga perlu dilakukan untuk mengetahui ukuran pori yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W. 1992. *Physical Chemistry of Surface*. A Wiley Interscience Publication. USA.
- Ahmad, S. 2009. Uji Kinerja Membran Ultrafiltrasi dengan Bovine Serum Albumin Sebagai Larutan Umpan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 11 (1): 6-9.
- Arrahman, N. 2012. Konsep Dasar Proses Pembuatan Membran Berpori dengan Metode Non-Solvent Induced Phase Separation-Penentuan Cloud Point Dan Diagram Tiga Fasa. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol. 9 (2): 68-73.
- Bandrup, J. J., dan Son, W. 1975. *Handbook Polimer 2nd edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Bandrup, J. J., Immergut, E. H., Grulke, E. A. 1999. *Polymer Handbook, 4th edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Bungay, P. M., Lonsdale, H. K., dan Pinho, M. N. 1986. *Synthetic Membranes: Science Engineering and Applications*. Marylands: NATO ASI Series.
- Cheryan, M. 1986. *Ultrafiltration Book*. Lancaster PA: Technomic Pub Co Inc.
- Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, 2nd edition*. United States America: CRC Press.
- Choi, H., Zhang, K., Dionysiou, D. D., Oerther, D. B., dan Sorial, G. A. 2005. Effect of Permeate Flux and Tangential Flow on Membrane Fouling for Wastewater Treatment. *Separation and Purification Technology*. Vol. 45(1): 68-78.
- Fengel, D., dan Wegener, G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. Yogyakarta: UGM Press.
- Fessenden, R. J., dan Fessenden, J. S. 1989. *Kimia Organik. Jilid 2 Edisi ketiga*. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka dari *Organic Chemistry*. Jakarta: Erlangga.
- Gama. 2014. *Cellulose Acetate*. Belgium: GAMA European Avenue Jules Bordest.

- Gruenwedel, D. W., dan Whitaker, J. R. 1987. *Food Analysis: Principles and Techniques*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Harris, M. J. 1992. *Poly (Ethylene Glycol) Chemistry. Biotechnical and Biomedical Applications*. New York: Plenum Press.
- Ho, C., dan Andrew L. Z. 2001. Protein Fouling of Asymmetric and Composite Microfiltration Membranes. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. Vol. 40 (5): 1412-1421.
- Hughes, R. dan Scott, K. 1996. *Industrial Membrane Separation Technology*. Great Britain: Hartnoll's Ltd Bodmin.
- Idris, A., Mieow., dan Ahmed. 2008. The Effect of Monosodium Glutamate Additive On Performance Of Dialysis Membrane. *J. Sci. Technol*: Vol. 3 (2): 172-179.
- Karlina. 2014. Karakterisasi Fouling Protein Pada Membran Polisulfon Tersulfonasi (SPSf). *Skripsi*. Jember: Jurusan Kimia, Universitas Jember.
- Kesting, R. E. 1971. *Synthetic Polymeric Membranes*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Kurniawan, A. 2002. Pengaruh Fouling Terhadap Konduktansi Listrik Pada Proses Filtrasi Membran Polisulfon. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Fisika, Institut Pertanian Bogor.
- Mark, H. F., Ketta, J. J. Mc., dan Othmer, D. F. 1968. *Encyclopaedia of Chemical Tehnology*. New York: Interscience Publisher a Devision of John Wiley and Son.
- Maryati, R. E. 2003. Pengaruh Protein Terhadap Konduktansi Listrik Membran Filtrasi Pada Berbagai Suhu. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Fisika, Institut Pertanian Bogor.
- Mohammadi, T., Kazemimoghadam, M., dan Saadabadi, M. 2003. Modeling of Membrane Fouling and Flux Decline In Reverse Osmosis During Separation of Oil In Water Emulsions. *Desalination*. Vol. 157 (1): 369-375.
- Munirah, N., Mazira, M. A., Ramlah, T. M., Sharifah, A. 2014. Ultrafiltration Formulation of Cellulose Acetate/ Polysulfone Blended Membrane. *Trans Tech Publications*. Vol. 594-595: 281-285.
- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology, 2nd edition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

- Osada, Y., dan Nakagawa, T. 1992. *Membrane Science and Technology*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Piluharto, B., Sjaifullah, A., Rahmawati, I., dan Maryanto. 2013. Membran Polisulfon dengan Teknik UV-Fotografiting dan Aplikasinya pada Proses Ultrafiltrasi Susu Kedelai. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 14 (1): 39-44.
- Radiman, L., Chyntia., Yuliani., Suendo., Veinardi. 2002. Pengaruh Media Perendaman Terhadap Permeabilitas Membran Polisulfon. *Jurnal Matematika dan Sains*. Vol. 7 (2): 77-83.
- Saljoughi, E., Amirilargini, M., dan Mohammadi, T. 2010. Effect of PEG additive and coagulation bath temperature on morphology, permeability and thermal/chemical stability of asymmetric CA membranes. *Desalination*. 262 (1): 72-78.
- Saptono, R. 2008. *Polimer*. Jakarta: Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
- Sari, L. K. 2010. Pemisahan Surfaktan Anionik Sodium Dodesil Sulfat (SDS) dengan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat (CA). *Skripsi*. Jember: Jurusan Kimia, Universitas Jember.
- Scott, K. 1995. *Handbook of Industrial Membranes: Membrane Materials, Preparation and Characterization*. Australian: Elsevier Advanced Technology.
- Sikder, J., Pereira, C., Palchoudhury, S., Vohra, K., Basumatary, D., dan Pal, P. 2009. Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Polysulfone Blend Microfiltration Membrane for Separation of Microbial Cells From Lactic Acid Fermentation Broth. *Desalination*. Vol. 249 (1): 802-809.
- Smallman, R. E., dan Bishop, R. J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material* Terjemahan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
- Sumarto. 2005. Kajian Kinerja Proses Membran Nanofiltrasi dalam Pemisahan Asam amino dari Hidrolisat Enzimatis Protein Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*). *Tesis*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sun, Z., dan Chen, F. 2016. Hydrophilicity and Antifouling Property of Membrane Materials From Cellulose Acetate/Polyethersulfone in DMAc. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol. 13 (1): 21-27.
- Stecher, P., Paul, G., dan Thomas, A. 1960. *The Merck Index of Chemical and Drugs Seventh Edition*. USA: Merck and Co Inc.

- Susanto, H., Balakrishnan, M., dan Ulbricht, M. 2006. Via Surface Functionalization by Photograft Copolymerization to Low fouling Polyethersulfone Based Ultrafiltration Membranes. *Journal of Membrane Science*. Vol. 288 (1): 157-167.
- Thomas, S., Grohens, Y., dan Jyotishkumar, P. *Characterization of Polymer Blends: Miscibility, Morphology and Interfaces, First Edition*. Wiley Verlag: Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA.
- Velu, S., Muruganandam, L., dan 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): 179-189.
- Vinesian, M. D. 2010. *Denaturasi Protein*. Jakarta: Universitas Sahid.
- Voicu, S. I., Stanclu, N. D., Nefchifor, A. C., Vaireanu, D. I., Nefchifor, G. 2008. Polysulfone Doped Polyaniline Composite Membranes, Synthesis and Electrochemical Characteristics. *Semiconductor Conference*. Vol. 9: 42-44.
- Vught, V. F. A. 1998. *Membrane Formation By Phase Investion In Multicomponent Polymer Systems*. Hoogstraten: Willem Farciscus Catherina.
- Wenten, I. G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Penerbit ITB.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan Dan Gizi*. Bogor: Institut Teknologi Bandung.
- Wu, S. 1982. Polymer Interface and Adhesion. *Journal of Membrane Science*. Vol. 25 (1): 87-91.
- Yuan, Y., dan Lee, T. R. 2015. *Surface Science Technology*. USA: University of Houston.
- Yuan, Y., Tian, Y., Shi, G., Li, J., and Chen, C. 2006. Preparation, Morphologies And Properties for Flat Sheet PPESK Ultrafiltration Membrane. *Journal of Membrane Science*. Vol. 270: 146-153.
- Zhou, C., Zhengchi, H., Xiaofeng, L., Zhongying, L., Xiaokai, B., Liuqing, S., and Liang, L. Effect of Polyethersulfone Molecular Weight on Structure an Performance of Ultrafiltration Membranes. *Ind Eng Chem Res*. Vol. 49: 9988-9997.

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Sudut Kontak Membran *Polymer Blend CA/PSf*

CA/PSf	Sudut Kontak	Rata-Rata	SD
95/5	50,5°	50°	1,079
	50,8°		
	48,8°		
90/10	52,2°	52°	0,7071
	51,2°		
	53,6°		
	60,1°		
85/15	58,3°	59°	1,102
	60,3°		
	62,0°		
80/20	60,0°	61°	1,079
	60,3°		
	60,6°		
75/25	65,6°	63°	2,566
	62,1°		

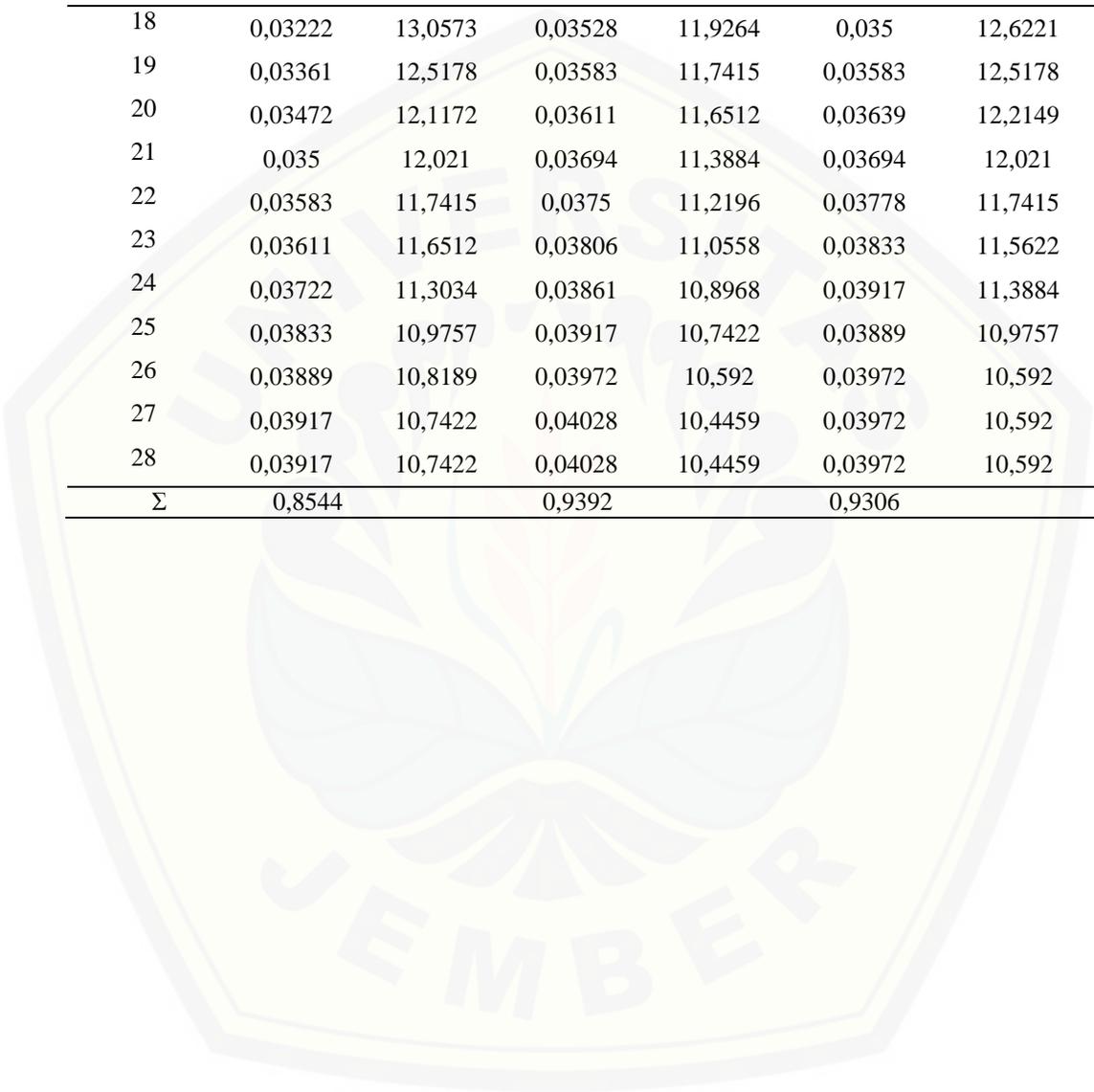
Lampiran 4.2 Waktu Kompaksi

Volume 1 mL ke-	95/5						90/10					
	t ₁ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₂ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₃ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₁ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₂ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₃ (jam)	Jv (L/jam.m ²)
1	0,0892	4,7185	0,0853	4,9337	0,0856	4,9177	0,06583	6,3909	0,06028	6,98	0,06333	6,6432
2	0,0933	4,5079	0,0886	4,7481	0,0869	4,8391	0,0675	6,2331	0,06139	6,8536	0,06639	6,3375
3	0,095	4,4288	0,0897	4,6893	0,0886	4,7481	0,07083	5,9398	0,06278	6,702	0,06889	6,1075
4	0,0969	4,34	0,0914	4,6038	0,0897	4,6893	0,07556	5,5686	0,06417	6,5569	0,07056	5,9632
5	0,0978	4,303	0,0919	4,576	0,0947	4,4418	0,07722	5,4484	0,06611	6,3641	0,07361	5,7157
6	0,0714	5,8936	0,0942	4,468	0,0981	4,2908	0,08028	5,241	0,06972	6,0345	0,07611	5,5279
7	0,1003	4,1957	0,095	4,4288	0,1003	4,1957	0,0825	5,0998	0,07306	5,7591	0,0775	5,4289
8	0,1036	4,0607	0,0967	4,3524	0,1011	4,1611	0,08417	4,9988	0,075	5,6098	0,07944	5,296
9	0,1067	3,9444	0,0981	4,2908	0,1022	4,1159	0,08583	4,9018	0,07694	5,4681	0,08083	5,205
10	0,1103	3,8152	0,1003	4,1957	0,1031	4,0826	0,08889	4,7333	0,07889	5,3333	0,085	4,9498
11	0,1161	3,6236	0,1019	4,1271	0,1044	4,0283	0,09	4,6748	0,08083	5,205	0,08833	4,7631
12	0,1181	3,5639	0,1033	4,0716	0,1064	3,9547	0,09111	4,6178	0,08333	5,0488	0,09028	4,6605
13	0,1197	3,5143	0,1058	3,9755	0,1075	3,9138	0,09167	4,5899	0,08528	4,9337	0,09194	4,576
14	0,1214	3,466	0,1075	3,9138	0,11	3,8249	0,0925	4,5485	0,08667	4,8546	0,09389	4,4812
15	0,1203	3,498	0,1081	3,8937	0,1114	3,7772	0,09333	4,5079	0,08861	4,7481	0,09528	4,4159
16	0,1203	3,498	0,1086	3,8738	0,1131	3,7215	0,09333	4,5079	0,08972	4,6893	0,09611	4,3776
17	0,1203	3,498	0,1086	3,8738	0,1136	3,7033	0,09333	4,5079	0,09083	4,632	0,09611	4,3776
18			0,1086	3,8738	0,1136	3,7033			0,09083	4,632	0,09611	4,3776
19					0,1136	3,7033			0,09083	4,632		
Σ	1,68		1,675		1,83		1,331		1,384		1,394	

Volume 1 mL ke-	85/15						80/20					
	t ₁ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₂ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₃ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₁ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₂ (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t ₃ (jam)	Jv (L/jam.m ²)
1	0,01722	24,4298	0,02889	14,5639	0,03028	13,8959	0,01778	24,8303	0,01583	26,5728	0,03028	13,8959
2	0,01833	22,9493	0,03028	13,8959	0,03417	12,3142	0,02	23,6664	0,0175	24,0421	0,03361	12,5178
3	0,02167	19,4186	0,0325	12,9457	0,03639	11,5622	0,02139	21,0368	0,02083	20,1953	0,03667	11,4746
4	0,02333	18,0316	0,03472	12,1172	0,03778	11,1371	0,02361	19,6708	0,02333	18,0316	0,03889	10,8189
5	0,025	16,8295	0,03694	11,3884	0,03944	10,6666	0,02444	17,8194	0,02583	16,2866	0,03972	10,592
6	0,02722	15,4556	0,03944	10,6666	0,04139	10,1654	0,02861	17,2119	0,03278	12,836	0,04222	9,96481
7	0,02917	14,4252	0,04139	10,1654	0,04361	9,64746	0,02917	14,7053	0,03444	12,2149	0,04306	9,77194
8	0,03	14,0245	0,04389	9,5864	0,04694	8,96243	0,03056	14,4252	0,03583	11,7415	0,04444	9,46657
9	0,03306	12,7282	0,04528	9,29234	0,04889	8,60597	0,0325	13,7696	0,03667	11,4746	0,04639	9,06976
10	0,03556	11,8332	0,0475	8,85761	0,05083	8,27678	0,03361	12,9457	0,03861	10,8968	0,04806	8,75521
11	0,0375	11,2196	0,04917	8,55735	0,05222	8,05665	0,03556	12,5178	0,04028	10,4459	0,05056	8,32226
12	0,04028	10,4459	0,05083	8,27678	0,05389	7,80748	0,03611	11,8332	0,04194	10,0308	0,05306	7,93011
13	0,04444	9,46657	0,05222	8,05665	0,0575	7,31715	0,03806	11,6512	0,045	9,3497	0,05472	7,68858
14	0,04556	9,23567	0,05361	7,84793	0,06	7,01227	0,03944	11,0558	0,04667	9,01578	0,05611	7,49827
15	0,04917	8,55735	0,05583	7,53558	0,0625	6,73178	0,04111	10,6666	0,04917	8,55735	0,05861	7,17844
16	0,05139	8,1873	0,05778	7,28197	0,065	6,47287	0,04194	10,2341	0,05056	8,32226	0,05972	7,04489
17	0,05333	7,88881	0,05889	7,14458	0,0675	6,23313	0,04306	10,0308	0,05556	7,57325	0,06139	6,85362
18	0,055	7,64975	0,06111	6,88478	0,06861	6,13219	0,04444	9,77194	0,05611	7,49827	0,06278	6,70199
19	0,05639	7,46133	0,06417	6,55693	0,07028	5,98676	0,04611	9,46657	0,05694	7,38854	0,06472	6,50065
20	0,05861	7,17844	0,06611	6,36408	0,07139	5,89358	0,04722	9,1244	0,05861	7,17844	0,06583	6,39093
21	0,06056	6,94794	0,06861	6,13219	0,07306	5,75913	0,04806	8,90971	0,06028	6,97996	0,06667	6,31104
22	0,06222	6,76183	0,07111	5,9166	0,07417	5,67285	0,04917	8,75521	0,0625	6,73178	0,06667	6,31104
23	0,06472	6,50065	0,07194	5,84807	0,07528	5,58912	0,05056	8,55735	0,06333	6,6432	0,06667	6,31104
24	0,06583	6,39093	0,0725	5,80326	0,07528	5,58912	0,05361	8,32226	0,06333	6,6432		

25	0,06639	6,33745	0,0725	5,80326	0,07528	5,58912	0,055	7,84793	0,06333	6,6432
26	0,0675	6,23313	0,0725	5,80326			0,05861	7,64975		
27	0,0675	6,23313					0,05861	7,17844		
28	0,0675	6,23313					0,05861	7,17844		
Σ	1,207		1,307		1,336		1,095		1,032	1,124

Volume 1 mL ke-	75/5					
	t_1 (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t_2 (jam)	Jv (L/jam.m ²)	t_3 (jam)	Jv (L/jam.m ²)
1	0,01333	31,5552	0,02222	18,9331	0,0225	20,7486
2	0,015	28,0491	0,02306	18,2488	0,02333	20,1953
3	0,0175	24,0421	0,02389	17,6122	0,02417	19,4186
4	0,01833	22,9493	0,02417	17,4098	0,02472	18,6994
5	0,01889	22,2743	0,02472	17,0185	0,02583	18,0316
6	0,01917	21,9515	0,02583	16,2866	0,02639	17,4098
7	0,02028	20,7486	0,02639	15,9437	0,02722	17,0185
8	0,02167	19,4186	0,02722	15,4556	0,02806	16,2866
9	0,02306	18,2488	0,02806	14,9965	0,02917	15,9437
10	0,02417	17,4098	0,02917	14,4252	0,02972	15,4556
11	0,02528	16,6445	0,02972	14,1556	0,03056	14,9965
12	0,02667	15,7776	0,03056	13,7696	0,03167	14,4252
13	0,02722	15,4556	0,03167	13,2864	0,03222	14,1556
14	0,02833	14,8495	0,03222	13,0573	0,03306	13,7696
15	0,02944	14,2892	0,03306	12,7282	0,03333	13,2864
16	0,03	14,0245	0,03333	12,6221	0,03361	13,0573
17	0,03167	13,2864	0,03444	12,2149	0,03444	12,7282

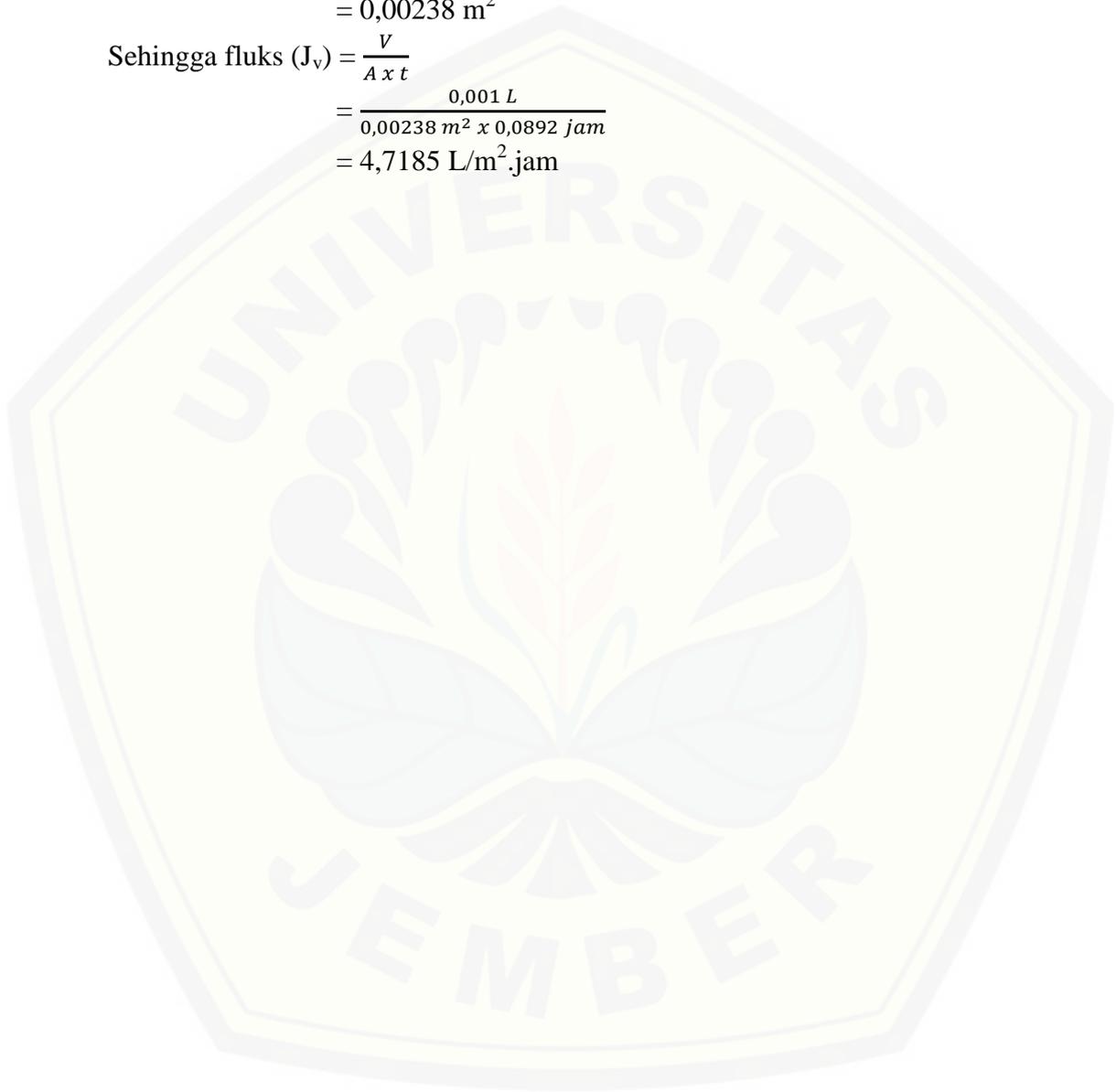


18	0,03222	13,0573	0,03528	11,9264	0,035	12,6221
19	0,03361	12,5178	0,03583	11,7415	0,03583	12,5178
20	0,03472	12,1172	0,03611	11,6512	0,03639	12,2149
21	0,035	12,021	0,03694	11,3884	0,03694	12,021
22	0,03583	11,7415	0,0375	11,2196	0,03778	11,7415
23	0,03611	11,6512	0,03806	11,0558	0,03833	11,5622
24	0,03722	11,3034	0,03861	10,8968	0,03917	11,3884
25	0,03833	10,9757	0,03917	10,7422	0,03889	10,9757
26	0,03889	10,8189	0,03972	10,592	0,03972	10,592
27	0,03917	10,7422	0,04028	10,4459	0,03972	10,592
28	0,03917	10,7422	0,04028	10,4459	0,03972	10,592
Σ	0,8544		0,9392		0,9306	

Perhitungan fluks membran pada membran *polymer blend* CA/PSf 95/5 pengulangan 1:

$$\begin{aligned}\text{Luas membran (A)} &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times (0,0275 \text{ m})^2 \\ &= 3,14 \times 0,000756 \\ &= 0,00238 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga fluks (J}_v\text{)} &= \frac{V}{A \times t} \\ &= \frac{0,001 \text{ L}}{0,00238 \text{ m}^2 \times 0,0892 \text{ jam}} \\ &= 4,7185 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}\end{aligned}$$



Lampiran 4.3 Fluks membran *polymer blend* CA/PSf

Variasi CA/PSf	Pengulangan	Volume (L)	Fluks (L/jam.m ²)	Fluks Rata-Rata (L/jam.m ²)	SD
95/5	1	0,009	3,7866	3,8708	0,0841
	2	0,0094	3,9549		
	3	0,0092	3,8708		
90/10	1	0,0108	4,544	4,6281	0,0841
	2	0,0112	4,7122		
	3	0,011	4,6281		
85/15	1	0,0136	5,722	5,708	0,0643
	2	0,0134	5,6379		
	3	0,0137	5,7641		
80/20	1	0,0168	7,0684	7,0403	0,1285
	2	0,017	7,1525		
	3	0,0164	6,9001		
75/25	1	0,0248	10,434	10,462	0,1285
	2	0,0246	10,35		
	3	0,0252	10,603		

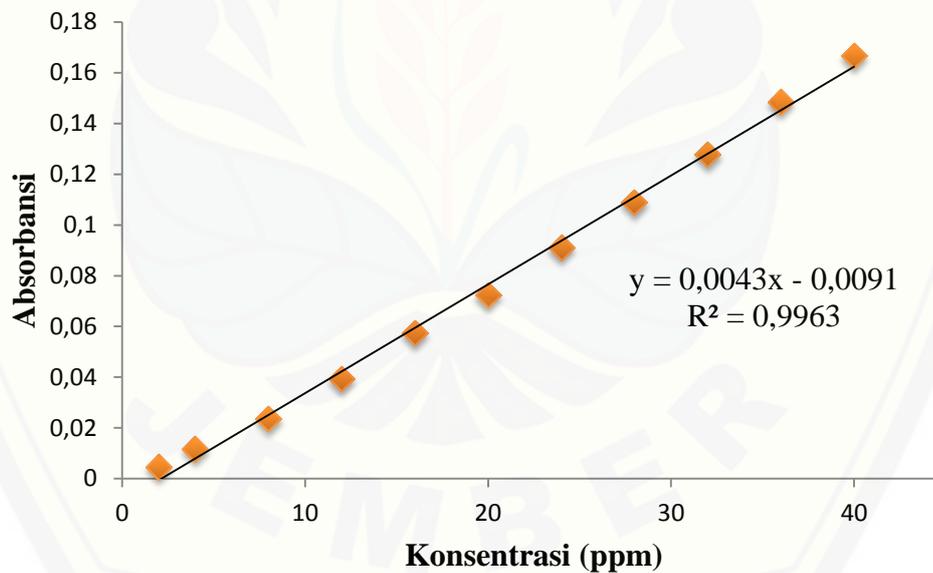
Lampiran 4.4 Scanning Dekstran 70 kDa

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Absorbansi Rata-Rata	SD
	1	2	3		
400	0,039	0,038	0,04	0,039	0,001
410	0,043	0,041	0,041	0,042	0,0012
420	0,047	0,045	0,045	0,046	0,0012
430	0,048	0,051	0,05	0,05	0,0015
440	0,053	0,053	0,052	0,053	0,0006
450	0,056	0,058	0,057	0,057	0,001
460	0,06	0,059	0,059	0,059	0,0006
470	0,063	0,064	0,064	0,064	0,0006
480	0,067	0,068	0,066	0,067	0,001
482	0,069	0,069	0,067	0,068	0,0012
484	0,069	0,071	0,07	0,07	0,001
486	0,071	0,07	0,07	0,07	0,0006
488	0,071	0,071	0,072	0,071	0,0006
490	0,072	0,072	0,072	0,072	0
492	0,072	0,073	0,072	0,072	0,0006
494	0,073	0,07	0,071	0,071	0,0015
496	0,07	0,07	0,071	0,07	0,0006
498	0,068	0,07	0,071	0,07	0,0015
500	0,066	0,065	0,066	0,066	0,0006
510	0,059	0,061	0,06	0,06	0,001
520	0,055	0,056	0,057	0,056	0,001
530	0,053	0,053	0,052	0,053	0,0006
540	0,049	0,05	0,049	0,049	0,0006
550	0,048	0,047	0,045	0,047	0,0015
560	0,045	0,045	0,046	0,045	0,0006
570	0,042	0,041	0,041	0,041	0,0006
580	0,039	0,038	0,038	0,038	0,0006
590	0,035	0,035	0,033	0,034	0,0012
600	0,029	0,028	0,03	0,029	0,001

Lampiran 4.5 Kurva Standar Dekstran 70 kDa

Konsentrasi Dekstran (ppm)	Absorbansi			Absorbansi Rata-Rata	SD
	1	2	3		
2	0,004	0,005	0,005	0,0047	0,00058
4	0,012	0,011	0,012	0,0117	0,00058
8	0,023	0,023	0,025	0,0237	0,00115
12	0,04	0,039	0,039	0,0393	0,00058
16	0,057	0,057	0,058	0,0573	0,00058
20	0,072	0,073	0,072	0,0723	0,00058
24	0,091	0,092	0,09	0,091	0,001
28	0,11	0,108	0,109	0,109	0,001
32	0,127	0,126	0,13	0,1277	0,00208
36	0,149	0,148	0,148	0,1483	0,00058
40	0,167	0,167	0,166	0,1667	0,00058

Kurva Standar Dekstran 70 kDa



Lampiran 4.6 Rejeksi Dekstran

Variasi CA/PSf	Absorbansi Permeat (A)				Absorbansi Umpan (B)				[Cp] (ppm)	Fp	[Cp] x Fp	[Cf] (ppm)	[Cf] x Fp	Rejeksi (%)	Rata- Rata R (%)	SD
	1	2	3	Rata-Rata A	1	2	3	Rata-Rata B								
95/5	0,009	0,009	0,008	0,0087	0,162	0,163	0,163	0,1627	4,132	25	103,29	39,95	998,64	89,66	89,527	0,7843
	0,01	0,01	0,011	0,0103	0,162	0,163	0,163	0,1627	4,519	25	112,98	39,95	998,64	88,69		
	0,007	0,008	0,008	0,0077	0,162	0,163	0,163	0,1627	3,899	25	97,481	39,95	998,64	90,24		
90/10	0,038	0,038	0,039	0,0383	0,162	0,163	0,163	0,1627	11,03	25	275,78	39,95	998,64	72,39	72,45	0,6815
	0,039	0,039	0,04	0,0393	0,162	0,163	0,163	0,1627	11,26	25	281,59	39,95	998,64	71,8		
	0,038	0,037	0,036	0,037	0,162	0,163	0,163	0,1627	10,72	25	268,02	39,95	998,64	73,16		
85/15	0,047	0,047	0,046	0,0467	0,162	0,163	0,163	0,1627	12,97	25	324,22	39,95	998,64	67,53	68,18	0,8079
	0,048	0,045	0,045	0,046	0,162	0,163	0,163	0,1627	12,81	25	320,35	39,95	998,64	67,92		
	0,045	0,043	0,044	0,044	0,162	0,163	0,163	0,1627	12,35	25	308,72	39,95	998,64	69,09		
80/20	0,079	0,078	0,078	0,0783	0,162	0,163	0,163	0,1627	20,33	25	508,33	39,95	998,64	49,1	50,197	0,9958
	0,077	0,076	0,075	0,076	0,162	0,163	0,163	0,1627	19,79	25	494,77	39,95	998,64	50,46		
	0,076	0,075	0,074	0,075	0,162	0,163	0,163	0,1627	19,56	25	488,95	39,95	998,64	51,04		
75/25	0,094	0,095	0,094	0,0943	0,162	0,163	0,163	0,1627	24,05	25	601,36	39,95	998,64	39,78	40,235	0,4884
	0,093	0,093	0,092	0,0927	0,162	0,163	0,163	0,1627	23,67	25	591,67	39,95	998,64	40,75		
	0,094	0,093	0,094	0,0937	0,162	0,163	0,163	0,1627	23,9	25	597,48	39,95	998,64	40,17		

Keterangan

Cp : Konsentrasi permeat (ppm)

Cf : Konsentrasi umpan (ppm)

Perhitungan % Rejeksi Dekstran:

Pada membran *polymer blend* CA/PSf 95/5 ulangan 1:

$$y = 0,0043x - 0,0091$$

Y = Absorbansi; x = Konsentrasi (ppm)

FP = faktor pengenceran

Absorbansi permeat rata-rata = 0,0087

$$y = 0,0043x - 0,0091$$

$$0,0087 = 0,0043x - 0,0091$$

$$X = 4,131 \text{ ppm}$$

[permeat] sebenarnya = Konsentrasi saat pengukuran x FP

$$= 4,131 \text{ ppm} \times 25$$

$$= 103,29 \text{ ppm}$$

Absorbansi umpan rata-rata = 0,1627

$$y = 0,0043x - 0,0091$$

$$0,1627 = 0,0043x - 0,0091$$

$$X = 39,95 \text{ ppm}$$

[umpan] sebenarnya = Konsentrasi saat pengukuran x FP

$$= 39,95 \text{ ppm} \times 25$$

$$= 998,64 \text{ ppm}$$

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

$$= \left(1 - \frac{103,29}{998,64}\right) \times 100\%$$

$$= 89,66 \%$$

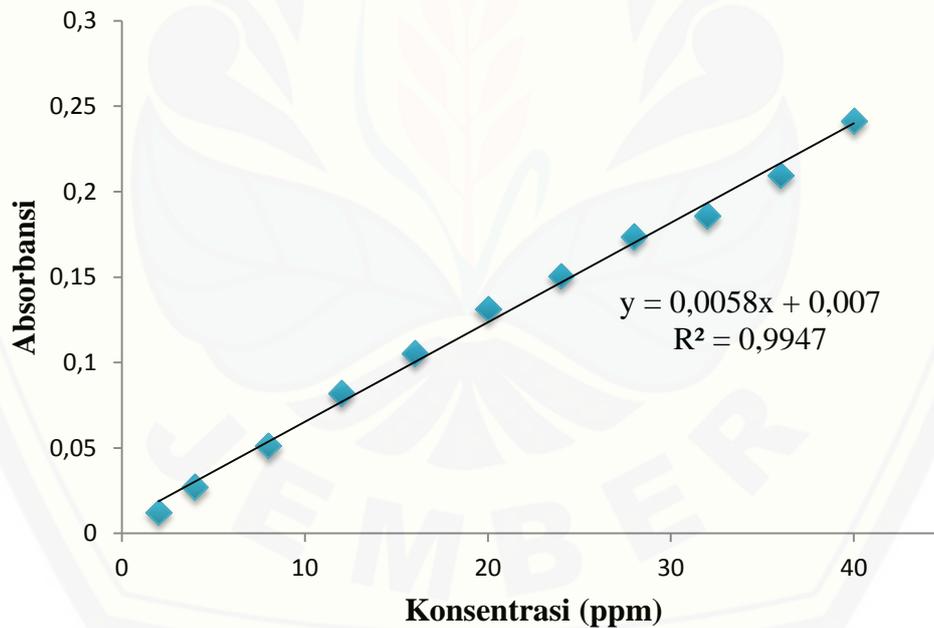
Lampiran 4.7 Scanning BSA 67 kDa

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Rata-Rata
	1	2	3	
500	0,061	0,061	0,059	0,0603
510	0,066	0,067	0,065	0,066
520	0,072	0,072	0,073	0,0723
530	0,082	0,08	0,08	0,0807
540	0,093	0,093	0,095	0,0937
550	0,103	0,102	0,103	0,1027
560	0,113	0,113	0,112	0,1127
570	0,118	0,119	0,119	0,1187
580	0,121	0,123	0,123	0,1223
582	0,125	0,125	0,123	0,1243
584	0,126	0,124	0,125	0,125
586	0,128	0,126	0,127	0,127
588	0,131	0,13	0,13	0,1303
590	0,131	0,132	0,131	0,1313
592	0,131	0,13	0,131	0,1307
594	0,13	0,13	0,129	0,1297
596	0,128	0,127	0,127	0,1273
598	0,126	0,125	0,124	0,125
600	0,123	0,122	0,124	0,123
610	0,121	0,121	0,12	0,1207
620	0,116	0,118	0,117	0,117
630	0,109	0,109	0,107	0,1083
640	0,1	0,1	0,098	0,0993
650	0,083	0,082	0,08	0,0817

Lampiran 4.8 Kurva Standar BSA 67 kDa

Konsentrasi BSA (ppm)	Absorbansi			Rata-Rata
	1	2	3	
2	0,013	0,011	0,013	0,0123
4	0,028	0,027	0,026	0,027
8	0,053	0,051	0,05	0,0513
12	0,083	0,082	0,081	0,082
16	0,106	0,105	0,105	0,1053
20	0,131	0,132	0,131	0,1313
24	0,151	0,15	0,151	0,1507
28	0,173	0,175	0,173	0,1737
32	0,186	0,185	0,187	0,186
36	0,208	0,21	0,211	0,2097
40	0,241	0,242	0,241	0,2413

Kurva Standar BSA 67 kDa



Lampiran 4.9 Rejeksi BSA 67 kDa

Variasi CA/PSf	Absorbansi Permeat (A)				Absorbansi Umpan (B)				[Cp] (ppm)	Fp	[Cp] x Fp	[Cf] (ppm)	[Cf] x Fp	Rejeksi (%)	Rata- Rata R (%)	SD
	1	2	3	Rata-Rata A	1	2	3	Rata-Rata B								
95/5	0,051	0,051	0,05	0,0507	0,239	0,24	0,238	0,239	7,529	25	188,2	40	1000	81,18	81,681	2,645
	0,047	0,045	0,045	0,0457	0,239	0,24	0,238	0,239	6,667	25	166,7	40	1000	83,33		
	0,056	0,058	0,059	0,0577	0,239	0,24	0,238	0,239	8,736	25	218,4	40	1000	78,16		
	0,044	0,043	0,045	0,044	0,239	0,24	0,238	0,239	6,379	25	159,5	40	1000	84,05		
90/10	0,08	0,081	0,081	0,0807	0,239	0,24	0,238	0,239	12,7	25	317,5	40	1000	68,25	68,175	1,678
	0,083	0,081	0,082	0,082	0,239	0,24	0,238	0,239	12,93	25	323,3	40	1000	67,67		
	0,075	0,076	0,076	0,0757	0,239	0,24	0,238	0,239	11,84	25	296	40	1000	70,4		
	0,085	0,086	0,084	0,085	0,239	0,24	0,238	0,239	13,45	25	336,2	40	1000	66,38		
85/15	0,11	0,109	0,109	0,1093	0,239	0,24	0,238	0,239	17,64	25	441,1	40	1000	55,89	56,537	2,04
	0,103	0,101	0,101	0,1017	0,239	0,24	0,238	0,239	16,32	25	408	40	1000	59,2		
	0,106	0,108	0,108	0,1073	0,239	0,24	0,238	0,239	17,3	25	432,5	40	1000	56,75		
	0,114	0,113	0,112	0,113	0,239	0,24	0,238	0,239	18,28	25	456,9	40	1000	54,31		
80/20	0,128	0,127	0,125	0,1267	0,239	0,24	0,238	0,239	20,63	25	515,8	40	1000	48,42	45,187	2,606
	0,131	0,132	0,133	0,132	0,239	0,24	0,238	0,239	21,55	25	538,8	40	1000	46,12		
	0,139	0,138	0,137	0,138	0,239	0,24	0,238	0,239	22,59	25	564,7	40	1000	43,53		
	0,14	0,139	0,141	0,14	0,239	0,24	0,238	0,239	22,93	25	573,3	40	1000	42,67		
75/25	0,153	0,155	0,155	0,1543	0,239	0,24	0,238	0,239	25,4	25	635,1	40	1000	36,49	36,207	1,348
	0,156	0,157	0,156	0,1563	0,239	0,24	0,238	0,239	25,75	25	643,7	40	1000	35,63		
	0,159	0,158	0,158	0,1583	0,239	0,24	0,238	0,239	26,09	25	652,3	40	1000	34,77		
	0,15	0,151	0,152	0,151	0,239	0,24	0,238	0,239	24,83	25	620,7	40	1000	37,93		

Keterangan

Cp : Konsentrasi permeat (ppm)

Cf : Konsentrasi umpan (ppm)

Perhitungan % Rejeksi BSA:

Pada membran *polymer blend* CA/PSf 95/5 ulangan 1:

$$y = 0,0058x + 0,007$$

Y = Absorbansi; x = Konsentrasi (ppm)

FP = faktor pengenceran

Absorbansi permeat rata-rata = 0,0507

$$y = 0,0058x + 0,007$$

$$0,0507 = 0,0058x + 0,007$$

$$X = 7,529 \text{ ppm}$$

[permeat] sebenarnya = Konsentrasi saat pengukuran x FP

$$= 7,529 \text{ ppm} \times 25$$

$$= 188,2 \text{ ppm}$$

Absorbansi umpan rata-rata = 0,1627

$$y = 0,0058x + 0,007$$

$$0,1627 = 0,0058x + 0,007$$

$$X = 40 \text{ ppm}$$

[umpan] sebenarnya = Konsentrasi saat pengukuran x FP

$$= 40 \text{ ppm} \times 25$$

$$= 1000 \text{ ppm}$$

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

$$= \left(1 - \frac{188,2}{1000}\right) \times 100\%$$

$$= 81,18 \%$$

Lampiran 4.10 RFR dan Tahanan *Fouling* Membran

Variasi CA/PSf	Pengulangan	Volume		Fluks (L/jam.m ²)		Tahanan <i>Fouling</i>	Rata-Rata TF	RFR (%)	Rata-Rata RFR	SD
		A	B	J _{am}	J _{ads}					
95/5	1	0,0093	0,0084	3,9128	3,5342	0,9032	0,9055	9,677	9,445	0,01704
	2	0,0088	0,0078	3,7025	3,2817	0,8864		11,36		
	3	0,0097	0,009	4,0811	3,7866	0,9278		7,216		
	4	0,0084	0,0076	3,5342	3,1976	0,9048		9,524		
90/10	1	0,0104	0,0092	4,3757	3,8708	0,8846	0,8882	11,54	11,18	0,00757
	2	0,0112	0,01	4,7122	4,2074	0,8929		10,71		
	3	0,0096	0,0086	4,0391	3,6183	0,8958		10,42		
	4	0,0116	0,0102	4,8805	4,2915	0,8793		12,07		
85/15	1	0,0124	0,0102	5,2171	4,2915	0,8226	0,8187	17,74	18,13	0,00376
	2	0,0118	0,0096	4,9647	4,0391	0,8136		18,64		
	3	0,0122	0,01	5,133	4,2074	0,8197		18,03		
	4	0,0127	0,0104	5,3434	4,3757	0,8189		18,11		
80/20	1	0,0156	0,0116	6,5635	4,8805	0,7436	0,7338	25,64	26,62	0,01164
	2	0,0158	0,0114	6,6476	4,7964	0,7215		27,85		
	3	0,0164	0,0122	6,9001	5,133	0,7439		25,61		
	4	0,0168	0,0122	7,0684	5,133	0,7262		27,38		
75/25	1	0,0238	0,016	10,014	6,7318	0,6723	0,6725	32,77	32,75	0,01368
	2	0,024	0,0164	10,098	6,9001	0,6833		31,67		
	3	0,0248	0,0162	10,434	6,8159	0,6532		34,68		
	4	0,0232	0,0158	9,7611	6,6476	0,681		31,9		

Keterangan:

A: Membran Sebelum Filtrasi Dengan BSA

B: Membran Setelah Filtrasi Dengan BSA

Jam: Fluks air sebelum filtrasi dengan BSA

Jads: Fluks air setelah filtrasi dengan BSA

Contoh perhitungan RFR dan Tahanan *Fouling* Membran CA/PSf 95/5 pengulangan 1:

$$\begin{aligned} \text{Tahanan } Fouling &= \frac{J_{ads}}{J_{am}} \\ &= \frac{3,5342 \text{ L/jam.m}^2}{3,9128 \text{ L/jam.m}^2} \\ &= 0,9032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RFR} &= \frac{J_{am} - J_{ads}}{J_{am}} \times 100\% \\ &= \frac{3,9128 - 3,5342}{3,9128} \times 100\% \\ &= 9,677\% \end{aligned}$$

