



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ZAT ADITIF *MONOSODIUM GLUTAMATE*  
(MSG) TERHADAP KARAKTER MEMBRAN *CELLULOSE ACETATE (CA)***

**SKRIPSI**

oleh

**Heny Yunita Novianti**

**NIM 081810301015**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2013**



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ZAT ADITIF *MONOSODIUM  
GLUTAMATE* (MSG) TERHADAP KARAKTER MEMBRAN *CELLULOSE  
ACETATE* (CA)**

**SKRIPSI**

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

oleh

**Heny Yunita Novianti**

**NIM 081810301015**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2013**

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, dengan penuh rasa syukur saya ucapkan pada Allah SWT. Tanpa kehendak-Nya tidak mungkin penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayah dan Ibuku Tersayang (Nano Miyanto dan Siti Zulaicha)
2. Kakakku Yoga Dhika Permana A.Md
3. Adikku Yessi Yuniar Novianti dan Erica Sahita Putri

## MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka, apabila kamu selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.”

*(Terjemahan surat Al- Insyiroh ayat 6-7)\*)*

Harapan adalah sebuah awal. Tapi bila berhenti hanya pada harapan, maka kaki kita hanya berpijak, bukan melangkah.

*(ust. Yusuf Mansur)\*\*)*

---

\*) Departemen agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

\*\*\*) Mansur, Ust. Yusuf. 2011. *Kuliah Tauhid*. Jakarta: Zikrul Hakim.

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Heny Yunita Novianti

NIM : 081810301015

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Aditif *Monosodium Glutamate* (MSG) terhadap Karakter Membran *Cellulose Acetate* (CA); adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Mei 2013

Yang menyatakan,



Heny Yunita Novianti

NIM 081810301015

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ZAT ADITIF *MONOSODIUM  
GLUTAMATE* (MSG) TERHADAP KARAKTER MEMBRAN *CELLULOSE  
ACETATE* (CA)**

Oleh

Heny Yunita Novianti

NIM 081810301015

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Aditif *Monosodium Glutamate* (MSG) terhadap Karakter Membran *Cellulose Acetate* (CA) ” telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama



Dwi Indarti, S.Si, M.Si

NIP. 197409012000032004

Dosen Pembimbing Anggota



I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si

NIP. 197105011998021002

Penguji I,



Dr. Bambang Piharto, S.Si, M.Si

NIP. 197107031997021001

Penguji II,



Drh. Wuryanti Handayani, M.Si

NIP. 196008221985032002

Mengesahkan  
Dekan HMIPA,



Prof. Drs. Kusno DEA, Ph.D  
NIP. 1961101081986021001

## RINGKASAN

**Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Aditif *Monosodium Glutamate* (MSG) terhadap Karakter Membran *Cellulose Acetate* (CA) ;** Heny Yunita Novianti, 081810301015; 2013: 47 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Salah satu teknik pemisahan yang digunakan adalah teknologi membran. Teknologi membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi. Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum antara lain yaitu memerlukan energi yang lebih rendah. Salah satu material membran ultrafiltrasi yang digunakan adalah membran selulosa asetat. Kelebihan selulosa asetat sebagai material membran adalah mudah untuk diproduksi dan bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui.

Membran Selulosa asetat dapat dibuat dengan metode inversi fasa. Metode ini mempunyai kelebihan diantaranya mudah dilakukan, pembentukan pori dapat dikendalikan dan dapat digunakan pada berbagai macam polimer. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik membran, salah satunya yaitu zat aditif. Salah satu fungsi dari pada zat aditif adalah mempengaruhi morfologi dari suatu membran, sehingga berpengaruh terhadap kondisi fisik dan kinerja membran yang dihasilkan. Parameter yang digunakan adalah variasi konsentrasi aditif (MSG) yaitu 0 %, 4 %, 6 %, 8 % dan 10%.

Penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik ini berlangsung dalam dua tahap. Tahap pertama pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan membran dengan teknik inversi fasa dengan memvariasikan konsentrasi MSG kemudian pada tahap kedua dilakukan karakterisasi membran yang meliputi uji densitas, kinerja membran (fluks, koefisien permeabilitas dan koefisien rejeksi), uji morfologi menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) dan uji struktur Infra Red (IR).



Pengujian fluks membran terdiri atas penentuan waktu kompaksi dan uji fluks air. Waktu kompaksi dilakukan dengan cara yaitu Waktu diukur tiap satu mL air yang keluar melewati membran, kemudian dicatat waktu yg konstan dan didapatkan nilai fluks. Koefisien rejeksi membran menggunakan larutan dekstran dengan berat molekul berat molekul 100-200 kDa dengan konsentrasi 1000 ppm. Tekanan operasional yang digunakan untuk uji fluks dan koefisien rejeksi adalah 2 bar; untuk uji koefisien permeabilitas membran terhadap air adalah 1; 1,5; 2; 2,5; 3 bar.

Hasil penelitian menunjukkan densitas, kinerja dan morfologi yang berbeda. Semakin besar konsentrasi MSG densitas membran semakin menurun. Uji kinerja membran menunjukkan semakin besar konsentrasi MSG, maka fluks air dan koefisien permeabilitas membran semakin meningkat tetapi koefisien rejeksi membran akan semakin menurun. Hal ini juga terbukti dengan pengujian SEM, bahwa dengan bertambahnya konsentrasi MSG pori yang terbentuk lebih lebar, serta penampang lintang tiap masing masing konsentrasi MSG berbeda. Uji struktur kimia menandakan bahwa puncak puncak serapan yang muncul merupakan gugus fungsi dari selulosa asetat, sehingga dapat disimpulkan tidak ada pelarut atau aditif yang terjebak dalam membran.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, hidayah serta inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Aditif *Monosodium Glutamate* (MSG) terhadap Karakter Membran *Cellulose Acetate*” dengan baik dan lancar. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat 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 ucapan terima kasih kepada:

1. Dwi Indarti, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan perhatian, materi dan perbaikan serta meluangkan waktu dalam penyusunan skripsi ini;
2. I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si dan Drh. Wuryanti Handayani, M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan maupun saran dalam penulisan skripsi ini;
4. Dosen-dosen FMIPA umumnya dan dosen-dosen Jurusan Kimia khususnya yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
5. ayah, ibu, kakak dan adikku serta keluarga besar tercinta, terima kasih atas segala doa, semangat, dan dukungannya baik moral maupun material;
6. Anis Syahro Wardy, terima kasih telah memberi motivasi, doa serta menemani dalam suka dan duka.
7. teman seperjuangan dalam penelitian Tim Kimia Fisik (Nanda Widayanti, Elis Nur Farida, dan Eka Surya Buana) yang telah banyak membantu terselesainya skripsi ini, terimakasih untuk bantuan, motivasi dan kerja samanya;

8. sahabat-sahabatku, Agustin Retnosari, Nila Andriani, Widya Margayanti, Restu Tri Utami, S.Si, Nisa Tiara Dani Fitri, Rima Nusba Ayunina dan Wiwin Setiani terimakasih telah menjadi sahabat yang benar-benar sejati untuk berbagi suka maupun duka;
9. teman-teman kimia angkatan 2008 yang telah berbagi kisah suka duka bersama dan pengalaman selama masa perkuliahan;
10. Mas Edi, Mas Darma, Mas Syamsul, Mas Maryono, Mas Dulkolim, dan Mbak Sari yang telah banyak membantu;
11. teman-teman di kost *pink*, terima kasih atas segala bentuk dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan ini. Semoga skripsi ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi penulis maupun pembaca yang membutuhkan.

Jember, 16 Mei 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1.PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Definisi membran</b> .....	5
<b>2.2 Klasifikasi Membran</b> .....	6
<b>2.3 Teknik Pembuatan Membran</b> .....	10
<b>2.4 Faktor faktor yang mempengaruhi morfologi membran</b>	13
<b>2.5 Material Membran</b> .....	15
<b>2.6 Membran Selulosa Asetat</b> .....	16
<b>2.7 Aseton</b> .....	18

2.8	Asam format .....	18
2.9	MSG ( <i>Monosodium Glutamate</i> ) .....	19
2.10	Dekstran .....	20
2.11	Karakterisasi Membran .....	21
2.11.1	Sifat Fisik Membran .....	21
2.11.2	Uji Kinerja Membran .....	21
2.12	Spektroskopi Infrared .....	23
2.13	Teknik SEM .....	25
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	26
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.2.1	Alat .....	26
3.2.2	Bahan .....	26
3.3	Rancangan Penelitian .....	27
3.4	Prosedur Penelitian .....	28
3.4.1	Pembuatan Membran .....	28
3.4.2	Karakterisasi Membran Selulosa Asetat .....	29
a.	Spektrometri IR .....	29
b.	Uji Densitas .....	29
c.	Uji Fluks Air .....	30
d.	Uji Koefisien Permeabilitas .....	31
e.	Penentuan Koefisien Rejeksi .....	31
f.	Uji Morfologi Membran menggunakan SEM .....	32
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1	Pengaruh [MSG] terhadap membran CA .....	33
4.2	Pengaruh [MSG] terhadap kinerja membran CA .....	34
4.2.1	Pengaruh [MSG] terhadap t kompaksi membran CA ..	34
4.2.2	Pengaruh [MSG] terhadap fluks air .....	36

4.2.3 Pengaruh [MSG] terhadap Lp Membran CA .....	37
4.2.4 Pengaruh [MSG] terhadap rejeksi membran CA .....	38
4.2.5 Analisa gugus fungsi membran CA dengan FTIR .....	39
4.2.6 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	41
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	43
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	43
<b>5.2 Saran</b> .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	44
<b>LAMPIRAN</b> .....	47

## DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Rancangan penelitian membran CA .....	28
4.1 Penentuan t kompaksi pada tekanan 2 bar .....	36
4.2 Puncak serapan gugus fungsi membran selulosa asetat .....	39
4.3 Permukaan atas, permukaan bawah dan penampang lintang dari Membran CA dalam variasi 0 % MSG, 4% MSG dan 6% MSG dengan perbesaran 1000x .....	41

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sistem Dua Fase yang Dipisahkan oleh Membran .....	5
2.2 Skema prinsip-prinsip filtrasi.....	7
2.3 Geometri pori membran.....	8
2.4 Struktur selulosa asetat. ....	16
2.5 Struktur selulosa aseton.....	17
2.6 Struktur selulosa asam format .....	18
2.7 Struktur selulosa MSG . ....	19
2.8 Struktur dekstran .....	20
2.9 Spektrum IR dari selulosa asetat.....	24
2.10 Peralatan SEM.....	25
3.1 Skema Preparasi dan Pengujian Membran Selulosa Asetat .....	27
3.2 Pembuatan membran pori asimetrik .....	29
3.3 Set alat ultrafiltrasi .....	30
3.4 Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas (Lp) .....	31
4.1 Pengaruh densitas terhadap membran CA .....	33
4.2 Penentuan waktu kompaksi membran selulosa asetat. ....	35
4.3 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap nilai fluks membran CA .....	36
4.4 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap koefisien permeabilitas membran CA.....	37
4.5 Pengaruh konsentrasi MSG pada koefisien rejeksi membran .....	38
4.6 Spektrum FT-IR membran CA variasi (a) 0% MSG, (b) 4% MSG dan 6 % MSG .....	40



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>A. Densitas (Kerapatan) Membran Selulosa Asetat .....</b>	48
<b>B. Waktu kompaksi membran CA .....</b>	49
B1. Tekanan 1 bar .....	49
B2. Tekanan 1,5 bar .....	50
B3. Tekanan 2 bar .....	51
B4. Tekanan 2,5 bar.....	52
B5. Tekanan 3 bar.....	53
<b>C. Fluks Air Membran Selulosa Asetat .....</b>	54
<b>D. Koefesien Permeabilitas Membran .....</b>	55
D1 Fluks terhadap perubahan tekanan.....	55
D2. Grafik penentuan nilai koefesien permeabilitas membran (Lp) .	56
<b>E. Scanning Larutan Dekstran 100-200 kDa .....</b>	59
<b>F. Tabel Absorbansi Dekstran 100-200 kDa .....</b>	61
<b>G. Permeselektifitas Membran Selulosa Asetat terhadap     Larutan Dekstran 100-200 kDa .....</b>	62

## **BAB 1.PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penggunaan teknologi pemisahan merupakan hal penting dalam proses industri. Salah satu teknik pemisahan yang digunakan adalah teknologi membran. Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum antara lain yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan tidak butuh kondisi ekstrim (temperatur dan pH) (Wenten, 2000).

Membran ultrafiltrasi merupakan salah satu jenis membran dengan gaya dorong tekanan. Prinsip pemisahan dari membran ultrafiltrasi ini adalah menahan koloid dan makro molekul berkisar antara  $10^3$ - $10^8$  Dalton (Mulder, 1996). Salah satu material membran ultrafiltrasi yang berkembang saat ini adalah membran selulosa asetat. Kelebihan selulosa asetat sebagai material membran adalah mudah untuk diproduksi dan bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui. Kekurangan membran selulosa asetat adalah sangat sensitive terhadap pH antara 2 sampai 8, biodegradable, yaitu sangat rentan terhadap mikroba yang ada di alam (Wenten,2000).

Teknik-teknik yang biasanya digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching* dan inversi fasa. Membran Selulosa asetat dapat dibuat dengan metode inversi fasa. Inversi fasa adalah suatu proses perubahan bentuk polimer dari fasa cair rmenjadi padatan dengan kondisi terkendali. Dibanding dengan teknik lain inversi fasa mempunyai kelebihan diantaranya mudah dilakukan, pembentukan pori dapat dikendalikan dan dapat digunakan pada berbagai macam polimer (Wenten, 2000).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik membran, salah satunya yaitu zat aditif. Salah satu fungsi dari pada zat aditif adalah mempengaruhi

morfologi dari suatu membran, sehingga berpengaruh terhadap kondisi fisik dan kinerja membran yang dihasilkan. Pada penelitian ini diamati pengaruh penambahan variasi konsentrasi zat aditif terhadap karakteristik membran yang dihasilkan, di mana aditif yang digunakan adalah MSG (*monosodium glutamate*). Kelebihan dari MSG yaitu sangat hidrofilik karena adanya gugus hidroksil, murah dan mudah didapat (Idris, A *et al.*, 2008). Idris, A *et al.*, (2008) melakukan penelitian di mana konsentrasi aditif (MSG) yang memiliki struktur finger adalah 6%. Pelarut yang digunakan adalah asam format. Asam format merupakan pelarut baik untuk MSG (Idris *et al.*, 2008). Selain dapat melarutkan MSG asam format merupakan pelarut selulosa asetat dengan tingkat kelarutan  $24,8 \text{ MPa}^{1/2}$  (Brandrup, 1975).

Adanya perbedaan penambahan konsentrasi aditif akan menyebabkan perbedaan viskositas polimer, peningkatan kestabilan membran, serta menyebabkan membran yang dihasilkan memiliki ukuran pori yang beragam sehingga dihasilkan *Molecular Weight Cut Off* (MWCO) membran yang beragam juga. Bhongsuwanet *et al.*, (2008) telah meneliti komposisi selulosa asetat 20%, formamida 33% dan aseton 47% ,waktu penguapan 30 detik serta suhu dan waktu annealing sebesar  $70^{\circ}\text{C}$  selama 3 menit tanpa penambahan zat aditif dapat menghasilkan membran ultrafiltrasi dengan nilai MWCO sebesar 9000 Dalton.

Berdasarkan data di atas, variasi konsentrasi aditif (MSG) yang digunakan sekitar 6% yaitu 0 %, 4 %, 6 %, 8 % dan 10%. Variasi konsentrasi aditif (MSG) dalam penelitian ini diharapkan akan mempengaruhi morfologi membran.

## 1.2 Rumusan Penelitian

Permasalahan yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan zat aditif terhadap densitas membran selulosa asetat?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan zat aditif terhadap waktu kompaksi, kinerja membran selulosa asetat?

3. Bagaimana karakteristik struktur membran selulosa asetat berdasarkan data spektrum IR ?
4. Bagaimana pengaruh variasi penambahan zat aditif terhadap morfologi membran selulosa asetat?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mempelajari pengaruh variasi penambahan zat aditif terhadap densitas membran selulosa asetat.
2. Mempelajari pengaruh variasi penambahan zat aditif terhadap waktu kompaksi dan kinerja membran selulosa asetat.
3. Mempelajari karakteristik struktur membran selulosa asetat berdasarkan data spektrum IR.
4. Mempelajari pengaruh variasi penambahan zat aditif terhadap morfologi membran selulosa asetat.

### **1.4 Batasan Masalah**

Mengingat banyaknya masalah yang berpengaruh pada penelitian ini, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Material membran yang digunakan adalah selulosa asetat (BM 30000) dengan pelarut aseton dan asam format.
2. *Monosodium Glutamat* ( MSG ) yang digunakan sebagai zat aditif adalah SASA dengan kemurnian *Monosodium Glutamat* sebesar 99+%
3. Kinerja membran yang akan dipelajari meliputi permeabilitas (fluks dan koefisien permeabilitas) dan permealtektivitas (koefisien rejeksi)
4. Komposisi pelarut yang digunakan yaitu 47 % aseton dan 33 % asam format.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang diharapkan nantinya adalah

1. Dapat memberikan informasi tambahan mengenai manfaat MSG dalam pembuatan membran
2. Dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu membran khususnya untuk material membran selulosa asetat untuk di aplikasikan dalam berbagai macam proses filtrasi

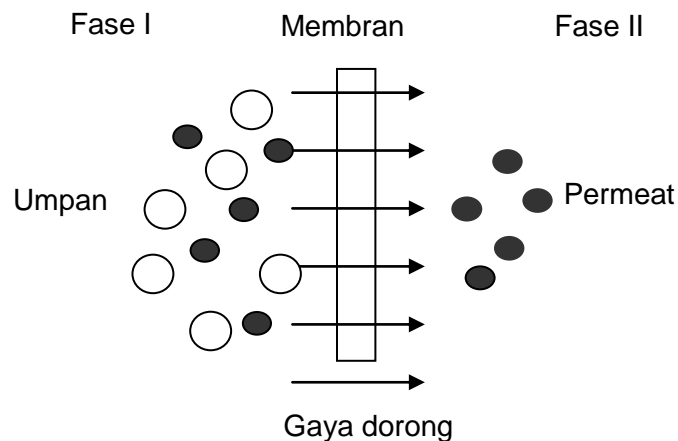
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Membran

Kata membran berasal dari bahasa latin “membrana” yang berarti kulit kertas. Secara umum istilah membran didefinisikan sebagai penghalang selektif antara dua fase yaitu fase umpan dan fase permeat. Membran dapat berfungsi sebagai media pemisahan yang selektif berdasarkan perbedaan muatan listrik atau perbedaan kelarutan (Mulder, 1996).

Skema yang mewakili gambaran proses pemisahan dengan membran ditunjukkan pada gambar 2.1. Fase I biasanya dikatakan sebagai umpan atau fase sisi aliran atas, sedang fase II dikatakan sebagai permeat atau sisi aliran bawah.

Sebenarnya membran sudah merupakan bagian integral dalam kehidupan kita sehari-hari. Seluruh sel-sel penyusun makhluk hidup, termasuk sel-sel penyusun tubuh kita, dibungkus dengan membran. Membran sel bersifat sangat selektif sehingga hanya zat-zat tertentu saja yang dapat melaluinya (Wenten, 2000).



Gambar 2.1 Sistem Dua Fase yang Dipisahkan oleh Membran (Mulder,1996)

## 2.2 Klasifikasi Membran

Menurut Mulder (1996), klasifikasi membran berdasarkan strukturnya dibagi menjadi 2 yaitu:

### 1. Membran berpori (*porous membrane*)

Prinsip pemisahan membran berpori didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Ukuran pori membran memegang peranan penting dalam pemisahan. Membran dengan jenis ini biasanya digunakan untuk

- a. Mikrofiltrasi (melewatkan air, menahan mikroba).
- b. Ultrafiltrasi (melewatkan air menahan garam mineral).

### 2. Membran non pori (*non-porous membrane*).

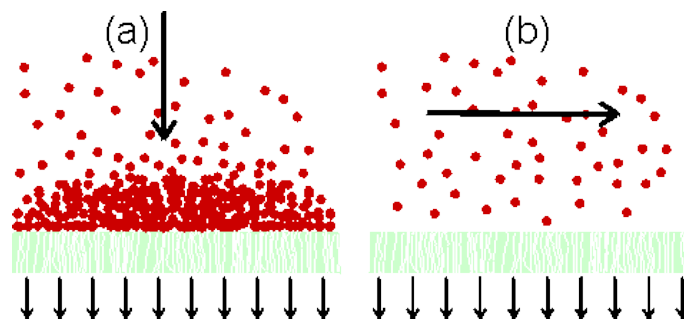
Pada membran tidak berpori ini prinsip pemisahannya didasarkan pada perbedaan kelarutan dan kemampuan berdifusi. Sifat intrinsik polimer membran mempengaruhi tingkat selektivitas dan permeabilitas. Membran dengan jenis ini digunakan untuk proses : permeasi, gas pervaporasi dan dialisis.

Berdasarkan asalnya membran dibagi menjadi membran alami dan sintetik. Membran alami biasanya dibuat dari selulosa dan derivatnya seperti selulosa nitrat dan selulosa asetat. Sedangkan contoh membran sintetik seperti poliamida, polisulfon dan polikarbonat (Rautenbach, 1989).

Berdasarkan material yang digunakan, membran dapat diklasifikasikan menjadi membran polimer, *liquid membran* (membran cair), padatan (keramik) dan membran penukar ion. Berdasarkan struktur dan prinsip pemisahan yang digunakan membran dibagi atas membran berpori (misal: ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi); membran nonpori (seperti dalam pervaporasi dan dialisis) dan membran pembawa (*carrier*) seperti membran cair. Berdasarkan konfigurasi, membran dapat diklasifikasikan menjadi membran lembaran (*flat*), lilitan spiral (*spiral wound*), tubular dan emulsi. Berdasarkan beda konsentrasi dapat diklasifikasikan menjadi pemisahan gas, pervaporasi, membran cair, dialisis; berdasarkan termal membran destilasi, termo-osmosis dan berdasarkan gaya elektrik elektrodialisis (Wenten,

2000). Berdasarkan sistem operasinya dibedakan atas *system dead-end* dan *crossflow*. Pada sistem *dead-end* arah aliran umpan tegak lurus terhadap membran.

Kelemahan dari sistem ini adalah cenderung mengakibatkan fouling yang sangat tinggi karena terbentuknya cake dipermukaan membran pada sisi umpan. Ketebalan cake akan terus meningkat terhadap waktu sehingga fluks turun hingga mencapai nol. Sedangkan pada sistem *cross-flow*, umpan dialirkan dengan arah aksial (sejajar) pada permukaan membran, karena alirannya seperti itu pembentukan cake terjadi sangat lambat karena tersapu oleh gaya geser yang disebabkan oleh aliran *cross-flow* umpan. Pada setiap proses secara *cross-flow*, kecepatan aliran umpan sangat menentukan besarnya perpindahan masa pada sistem. Gambar 2.2 menunjukkan skema Prinsip-prinsip (a) filtrasi *dead-end* dan (b) *cross-flow* filtrasi.

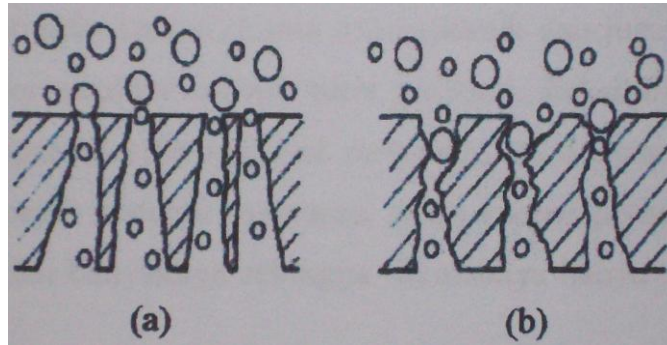


Gambar 2.2 Skema prinsip-prinsip (a) filtrasi *dead-end* dan (b) filtrasi *cross-flow*.

Didasarkan pada ukuran pori, membran dibagi menjadi membran mesopori dengan diameter pori antara 0,001-0,1 mikrometer; membran mikropori dengan diameter 0,1-10 mikrometer dan membran rapat (*dense*) yang mempunyai diameter sekitar 0,001 mikrometer (Bungay *et al.*, 1983). Berdasarkan morfologinya membran dibagi menjadi dua, yaitu membran asimetrik dan simetrik. Membran asimetrik memiliki struktur pori tidak seragam, sedangkan simetrik struktur porinya seragam. Membran dengan struktur asimetrik memiliki dua lapisan, yaitu lapisan pendukung (ketebalan 20-100  $\mu\text{m}$ ) memiliki rongga pori makin kebawah



makin besar dan lapisan aktif (ketebalan 0,2-1,0  $\mu\text{m}$ ) memiliki pori yang rapat. Gambar 2.3 merupakan gambar geometri dari suatu membran.



Gambar 2.3 Geometri pori membran: (a) asimetrik, (b) simetrik

( Gruenwedel dan Whitaker,1987)

Macam-macam daya dorong dalam proses filtrasi dengan menggunakan membran meliputi : beda potensial, beda konsentrasi dan tekanan. Berdasarkan tekanan yang digunakan sebagai gaya, membran dapat diklasifikasikan menjadi membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, *reverse osmosis* (osmosis balik) dan nanofiltrasi.

#### a. Mikrofiltrasi

Membran mikrofiltrasi (MF) dapat dibedakan dari membran *reverse osmosis* (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkannya. Pada membran mikrofiltrasi, garam-garam tidak dapat direjeksi 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. Beberapa teknik yang digunakan untuk membuat membran antara lain *sintering*, *track atching*, *stretching*, dan *phase inversion* (Wenten, 2000).

Membran mikrofiltrasi digunakan untuk memisahkan partikel, termasuk bakteri dan ragi dari larutan. Aplikasi proses ini dapat diterapkan pada sterilisasi minuman dan farmasi, pemanenan sel, klarifikasi jus, rekoveri logam dalam bentuk

koloid, pengolahan limbah cair, fermentasi kontinyu, ataupun pemisahan emulsi minyak-air.

*b. Ultrafiltrasi*

Proses ultrafiltrasi berada di antara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,05  $\mu\text{m}$  sampai 1 nm. Ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi merupakan membran *porous*, dimana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Ukuran yang dapat ditahan oleh membran ultrafiltrasi berkisar antara  $10^3$ - $10^8$  Dalton (Mulder, 1996).

Karakteristik membran ultrafiltrasi umumnya dinyatakan dalam *Molecular Weight Cut Off (MWCO)*, atau berat molekul yang ditolak (90%-nya) oleh membran. Tekanan kerja yang diperlukan relatif besar, antara 1-10 bar. Membran yang digunakan biasanya memiliki struktur yang bersifat asimetrik. Membran ultrafiltrasi biasanya digunakan untuk memisahkan senyawa yang mempunyai berat molekul rendah, seperti pada industri makanan dan pengolahan susu, industri farmasi, industri kimia, metalurgi, industri kertas dan kulit.

*c. Reverse osmosis*

Membran *reverse osmosis* (RO) 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* dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. Hal ini menyebabkan tekanan operasi pada RO akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Umumnya, membran reverse osmosis memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan rapat serta matrik penyokong dengan tebal 50 sampai 150 $\mu\text{m}$ . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat (Wenten, 2000).

Reverse osmosis umumnya digunakan untuk memisahkan bahan yang mempunyai berat molekul rendah atau bahan-bahan organik dari larutan, contohnya

proses desalinasi air laut. Pori membran yang digunakan sangat kecil mendekati dense, maka mekanisme pemisahan yang terjadi tidak berdasarkan ukuran molekul tetapi lebih berdasarkan pada *solution-diffusion*. Hal inilah yang membedakan dengan proses makrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Umumnya besar tekanan yang diterapkan minimal 3 kali lipat dengan tekanan osmosis larutan (Wenten, 2000).

#### *d. Nanofiltrasi*

Membran nanofiltrasi mempunyai ukuran pori antara 2-5 nm dan dapat digunakan untuk memisahkan garam-garam misalnya NaCl dan MgSO<sub>4</sub>. Nanofiltrasi mempunyai permeabilitas yang lebih tinggi pada tekanan yang lebih rendah dibanding dengan RO (Wenten, 2000).

### **2.3 Teknik Pembuatan Membran**

Teknik-teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching* dan inversi fasa (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. Selama sintering antar muka antara partikel yang berkontak hilang membentuk pori. Teknik ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1 sampai 10  $\mu\text{m}$  (Wenten, 2000).

#### *b. Stretching*

*Stretching* adalah suatu metode pembuatan membran dimana film yang telah diekstrusi atau foil yang dibuat dari bahan polimer semi kristalin ditarik searah proses ekstruksi sehingga molekul-molekul kristalnya akan terletak paralel satu sama lain. Jika stress mekanik diaplikasikan maka akan terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori dengan ukuran 0,1 sampai 0,3  $\mu\text{m}$  (Wenten, 2000).

c. *Track-Etching*

*Track-Etching* merupakan metode dimana 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).

e. *Inversi fasa*

Inversi fasa merupakan salah satu metode pembuatan membran. Inversi fasa adalah suatu proses pengubahan fasa polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Proses pemadatan (solidifikasi) ini diawali dengan transisi dari fasa cair ke fasa dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Tahap tertentu selama proses *demixing*, salah satu fasa cair (fasa polimer konsentrasi tinggi) akan memadat sehingga akan terbentuk matriks padat (Wenten, 2000).

Pengendalian tahap awal transisi fasa akan menentukan morfologi membran yang dihasilkan. Pembuatan membran datar dengan inversi fasa dimulai dengan melarutkan polimer, bahan pembuat membran, dalam pelarut atau campuran pelarut yang sesuai (dapat juga ditambahkan *aditif*). Viskositas dari larutan tergantung pada berat molekul polimer yang digunakan langsung di atas lapisan *support* (penyangga), misalnya polyester *non woven*, dengan menggunakan pisau cetakan. Ketebalan cetakan dapat bervariasi antara 50 $\mu$ m dan 500 $\mu$ m. Film hasil cetakan kemudian dicelupkan dalam bak berisi non solven dimana akan terjadi pergantian atau pendesakan pelarut oleh non pelarut dan akhirnya polimer mengendap. Air seringkali digunakan sebagai non pelarut, tetapi pelarut organik (misalnya methanol) juga dapat digunakan dengan baik (Wenten, 2000).

Tahapan proses secara umum dalam inversi fasa antara lain: homogenasi, pencetakan, penguapan sebagian pelarut, dan koagulasi/ pengendapan. Konsep inversi fasa mencakup berbagai macam teknik pengendapan antara lain penguapan pelarut, pengendapan dengan penguapan terkendali, pengendapan termal, pengendapan fasa uap dan pengendapan fasa imersi.

*a. Pengendapan dengan penguapan pelarut*

Merupakan metode yang paling sederhana. Larutan polimer yang telah dicetak dibiarkan menguap pada suasana *inert* untuk mengeluarkan uap air, sehingga didapatkan membran homogen yang tebal.

*b. Pengendapan fase uap*

metode ini, membran dibuat dengan cara meletakkan cetakan film yang terdiri dari polimer dan pelarut pada suasana uap dimana fase uap mengandung uap jenuh nonpelarut dan pelarut yang sama dengan cetakan film. Konsentrasi pelarut yang tinggi di fase uap mencegah penguapan pelarut dari cetakan film. Pembentukan membran terjadi karena difusi dari nonpelarut ke dalam cetakan film. Membran yang terbentuk adalah membran berpori tanpa lapisan atas.

*c. Pengendapan dengan penguapan terkendali*

Metode ini memanfaatkan perbedaan volatilitas antara pelarut dan nonpelarut. Selama pelarut lebih mudah menguap dari nonpelarut maka perubahan komposisi selama penguapan bergerak ke arah kandungan nonpelarut yang lebih tinggi dan konsentrasi polimer yang lebih tinggi. Membran yang terbentuk adalah membran berkulit.

*d. Pengendapan Termal*

Metode ini membentuk membran dengan cara mendinginkan larutan polimer supaya terjadi pemisahan fase dan penguapan pelarut. Penguapan pelarut sering mengakibatkan terbentuknya membran berkulit untuk mikrofiltrasi.

*e. Pengendapan Imersi*

Metode pengendapan imersi adalah metode yang saat ini sering dipakai untuk membuat membran. Larutan polimer dicetak dalam suatu tempat dan dicelupkan ke

dalam bak koagulasi yang mengandung nonpelarut. Membran terbentuk karena pertukaran pelarut dan nonpelarut.

Pembuatan membran Selulosa Asetat dalam penelitian ini menggunakan metode pengendapan imersi. Satu-satunya persyaratan untuk membuat membran dengan metode ini adalah polimer yang digunakan harus larut pada pelarutnya atau campurannya. Syarat ini dimaksudkan agar dapat terjadi *liquid-liquid demixing*. Pada *demixing* akan terjadi pertukaran pelarut dengan nonpelarut pada membran tersebut. Pertukaran pelarut ini menyebabkan polimer tersebut membentuk matriks padatan dan menjadi membran. Proses *demixing* dibedakan menjadi dua mekanisme:

*a. Instantaneous demixing*

*Instantaneous demixing* berarti *demixing* terjadi segera setelah polimer dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang berisi nonpelarut. Jika mekanisme *instantaneous demixing* terjadi maka membran yang terbentuk adalah membran berpori.

*b. Delayed demixing*

*Delayed demixing* berarti *demixing* terjadi beberapa saat setelah polimer dicelupkan ke dalam bak koagulasi. Membran yang terbentuk adalah membran *non porous*

(Wenten ,2000).

## **2.4 Faktor-faktor yang mempengaruhi morfologi membran**

Faktor yang berpengaruh dalam proses pembentukan struktur membran yang dihasilkan antara lain adalah pemilihan polimer, konsentrasi larutan polimer, pemilihan sistem pelarut-nonpelarut, waktu penguapan larutan *dope*, penambahan aditif, komposisi bak koagulasi.

*a. Pemilihan polimer*

Merupakan salah satu faktor penting karena akan membatasi jenis pelarut dan nonpelarut yang digunakan. Pemilihan material membran menjadi penting dengan memperhatikan faktor fouling (efek adsorpsi, karakteristik hidrofilik/ hidrofobik), kestabilan termal dan kimia.

*b. Konsentrasi larutan polimer*

Kenaikkan konsentrasi awal polimer pada larutan *dope* akan menaikkan konsentrasi polimer pada lapisan antar muka membran. Kenaikan fraksi volume polimer akan menurunkan porositas membran, artinya fluks yang dihasilkan rendah. Konsentrasi polimer untuk membran ultrafiltrasi yang digunakan umumnya berkisar antara 10-30% berat (Gruenwedel dan Whitaker,1987), 12-15 % berat (Wenten,2000).

*c. Pemilihan sistem pelarut-nonpelarut*

Pemilihan sistem pelarut-nonpelarut sangat mempengaruhi struktur membran yang dihasilkan. Non pelarut yang digunakan sebagai koagulan harus dapat larut dalam pelarut. Air adalah non pelarut yang umum digunakan dalam proses inversi fase.

*d. Komposisi bak koagulasi*

Penambahan pelarut ke dalam bak koagulasi adalah parameter lain yang sangat mempengaruhi jenis struktur membran yang terbentuk. Jumlah pelarut maksimum yang dapat ditambahkan ditentukan oleh posisi binodal. Saat binodal berganti arah mendekati sumbu polimer/pelarut, maka pelarut yang dapat ditambahkan ke dalam bak koagulasi akan lebih banyak. Jika bak koagulasi hanya mengandung air murni, *instaneous demixing* akan terjadi karena jalur komposisi awal akan memotong binodal.

*e. Penambahan aditif*

Aditif memiliki fungsi yang spesifik. Fungsi tersebut meliputi: perlindungan terhadap pengaruh lingkungan seperti penolak nyala, penyerap radiasi ultraviolet, antioksidan, antiozon (stabilitas termal dan kimia), mempermudah pemrosesan, memperbaiki kekuatan mekaniknya, jumlah dan interkonektivitas antar pori dalam membran (Kesting, 1971). Efek aditif pada larutan casting tergantung pada sejauh mana pengaruh aditif pada tingkat pengendapan. Aditif dalam larutan casting meningkatkan tingkat pengendapan, tetapi jika aditif, misalnya untuk benzene ada dalam larutan casting akan cenderung untuk mengurangi tingkat pengendapan. Oleh karena itu mendukung struktur spons (Idris *et al.*,2008).

*f. Waktu penguapan larutan dope*

Waktu penguapan ini berkaitan dengan berapa kuantitas pelarut yang meninggalkan film polimer ketika proses pembentukan pori-pori membran sedang berlangsung. Dalam hal ini pelarut berfungsi sebagai pembentukan pori. Saat pori terbentuk, pelarut berada dalam pori-pori tersebut, kemudian didesak oleh nonpelarut dalam bak koagulasi hingga terjadi solidifikasi. Sebelum solidifikasi, penguapan pelarut menyebabkan pori yang sudah terbentuk menyatu kembali. Semakin lama waktu penguapan, semakin sedikit dan semakin kecil diameter pori yang terbentuk (Kesting, 1971). Fauzia (2006) telah meneliti pengaruh waktu penguapan terhadap karakteristik membran. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa semakin lama waktu penguapan maka kerapatan membran semakin meningkat.

## **2.5 Material Membran**

Material membran merupakan material utama yang digunakan dalam pembuatan membran. Umumnya material membran dari bahan polimer. Pemilihan polimer sebagai bahan baku membran dilakukan berdasarkan faktor strukturnya. Menurut Mulder (1996), material membran dapat diklasifikasikan menjadi 3 antara lain :

### **1. Organik (Polimer)**

Jenis polimer yang dapat dijadikan sebagai material membran yaitu :

- Membran berpori (porous membrane)

Contoh material : polycarbonate, polyamide, polysulfone, cellulose ester, polyvinylidene fluoride, polytetrafluoroethylene, dll.

Material membran dapat digunakan untuk aplikasi mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi.

- Membran tidak berpori (non-porous membrane)

Contoh material : polyoxadiazoles, polytriazole.



Material ini bisa digunakan untuk aplikasi separasi gas dan pervaporasi.

## 2. Anorganik

Tipe material anorganik membran ada 4 yaitu :

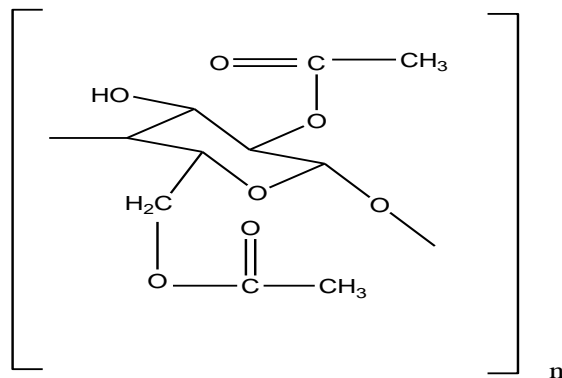
- Membran keramik  
merupakan kombinasi dari logam (aluminium, titanium, silicium atau zirconium) dan non-logam (oxide, nitride atau carbide).
- Membran gelas  
berupa silikon oksida / silika (SiO<sub>2</sub>)
- Membran logam (termasuk karbon)
- Membran zeolite

## 3. Biologi

Merupakan material membran yang berasal dari makhluk hidup misalnya lipida (phospholipid). Struktur membran dari material ini sangat kompleks. Tiap molekul lipid terdapat bagian yang hidrofilik dan hidrofobik.

### 2.6 Membran Selulosa Asetat

Bahan mentah selulosa asetat ( CA) adalah selulosa. Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun atas satuan glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida  $\beta - 1,4$  antar molekul glukosa penyusunnya. Gambar 2.4 merupakan struktur dari CA.



Gambar 2.4. Struktur dari selulosa asetat

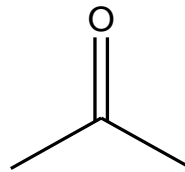
Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Kekuatan selulosa disebabkan oleh struktur keseluruhannya. Molekul selulosa merupakan rantai-rantai, atau mikrofibril dari D glukosa sampai 14.000 satuan yang terdapat sebagai berkas-berkas terpuntir mirip tali, yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen ( Fessenden, 1989 ). Berat molekulnya bervariasi antara 500-1.500 kDa yang tiap unitnya mempunyai berat molekul antara 3-9 kDa. Setiap unit 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. Hal ini disebabkan oleh sifat kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antara gugus hidroksil ( Mulder, 1996 ).

Selulosa asetat merupakan ester yang paling penting yang berasal dari asam organik. Sifat-sifat teknis selulosa asetat ditentukan oleh derajat substitusi yang berperan terhadap kecocokannya dengan pembuatan plastik maupun terhadap kelarutannya dalam pelarut. Kriteria kedua adalah derajat polimerisasi, yang dinyatakan dengan kekentalan, yang mempengaruhi sifat-sifat mekanik produk-produk dan kesanggupan kerjanya (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 sangat berguna karena mudah larut dengan aseton, termoplastik, warna yang bagus, dan stabil ( Mark *et al*, 1968 ).

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 kecilpun dapat ditahan (Mulder, 1996).

## 2.7 Aseton

Aseton, juga dikenal sebagai propanon, dimetil keton, 2-propanon, propan-2-on, dimetilformaldehida, dan  $\beta$ -ketopropana, adalah senyawa berbentuk cairan yang tidak berwarna dan mudah terbakar. Gambar 2.5 merupakan struktur dari aseton.

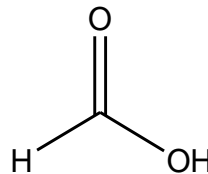


Gambar 2.5. Struktur dari aseton

Aseton merupakan keton yang paling sederhana. Aseton larut dalam berbagai perbandingan dengan air, etanol, dietil eter, dll. Aseton sendiri juga merupakan pelarut yang penting. Pembuatan membran selulosa asetat menggunakan pelarut aseton menghasilkan tipe membran yang mempunyai pori yang rapat (Wenten, 2000). Aseton digunakan untuk membuat plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimia lainnya (Anonim, 2012).

## 2.8 Asam Format

Asam format adalah suatu cairan yang tidak berwarna, berbau tajam/menyengat, menyebabkan iritasi pada hidung, tenggorokan dan dapat membakar kulit. Gambar 2.6 merupakan struktur dari asam format.



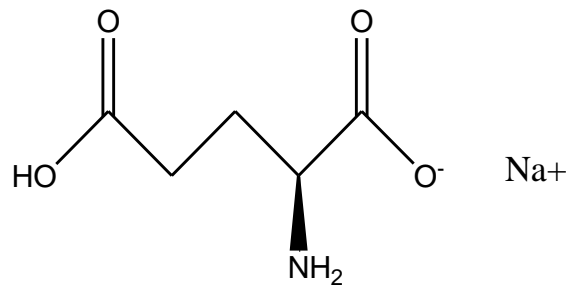
Gambar 2.6. Struktur dari asam format

Asam format dapat larut sempurna dengan air dan sedikit larut dalam benzena, karbon tetra klorida, toluena, serta tidak larut dalam hidrokarbon alifatik seperti heptana dan oktana. Asam format, (L. Formica = semut). Terdapat pada

semut merah (asal dari nama), lebah, jelantang dan sebagainya (juga sedikit pada urine dan peluh). Asam format juga mudah larut dalam aseton, asam format merupakan asam paling kuat dari asam-asam karboksilat, punya gugus asam dan gugus aldehida (Anonim, 2012).

## 2.9 MSG (*Monosodium Glutamate*)

*Monosodium glutamate* juga dikenal sebagai sodium glutamat atau MSG, merupakan garam natrium dari asam glutamat yang merupakan salah satu asam amino non-esensial paling berlimpah yang terbentuk secara alami. MSG sebagai zat tambahan makanan. Gambar 2.7 merupakan struktur dari MSG.

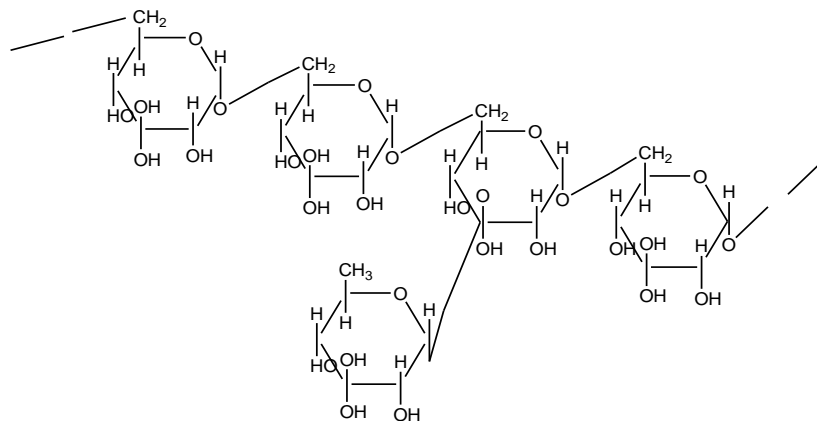


Gambar 2.7. Struktur dari MSG

Produsen makanan industri memasarkan dan menggunakan MSG sebagai penguat cita rasa karena zat ini mampu menyeimbangkan, menyatukan, dan menyempurnakan persepsi total rasa lainnya. Nama dagang untuk monosodium glutamat termasuk diantaranya AJI-NO-MOTO®, *Vetsin*, dan *Ac'cent*. Wujudnya adalah serbuk kristal berwarna putih dan tidak berbau yang dalam larutan terdisosiasi menjadi glutamat dan natrium. Bahan ini sangat mudah larut dalam air, tetapi tidak bersifat higroskopis dan praktis tidak larut dalam pelarut organik umum seperti eter. Monosodium glutamate sangat hidrofilik karena gugus hidroksil dalam struktur ,MSG ini mudah di dapat dan murah, MSG juga berfungsi dalam pembersihan urea dalam proses dialisis (Idris *et al* ,2008).

## 2.10 Dekstran

Dekstran merupakan glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -D-1,6-glukosa dengan rantai samping 1,3 yang terikat pada rantai C bipolimer. Gambar 2.8 merupakan struktur dari dekstran.



Gambar 2.8 struktur dekstran

Fraksi dekstran bersifat fleksibel dan polimer yang panjang dan di dalam larutan berada sebagai gulungan yang dapat memanjang. Fraksi dekstran dengan mudah larut dalam air dan larutan elektrolit yang jernih dan stabil, pH tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kelarutannya. Larutan dapat dibuat pada konsentrasi  $> 50\%$  W/V. Fraksi dekstran larut juga dalam pelarut lain, khususnya metal sulfide, formamida, etilen glikol dan gliserol. Fraksi dekstran tidak larut dalam monohidric alcohols, sebagai contoh methanol, etanol dan isopropanol dan juga kebanyakan keton seperti aseton dan 2-propanon (Pharmacocosmos, 2006).

Larutan fraksi dekstran dapat dengan mudah difiltrasi. Larutan dengan konsentrasi yang lebih besar membutuhkan filter yang lebih besar atau serangkaian filter dan tekanan yang lebih besar untuk meningkatkan laju filtrasi. Cara menaikkan laju filtrasi lebih jauh lagi dengan menaikkan suhu. Luas sistem filter harus sesuai

dengan volume dan konsentrasi larutan dekstran yang digunakan (Pharmacosmos,2006).

## **2.11 Karakterisasi Membran**

### **2.11.1 Sifat Fisik Membran**

Sifat fisik dasar membran yang diuji antara lain densitas, derajat *swelling* (pengembangan), dan sifat mekanik. Densitas atau berat jenis merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan sangat terkait dengan volume bebas, difusivitas dan permeabilitas. Membran yang terbuat dari polimer dengan densitas yang tinggi cenderung mempunyai permeabilitas yang rendah. Densitas menurun dan permeabilitas menaik jika tekanan diturunkan, tetapi jika temperatur transisi gelas telah dilewati, densitas akan naik dengan lebih cepat (Wenten, 2000).

Densitas merupakan parameter yang sangat penting karena berkaitan dengan volume bebas, difusifitas, dan permeabilitas, lebih dari itu dapat memberikan informasi tentang kristalinitas polimer. Membran yang terbuat dari polimer berdensitas tinggi cenderung mempunyai permeabilitas rendah. Densitas membran harus tidak berbeda secara signifikan dengan material asalnya.

Pengukuran kerapatan ( $\rho$ ) dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\rho = \frac{W}{V} \quad (2.4)$$

dimana :

W = berat film selulosa asetat (g)

V = volume film (cm<sup>3</sup>)

Penentuan volume kering dilakukan dengan perkalian luas alas x tebal film (Indarti dan Yudianti,1995 dalam Piluharto, 2001).

### **2.11.2 Uji Kinerja Membran**

Kinerja atau efisiensi suatu membran ditentukan oleh dua parameter: (1) fluks dan (2) selektifitas yang melalui membran. Fluks 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 dinyatakan dengan persamaan 2.1

$$J_v = \frac{V}{A.t} \quad (2.1)$$

dimana:

$J_v$  = fluks volume ( $L/m^2$ .jam)

$A$  = luas permukaan ( $m^2$ )

$t$  = waktu (jam)

Sebelum uji fluks suatu larutan, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap membran yang akan diuji. 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. pepadatan pori film terjadi saat terjadi proses deformasi, sehingga nilai fluks menjadi turun. Hasil uji fluks yang dialurkan terhadap tekanan dipakai untuk menentukan permeabilitas air (Mulder, 1996). Permeabilitas ditentukan oleh persamaan 2.2

$$J_v = L_p. \Delta P \quad (2.2)$$

dimana:

$J_v$  = fluks air ( $L/m^2$ .jam)

$L_p$  = Koefisien permeabilitas ( $L/m^2$ .jam.atm)

$\Delta P$  = Perubahan tekanan

Selektifitas membran terhadap campuran secara umum dinyatakan oleh satu dari dua parameter yaitu faktor retensi ( $R$ ) atau faktor pemisahan ( $\alpha$ ). Campuran larutan encer yang terdiri dari pelarut (sebagian besar air) dan zat terlarut lebih sesuai dengan retensi terhadap terlarut. Zat terlarut sebagian atau secara sempurna ditahan

sedang molekul pelarut air dengan bebas melalui membran. Rejeksi (R) diberikan oleh persamaan 2.3.

$$R = (1 - C_p/C_r) \times 100\% \quad (2.3)$$

dimana :

$C_p$  = Konsentrasi permeat,

$C_r$  = konsentrasi retentat

R adalah parameter yang tidak berdimensi, sehingga tidak berpengaruh unit konsentrasinya. Nilai R berkisar antara 100% (jika zat terlarut dapat ditahan secara sempurna) dan 0% zat terlarut dan pelarut melalui membran secara bebas.

Parameter penentuan permeasi adalah penentuan parameter pemisahan aktual dengan melihat seberapa besar bagian dari zat terlarut yang direjeksi oleh membran (*pengukuran cut-off*). *Molecul Weight Cut off* didefinisikan sebagai berat molekul yang dapat direjeksi sebesar 90% oleh membran. Nilai *Molecul Weight Cut off* pada membran sering sebagai suatu model yang absolute. Sebagai contoh membran yang mempunyai nilai *cut-off* 40.000 artinya semua zat terlarut yang mempunyai berat molekul lebih dari 40.000 akan terejeksi lebih dari 90%.

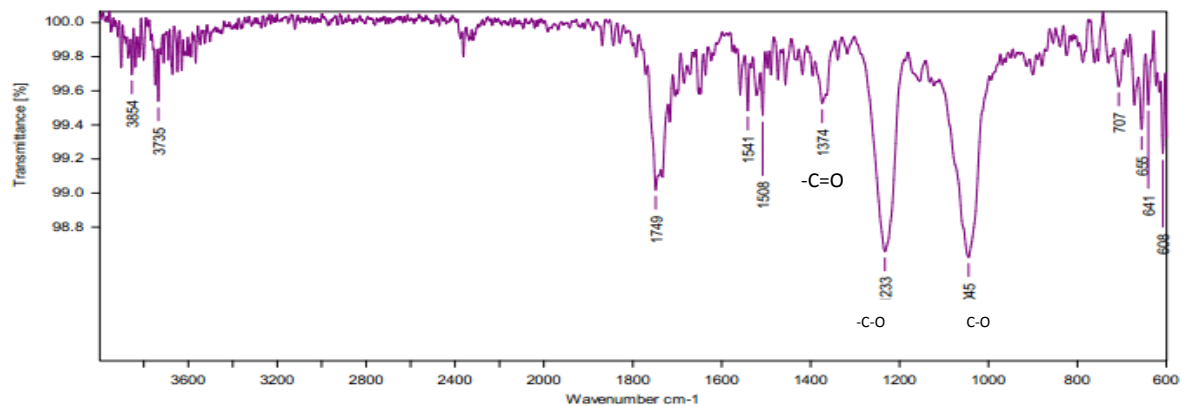
## 2.12 Spektroskopi inframerah

Metode spektroskopi inframerah merupakan suatu metode yang meliputi teknik serapan (absorption), teknik emisi (emission), teknik fluoresensi (fluorescence). Komponen medan listrik yang banyak berperan dalam spektroskopi umumnya hanya komponen medan listrik seperti dalam fenomena transmisi, pemantulan, pembiasan, dan penyerapan. Penemuan infra merah ditemukan pertama kali oleh *William Herschel* pada tahun 1800. Penelitian selanjutnya diteruskan oleh *Young*, *Beer*, *Lambert* dan *Julius* melakukan berbagai penelitian dengan menggunakan spektroskopi infra merah. Penyerapan gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan terjadinya eksitasi tingkat-tingkat energi dalam molekul. Analisis FTIR bertujuan mengidentifikasi senyawa organik berdasarkan pembacaan gugus fungsi yang dimiliki berupa spektrum. Hal ini terjadi karena senyawa tersebut



dapat menyerap radiasi elektromagnetik pada daerah inframerah dengan panjang gelombang antara 0.78 sampai 1000 nm atau bilangan gelombang dari 12800 sampai  $10 \text{ cm}^{-1}$  (Nur, 1989).

Metode Spektroskopi inframerah ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui, karena spektrum yang dihasilkan spesifik untuk senyawa tersebut. Gugus fungsi yang ada pada rantai selulosa adalah hidroksil. Gugus tersebut terikat pada setiap unit glukosa. Gugus hidroksil pada selulosa tidak hanya menentukan struktur supramolekul, tetapi juga menentukan sifat fisika dan kimia selulosa (Fengel dan Wegener, 1995). FTIR merupakan instrumen standar untuk analisis secara kimia. FTIR dapat memperlihatkan informasi dalam memprediksi dan mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dalam suatu senyawa. FTIR merupakan cara yang paling mudah dan cepat untuk melihat senyawa senyawa kimia pada permukaan membran. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menganalisis spektrum-spektrum yang dihasilkan sesuai dengan puncak-puncak yang dibentuk dari suatu gugus fungsi. Gambar 2.9 merupakan spektrum IR dari selulosa asetat, spektrum tersebut digunakan untuk membandingkan hasil membran yang dibuat dalam penelitian ini dengan selulosa asetat murni. Apabila ada perbedaan dalam puncak puncak serapan hasil penelitian, maka masih adanya pelarut dan aditif dalam membran tersebut (Fengel dan Wegener, 1989).



Gambar 2.9 Spektrum IR dari selulosa asetat

### 2.13 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM merupakan teknik yang sangat handal untuk menguji dan menganalisa struktur dari lapisan fouling pada skala mikro/nano. SEM memberikan gambar dengan resolusi tinggi beserta informasi tambahan mengenai sifat asal foulant, seperti struktur sel, filamen dan lain-lain. Selain itu komponen perekat seperti biopolimer yang mengikat/merekatkan agregat flok, juga dapat diamati secara jelas. Dengan demikian SEM sangat baik digunakan untuk menganalisa fouling terutama untuk memberikan gambaran mengenai morfologi permukaan membran yang tersumbat. Gambar 2.10 merupakan peralatan untuk SEM.



Gambar 2.10 Peralatan SEM

SEM juga dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena “self forming membrane” yang terbentuk dari lapisan foulant, menganalisa keberhasilan proses pencucian membran dan fenomena penuaan membran (kerusakan karena pemakaian terus-menerus). Namun demikian, diperlukannya perlakuan pendahuluan terhadap sample merupakan salah satu hambatan aplikasi SEM. Pengeringan sampel dan pelapisan menggunakan emas (*gold coating*) memungkinkan terjadinya perusakan struktur asal (Anonim, 2012).

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian telah dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Farmasi Universitas Jember dan di Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian berlangsung mulai Agustus 2012 sampai dengan Maret 2013.

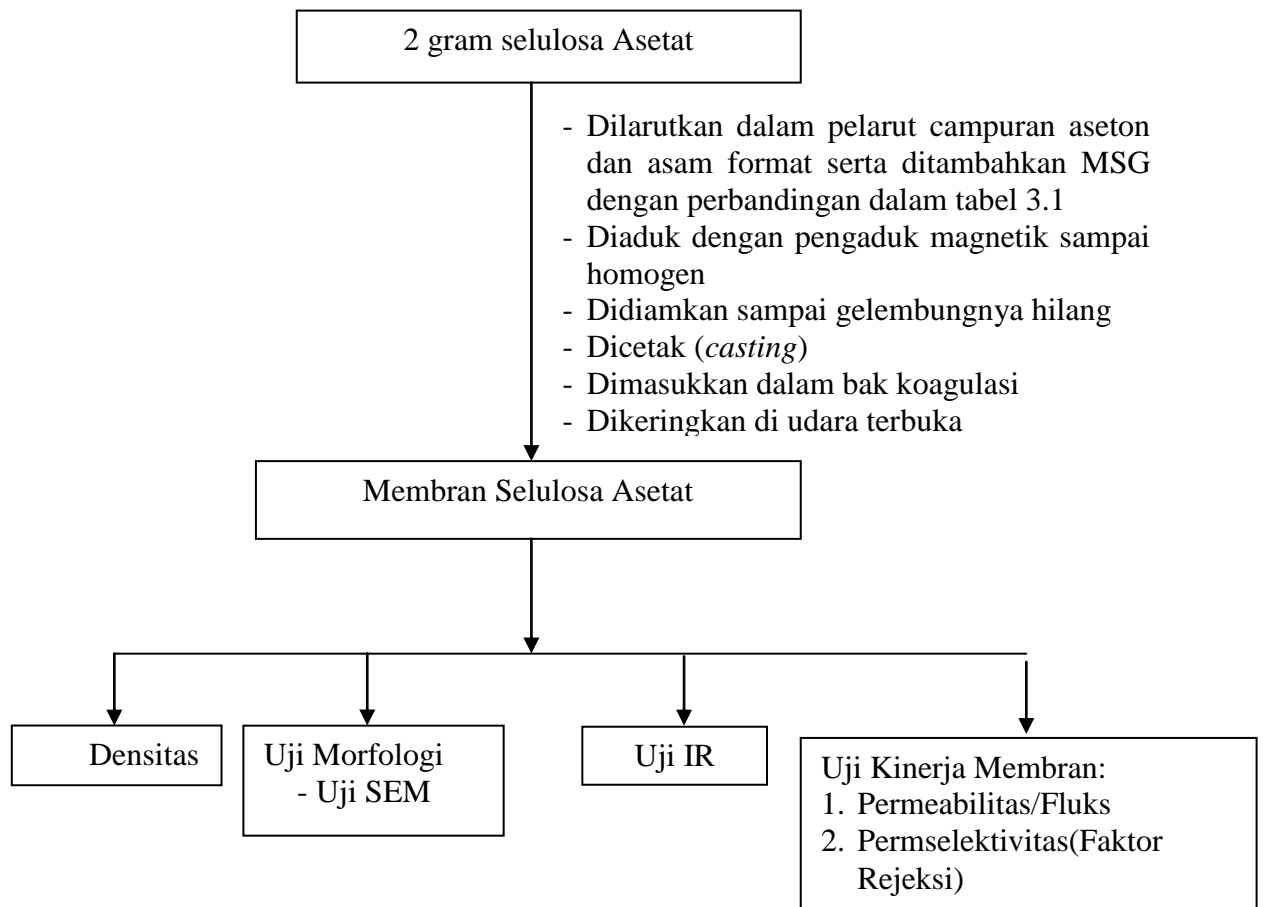
### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: alat-alat gelas, *hot plate* (penangas), pengaduk, neraca analitis merk OHAUS, kompresor, *micrometer*, selotip, *spectrophotometer UV/VIS 756CRT*, botol semprot, alat pencetak membran (pelat kaca dan lampu neon), bak koagulasi, *stopwatch*, dan satu set alat ultrafiltrasi modul flat sistem *dead-end*, *scanning electron microscopy* (SEM) tipe HITACHI dan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : Selulosa Asetat Sigma Aldrich (BM 30.000, 39,9 w%), asam format (Merck)  $\rho = 1,21$  g/mL, pa), aseton (Merck);  $\rho = 0,79$  g/mL, pa), MSG (SASA), aquades, dekstran (100-200 kDa) Sigma Aldrich, fenol 5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (Merck), aluminium foil, kertas saring dan aquades.

### 3.3 Rancangan Penelitian

#### 3.3.1 Preparasi dan Pengujian Membran Selulosa Asetat



Gambar 3.1 Skema Preparasi dan Pengujian Membran Selulosa Asetat

### 3.4 Rancangan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Membran

Pembuatan membran selulosa asetat ini menggunakan metode inversi fasa. Selulosa asetat dengan berat 2 gram dilarutkan dalam 4,7 gram aseton ( $\rho_{\text{aseton}} = 0,79$  g/mL) dan monosodium glutamate berturut turut dari 0%; 4%; 6%; 8% dan 10% dilarutkan dalam asam format 3,3 gram ( $\rho_{\text{asam format}} = 1,21$  g/mL). Perbandingan komposisi pembuatan larutan dope ditunjukkan pada Tabel 3.1. Cara menimbang

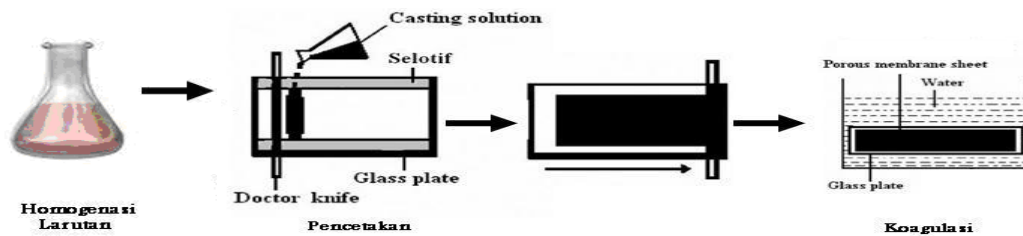
larutan aseton, beaker gelas dan penutup (aluminium foil) ditimbang, kemudian pada alat neraca analitis di Nol kan. Aseton diambil dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam beaker gelas tersebut sedikit demi sedikit. Setelah di timbang mencapai 4,7 g, beaker glass yang sudah berisi aseton ditutup rapat dengan aluminium foil untuk meminimalisir penguapan aseton ke udara bebas. Aseton tersebut dituangkan ke dalam zat terlarut yaitu selulosa asetat dengan perlahan. Setelah dituangkan, aseton dan selulosa asetat ditutup rapat dengan aluminium foil dan siap untuk di homogenkan. Begitu juga untuk asam format dan MSG. Setelah asam format dan MSG homogen, campuran tersebut dituangkan pada erlemeyer yang berupa campuran aseton dan CA. Kedua larutan tersebut diaduk dengan pengaduk magnetik sampai larutan homogen.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian Membran Selulosa Asetat

Massa CA (g)	Aseton (g)	Asam format (g)	MSG(%)
2	4,7	3,3	0
2	4,7	3,3	4
2	4,7	3,3	6
2	4,7	3,3	8
2	4,7	3,3	10

Ket: % MSG per 10 gram larutan *casting*

Larutan polimer yang telah homogen kemudian didiamkan sampai tidak mengandung gelembung udara. Larutan polimer yang tidak mengandung gelembung udara dicetak di atas plat kaca yang bagian tepinya telah diberi selotip untuk mengatur ketebalan membran. Kemudian membran dicelupkan dalam bak air, untuk menghilangkan sisa pelarut dan aditif pada membran, Seluruh prosedur pembuatan dapat dilihat pada Gambar 3.2. Perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Membran yang dipilih mempunyai ketebalan yang seragam yaitu dengan mengukur menggunakan mikrometer pada beberapa titik kemudian hasilnya dirata-rata.



Gambar 3.2 Pembuatan membran pori asimetrik

Sumber: Javiya, 2008

### 3.4.2 Karakterisasi Membran Selulosa Asetat

Karakterisasi membran meliputi uji kimia yaitu analisis gugus fungsi (IR), uji fisik yaitu uji kerapatan serta uji kinerja meliputi fluks dan rejeksi.

#### a. Spektrometri Infra Merah

Penelitian ini juga menggunakan FTIR untuk analisa kualitatif membran selulosa asetat. . Pengujian ini di lakukan di Fakultas Farmasi Universitas Jember. Daerah panjang gelombang yang digunakan pada alat spektroskopi inframerah adalah pada daerah inframerah pertengahan, yaitu pada panjang gelombang 2,5 – 50 nm atau pada bilangan gelombang  $4.000 - 200 \text{ cm}^{-1}$ . Daerah tersebut adalah cocok untuk perubahan energi vibrasi dalam molekul.

Membran selulosa asetat dianalisa menggunakan FTIR. Jika senyawa monosodium glutamate, asam format atau aseton masih berada di dalam Membran selulosa asetat, maka akan terdapat puncak baru pada hasil Uji IR, misal gugus karbonil dari aseton.

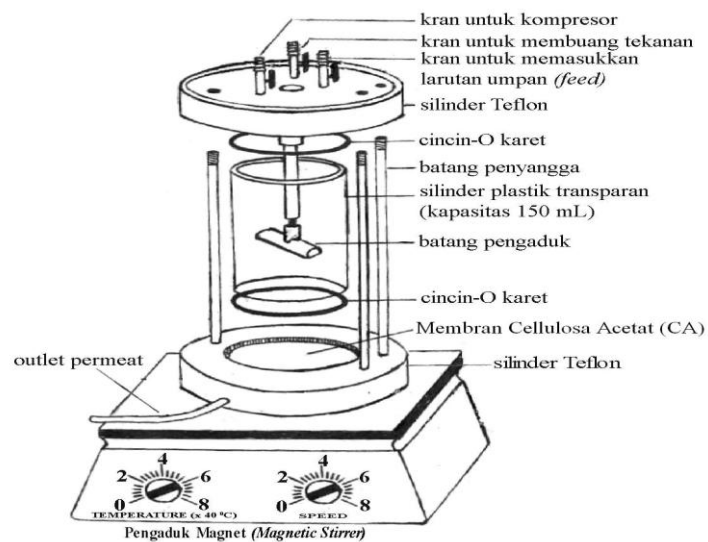
#### b. Uji Densitas

Membran selulosa asetat dipotong 2 cm x 2 cm, masing-masing ditimbang dalam keadaan kering, kemudian hasilnya dibagi dengan volume kering. Penentuan volume kering dilakukan dengan perkalian luas alas x tebal film. Pengukuran kerapatan ( $\rho$ ) dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.4

### c. Uji Fluks Air

Film yang diperoleh dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5.7 cm. Ukuran ini disesuaikan dengan desain alat ultrafiltrasi. Sebelum uji fluks air, terlebih dahulu dilakukan penentuan waktu kompaksi terhadap membran.

Waktu kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran pada tekanan 2 bar hingga diperoleh fluks air yang konstan. Fungsi pengujian fluks ini yaitu agar diperoleh membran yang memiliki pori yang stabil. Volume umpan yang digunakan sebanyak 100 ml. Waktu diukur tiap satu mL air yang keluar melewati membran, kemudian dicatat waktu yg konstan dan didapatkan nilai fluks yang konstan. Penentuan fluks air diperoleh dengan mengukur banyaknya volume air yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Setiap satu mL air yang ditampung dicatat waktu alir yang diperlukan. Fluks volume ditentukan dengan persamaan (2.1). Setelah diperoleh fluks yang konstan kemudian dilakukan uji fluks terhadap membran dengan prosedur yang sama dalam penentuan waktu kompaksi, filtrasi dilakukan selama 1 jam dengan tekanan 2 bar, kemudian diukur volume permeat yang tertampung dan dihitung fluks airnya dengan persamaan (2.1). Gambar 3.3 merupakan sel alat ultrafiltrasi.

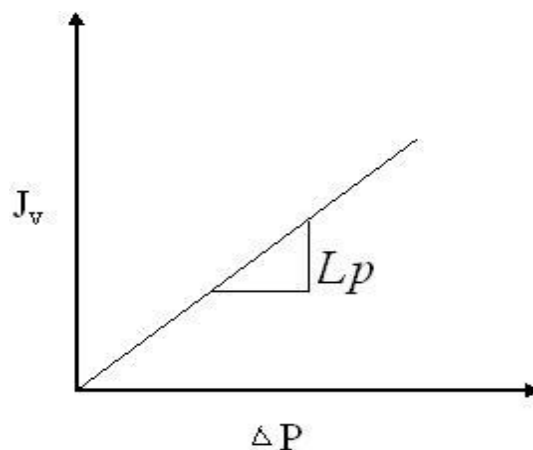


Gambar 3.3 Set alat ultrafiltrasi

(Irfan, 2008).

d. Uji Koefisien permeabilitas

Air sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam sel ultrafiltrasi. Pengadukan menggunakan pengaduk magnetik dan kecepatannya dijaga konstan. Setiap membran selulosa asetat diberi variasi tekanan yaitu 1; 1.5; 2; 2.5; dan 3 bar selama 1 jam. Adapun dari perlakuan tersebut maka akan diperoleh nilai fluks (Pers. 2.1) untuk setiap tekanan pada masing-masing membran. Sebelum dilakukan fluks, masing-masing membran dengan variasi konsentrasi MSG yang berbeda ditentukan waktu kompaksi dengan variasi tekanan yaitu 1; 1.5; 2; 2.5; dan 3 bar. Setiap hasil pengukuran, kemudian dibuat grafik nilai perubahan tekanan (sebagai sumbu X) dan nilai fluks (sebagai sumbu Y). Nilai  $L_p$  (koefisien permeabilitas) ditentukan dari nilai slope yang didapatkan pada setiap grafik yang dilalui titik (0,0). Gambar 3.4 merupakan grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas ( $L_p$ )



Gambar 3.4 Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas ( $L_p$ )

e. Penentuan koefisien rejeksi

Penentuan koefisien rejeksi dilakukan menggunakan larutan uji, dimana Larutan uji yang digunakan adalah dekstran dengan berat molekul 100-200 kDa.

Kurva kalibrasi diperoleh dari plot antara absorbansi dengan konsentrasi dekstran yang berguna untuk menentukan konsentrasi dekstran dan selanjutnya digunakan untuk mengetahui koefisien rejeksi membran selulosa asetat. Larutan



standart yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan standart dekstran dengan konsentrasi 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 1000 ppm. Larutan ini diperoleh dari pengenceran larutan induk dekstran 1000 ppm.

Larutan dekstran masing-masing diambil 1 mL kemudian ditambahkan dengan fenol 5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dengan perbandingan volume larutan 1:1:5 yang selanjutnya diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 25 mL sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan dekstran dengan konsentrasi 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 ppm. Pembuatan blanko, 1 mL pelarut (aquades) ditambahkan dengan fenol 5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dengan perbandingan volume larutan 1:1:5 yang selanjutnya diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 25 mL sampai tanda batas. *Scanning* dilakukan pada panjang gelombang 400-550 nm dengan spektrofotometer (Piluharto,2001).

Larutan standart dekstran dimasukkan ke dalam set alat ultrafiltrasi dan dilakukan selama 1 jam. Permeat dan retentatnya yang diperoleh kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum dari hasil *scanning* dengan spektrofotometer. Hasil pengukuran, kemudian dibuat kurva larutan standart antara konsentrasi dekstran (sumbu X) dengan absorbansi (sumbu Y), kurva tersebut akan diperoleh persamaan garis yang digunakan untuk menentukan konsentrasi pada permeat dan retentat. Koefisien rejeksi dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

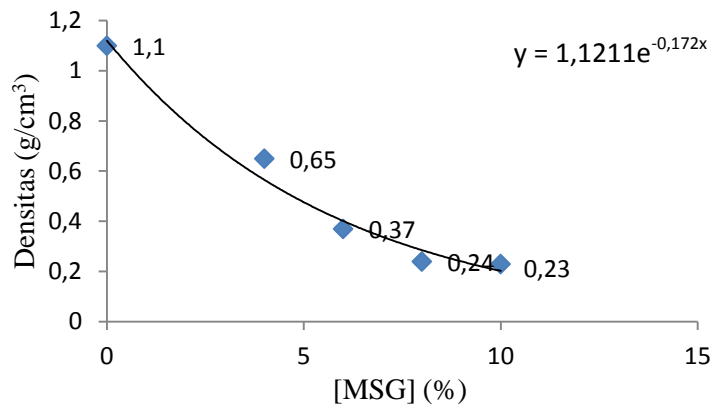
f. Uji morfologi membran menggunakan SEM

Analisis atau uji SEM digunakan untuk mempelajari perubahan morfologi membran selulosa asetat akibat pengaruh variasi konsentrasi aditif. Perubahan yang diamati diantaranya perubahan morfologi membran penampang lintang dan permukaan bagian atas dan bawah dari membran, difoto dengan perubahan perbesaran tertentu. Alat yang digunakan adalah *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dalam hal ini tidak dilakukan sendiri melainkan mengirim sampel ke Universitas Brawijaya untuk dilihat hasil uji SEM-nya.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Konsentrasi MSG terhadap densitas Membran Selulosa Asetat

Konsentrasi MSG berpengaruh terhadap densitas membran selulosa asetat. Pengaruh konsentrasi MSG terhadap densitas membran selulosa asetat dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap membran CA

Gambar 4.1 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi MSG, densitas semakin kecil. Kemungkinan juga dengan meningkatnya konsentrasi MSG, selisih perubahan densitas semakin kecil dan kemungkinan tidak mengalami perubahan atau tetap jika konsentrasi MSG lebih besar dari 10%. Data lebih lengkap dalam memperoleh nilai densitas dapat dilihat di lampiran A. Adanya perubahan densitas dimungkinkan terjadi karena ketika membran dimasukkan ke dalam bak koagulasi terjadi proses solidifikasi, membran masih berbentuk cair bergerak mengisi pori atau berkas kosong yang diakibatkan adanya difusi antara pelarut dan aditif ke dalam air. Mekanisme pembentukan pori membran terjadi karena ada interaksi antara aditif, pelarut, polimer dan air pada bak koagulasi. Interaksi yang terjadi pada CA dengan MSG dan CA dengan asam format adalah interaksi hidrogen, tetapi interaksi hidrogen

CA dengan MSG lebih besar dari pada CA dengan asam format. Sedangkan untuk interaksi antara CA dengan aseton hanya interaksi dipol dipol. Interaksi hidrogen lebih kuat daripada interaksi dipol dipol. Karena interaksi hidrogen lebih kuat dari pada interaksi dipol dipol. Hal ini memungkinkan yang terdifusi lebih dahulu dengan air adalah aseton, selanjutnya asam format dan MSG. Dengan demikian kemungkinan yang dominan dalam pembentukan pori yaitu konsentrasi MSG. Pembentukan *top layer* membran kemungkinan ditentukan karena sebagian aseton yang ada di permukaan atas membran berdifusi cepat dengan air terlebih dahulu sehingga porinya kecil, di bagian sub layer kedua pelarut tersebut mulai menguap tetapi masih ada MSG dan bagian permukaan bawah pelarut hilang dan MSG mulai berdifusi dengan air secara perlahan. Hal ini diakibatkan interaksi antara CA dengan MSG kuat, sehingga air berdifusi dengan MSG cukup terganggu dengan adanya interaksi MSG dengan CA. Hal ini mengakibatkan pada bagian *sub layer* akan membentuk pori yang lebih besar. Sehingga pori yang terbentuk *asimetri*. Penjelasan tersebut juga ditunjang dengan uji SEM.

#### **4.2 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap kinerja membran selulosa asetat**

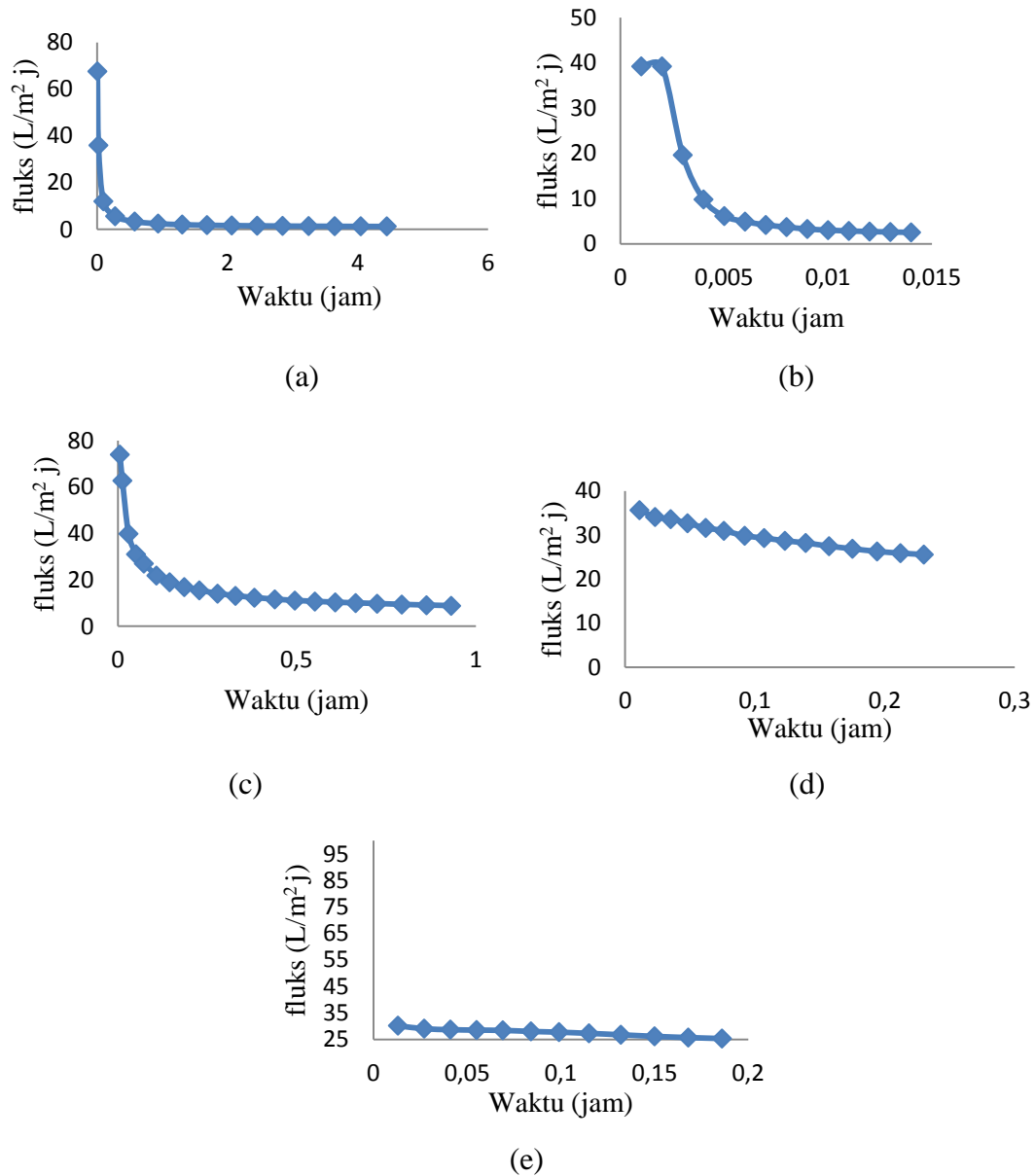
Konsentrasi MSG berpengaruh terhadap kinerja membran selulosa asetat. Kinerja membran dapat ditunjukkan dari nilai fluks air, koefisien permeabilitas dan koefisien rejeksinya.

##### **4.2.1 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap waktu kompaksi membran Selulosa Asetat**

Kompaksi merupakan suatu proses deformasi mekanik pada matriks polimer penyusun membran bertujuan untuk menata ulang pori-pori membran yang baru terbentuk tersebut, akibat dari tekanan dan perlakuan lainnya yang mempengaruhi pori-pori membran. Penentuan waktu kompaksi ini digunakan untuk memperoleh harga fluks air yang konstan pada tekanan operasional yang diberikan yaitu 2 bar.

Konsentrasi MSG berpengaruh terhadap waktu kompaksi membran selulosa asetat. Semakin meningkatnya konsentrasi MSG maka laju untuk mencapai fluks

konstan semakin kecil. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2. Data penentuan waktu kompaksi pada tekanan 2 bar dapat dilihat pada Lampiran B3.



Gambar 4.2 Penentuan waktu kompaksi membran selulosa asetat dengan variasi MSG (a) 0% (b) 4% (c) 6% (d) 8% dan 10 %.

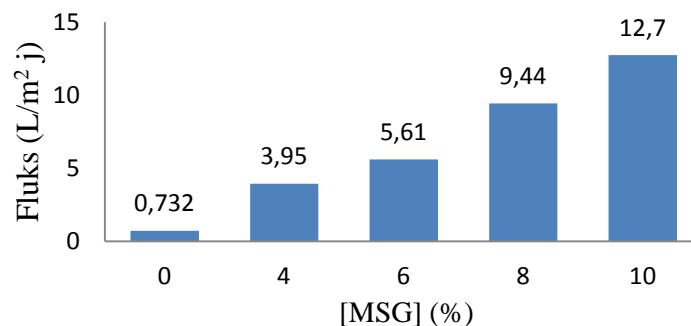
Hasil kompaksi tekanan 2 bar pada membran dengan variasi konsentrasi MSG diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 penentuan waktu kompaksi pada tekanan 2 bar

No	[MSG]	t kompaksi (jam)
1	0	3,2
2	4	1,1
3	6	0,72
4	8	0,16
5	10	0,15

#### 4.2.2 Pengaruh Konsentrasi MSG terhadap Fluks Air

Konsentrasi MSG berpengaruh terhadap fluks. Fluks air atau kecepatan permeasi merupakan salah satu parameter yang menentukan kinerja membran (Mulder, 1996). Penentuan fluks air diperoleh dengan mengukur banyaknya volume air melewati tiap satuan luas permukaan membran persatuan waktu. Pengaruh konsentrasi MSG terhadap fluks dapat dilihat pada gambar 4.3



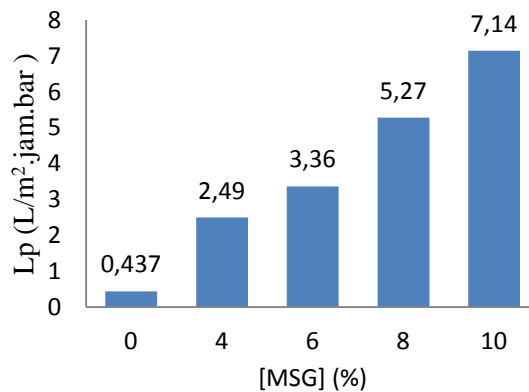
Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap nilai fluks membran CA

Gambar 4.3 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi MSG, fluks juga semakin besar. Hal ini juga ditunjang dengan data SEM, konsentrasi MSG semakin meningkat pori yang dihasilkan semakin besar, memungkinkan air melewati pori-pori membran semakin banyak. Data lebih lengkap dalam perhitungan fluks dapat dilihat di

lampiran C. Mekanisme pembentukan pori penjelasannya sama dengan pada uji densitas.

#### 4.2.3 Pengaruh Konsentrasi MSG terhadap Koefisien Permeabilitas ( $L_p$ ) Membran Selulosa Asetat

Konsentrasi MSG berpengaruh terhadap Koefisien permeabilitas membran. Koefisien permeabilitas merupakan kemampuan suatu membran untuk dilewati suatu spesi. Koefisien permeabilitas membran adalah gradien kemiringan kurva hubungan fluks air ( $J$ ) terhadap tekanan. Semakin meningkatnya konsentrasi MSG, maka nilai fluks airnya semakin besar dan koefisien permeabilitas juga semakin besar. Hal ini, sesuai dengan data uji SEM, pori yang terbentuk semakin besar dengan meningkatnya konsentrasi MSG.



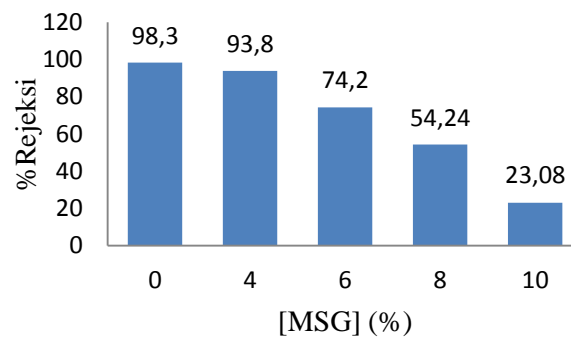
Gambar 4.4 Pengaruh konsentrasi MSG terhadap koefisien permeabilitas membran CA

Berdasarkan data hasil penelitian penentuan koefisien permeabilitas pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas membran yang terendah pada variasi konsentrasi MSG 0% yaitu  $0,437 L/m^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$  dan tertinggi pada membran dengan konsentrasi MSG 10% yaitu  $7,14 L/m^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$ . Data lebih lengkap dalam penentuan koefisien permeabilitas dapat dilihat dilampiran D1 dan D2. Meningkatnya koefisien permeabilitas seiring dengan meningkatnya konsentrasi MSG. Hal ini berarti ukuran pori semakin besar sehingga fluks juga semakin besar.

#### 4.2.4 Pengaruh Konsentrasi MSG terhadap Rejeksi Membran Selulosa Asetat

Konsentrasi MSG berpengaruh terhadap rejeksi membran selulosa asetat. Koefisien rejeksi merupakan ukuran selektifitas membran. Ukuran yang dapat ditahan oleh membran ultrafiltrasi berkisar antara  $10^3$ - $10^8$  Dalton (Mulder, 1996), Sehingga berat molekul dekstran yang digunakan sebagai larutan uji yaitu 100-200 kDa.

Tahap pertama untuk menentukan koefisien rejeksi adalah ditentukan terlebih dahulu panjang gelombang maksimal yang diserap oleh dekstran. Dari hasil *scanning* panjang gelombang optimum diperoleh panjang gelombang 490 nm. Data lebih lengkap dalam memperoleh panjang gelombang dapat dilihat di lampiran E. Gambar 4.5 merupakan variasi konsentrasi MSG terhadap koefisien rejeksi membran.



Gambar 4.5 Pengaruh konsentrasi MSG pada koefisien rejeksi membran

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi MSG, maka koefisien rejeksi membran terhadap dekstran 100-200 kDa semakin menurun. Koefisien rejeksi memberi informasi tentang ukuran dari pori suatu membran. Ukuran molekul dari zat aditif dan pelarut sangat berpengaruh terhadap ukuran pori. Berdasarkan ukuran molekulnya, MSG mempunyai ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan asam format dan aseton, sehingga semakin meningkatnya MSG pori yang terbentuk semakin lebar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien rejeksi berkurang dengan meningkatnya konsentrasi MSG. Hal ini juga ditunjang dengan Uji SEM, semakin meningkatnya konsentrasi MSG, pori juga semakin besar.

Fenomena ini juga menunjukkan fluks airnya semakin besar dengan meningkatnya MSG dan molekul dekstran yang tertahan oleh membran semakin sedikit. Membran yang memiliki nilai koefisien rejeksi diatas 90% kemungkinan memiliki nilai MWCO kurang 100-200 kDa. Untuk membran dengan nilai koefisien rejeksi kurang dari 90% kemungkinan memiliki nilai MWCO lebih dari 100-200 kDa. Data lebih lengkap dalam perhitungan koefisien rejeksi dapat dilihat di lampiran G.

#### 4.2.5 Analisa gugus fungsi membran selulosa asetat dengan FTIR

Analisa membran selulosa asetat dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pelarut atau zat aditif yg terikat atau terjebak dalam membran. Adanya ikatan yang baru antara membran dengan pelarut dan aditif atau dengan salah satunya akan menghasilkan perubahan puncak-puncak serapan pada spektrum IR.

Tabel 4.2 Puncak serapan gugus fungsi membran selulosa asetat

Gugus Fungsi	Puncak Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )		
	CA ( 0% MSG)	CA ( 4% MSG)	CA ( 6% MSG)
C=O (ester)	1373	1736	1743
C-O (ester)	1239	1239	1238
C-O (alkohol)	1051	1050	1050

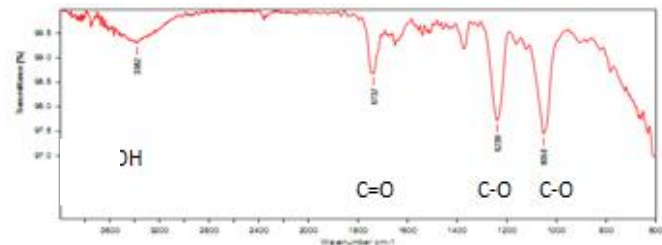
Hasil analisa dengan spektroskopi IR pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan puncak-puncak serapan pada spektrum IR, baik yang ( 0% MSG, 4% MSG dan 6% MSG ). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada ikatan yang baru antara CA dengan pelarut dan CA dengan MSG, selain itu data juga menunjukkan tidak ada pelarut MSG yang terjebak dalam membran.

Apabila ada aseton yang terjebak, akan memberikan puncak serapan karbonil pada panjang gelombang sekitar  $1710 \text{ cm}^{-1}$ , sedangkan jika ada asam format akan ada serapan O-H<sub>asam</sub> melebar dari  $3300\text{-}2500 \text{ cm}^{-1}$ , dan serapan karbonil asam

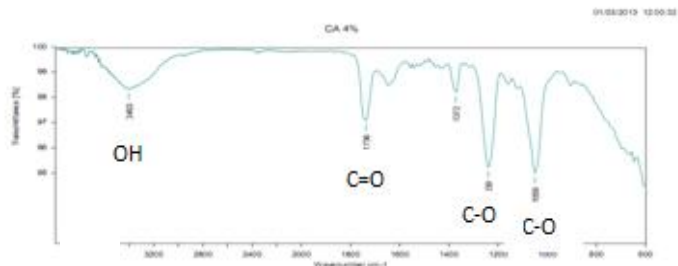


sekitar  $1700\text{-}1725\text{ cm}^{-1}$ . MSG juga akan memberikan puncak serapan O-H asam dan karbonil yang daerah serapannya hampir sama dengan asam format. Di samping itu gugus amina dari MSG akan muncul pada serapan sekitar  $3400\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$  sebanyak 2 puncak.

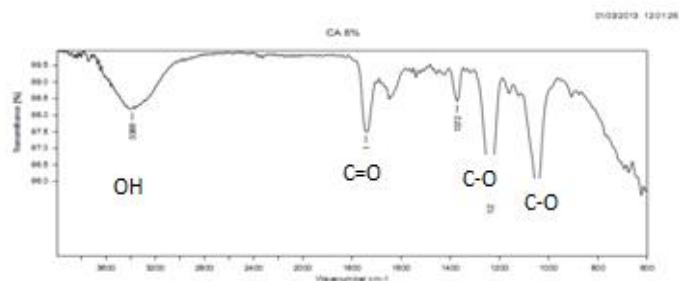
Puncak puncak serapan pada spektrum IR membran CA dengan konsentrasi MSG 0%-6% menunjukkan adanya gugus fungsi C=O ester (sekitar  $1737\text{ cm}^{-1}$ ), C-O ester (sekitar  $1239\text{ cm}^{-1}$ ) dan C-O alkohol (sekitar  $1051\text{ cm}^{-1}$ ). Puncak puncak serapan selengkapnya tertera pada Tabel 4.2



(a)



(b)



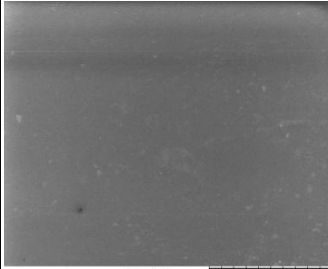
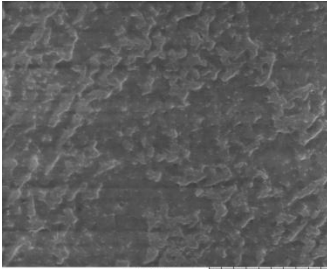
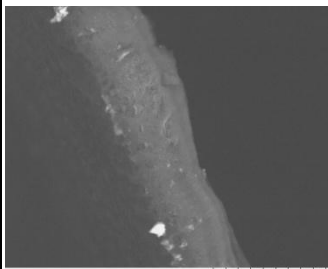
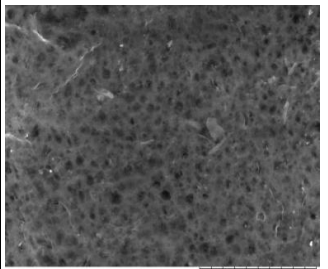
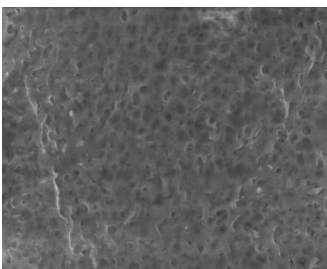
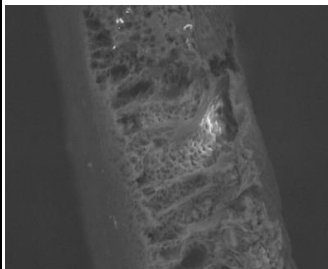
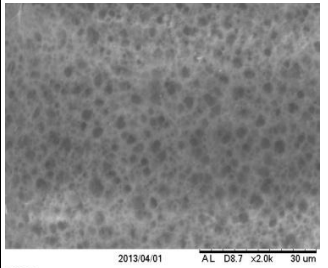
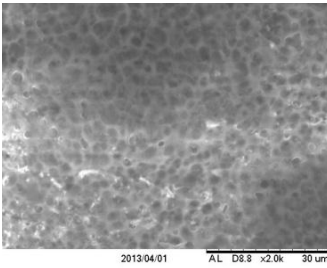
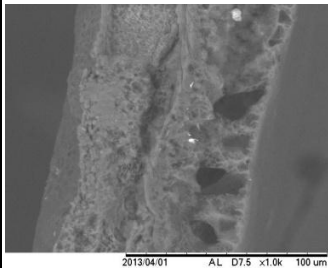
(c)

Gambar 4.6 Spektrum FT-IR membran CA variasi (a) 0% MSG, (b) 4% MSG dan 6 % MSG

#### 4.2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengamatan morfologi membran pada penelitian ini menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Tabel 4.3. Permukaan atas, permukaan bawah dan penampang lintang dari membran CA dalam variasi 0 % MSG, 4% MSG dan 6% MSG dengan perbesaran 1000X

[MSG]	Permukaan atas	Permukaan bawah	Penampang lintang
0%			
4%			
6%			

Data SEM menunjukkan bahwa semakin tinggi MSG maka pori yang terbentuk semakin lebar. Pori yang terbentuk juga *asimetri*. Interaksi zat aditif dan

pelarut mempengaruhi ukuran pori. Besarnya pori seperti data SEM ditentukan oleh konsentrasi MSG. Ketika konsentrasi MSG 0% porinya sangat rapat, sedangkan MSG 4% sebaran pori merata dikarenakan kemungkinan perbandingan konsentrasi MSG, pelarut dan asam format hampir sama. Ketika konsentrasi MSG dinaikkan maka perbandingnya berubah. Interaksi MSG dengan MSG kemungkinan lebih kuat dibandingkan interaksi MSG dengan asam format dan MSG dengan aseton. Sehingga pori yang dihasilkan menjadi lebih besar dan tidak tersebar merata.

Penampang lintang pada 0% MSG mempunyai pori yang sangat rapat sehingga fluks dan koefisien permeabilitas kecil. Penampang lintang dari variasi MSG yang 4% dan 6% kelihatan pori membentuk *finger like*. Apabila dilihat dari struktur penampang lintang pada Tabel 4.3, kemungkinan fluks pada MSG 4% lebih tinggi dari 6%. Akan tetapi dilihat dari data uji fluks, koefisien permeabilitas, didapatkan bahwa variasi dengan MSG 6% lebih besar dari variasi MSG 4%. Hal ini juga diperkuat dengan adanya permukaan pori atas dan bawah lebih besar yang variasi MSG 6%, sehingga fluks, koefisien permeabilitas lebih besar dan koefisien rejeksi lebih kecil.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan konsentrasi MSG dari 0 % hingga 10 % menyebabkan penurunan pada nilai densitas membran selulosa asetat
2. Peningkatan konsentrasi MSG dari 0% hingga 10 % meningkatkan fluks air dan koefisien permeabilitas membran selulosa asetat tetapi menurunkan nilai rejeksi dekstran. Begitu juga waktu kompaksi, sekin tinggi konsentrasi MSG, waktu kompaksi untuk mencapai fluks konstan semakin cepat.
3. Karakteristik struktur membran selulosa asetat berdasarkan data spektrum IR menunjukkan adanya gugus O-H, C=O<sub>ester</sub>, C-O<sub>ester</sub> dan C-O<sub>alkohol</sub>. Spektrum tersebut menandakan tidak ada pelarut maupun MSG yang terjebak.
4. Peningkatan konsentrasi MSG mempengaruhi morfologi dari membran selulosa asetat. Semakin tinggi konsentrasi MSG maka semakin besar pori yang terbentuk. Begitu juga pada penampang lintangnya, semakin tinggi konsentrasi penampang lintang semakin terlihat adanya struktur *finger*.

### 5.2 Saran

Ada beberapa hal penting yang perlu dilengkapi untuk menyempurnakan penelitian ini, misalnya dengan mengetahui tahapan mencampurkan pelarut, aditif dan polimer juga perlu diperhatikan serta waktu pengadukan larutan *dope*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Asam\_format*.id.wikipedia.org/wiki/Asam\_format [2 Desember 2012]
- Anonim. 2007. *Aseton*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Acetone-2D-skeletal.svg> [26 Juni 2012]
- Anonim. 2012. <http://ingintaukimia.blogspot.com/2012/08/makalah-pembuatan-nata-de-coco.html> [3 November 2012]
- Anonim.2007.*Monosodium\_glutamat*.[http://en.Wikipedia.org/wiki/File:Monosodium\\_glutamate.svg](http://en.Wikipedia.org/wiki/File:Monosodium_glutamate.svg) [26 Juni 2012]
- Anonim.2011.*Scanning\_electron\_microscope*.[http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning\\_electron\\_microscope](http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope)
- Brandrup, J., John, W & son. 1975. *Handbook Polymer, Edisi ke-2*. New York
- Bungay, P.M., Lonsdale, H.K. & de Pinho, M.N. (Ed). 1986. *Syntetic Membranes: Science Engineering and Aplications*. Maryland: NATO ASI Series.
- Bhongsuwan, D., T. Bhongsuwan and J. NaSuwan. 2008. Preparation of Cellulose Acetate Membranes for Ultra- Nano- Filtrations. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 42(5): 311 – 317.
- Chordiya, M. A, Gangurde, H. H., Senthilkumaran, K., Kothari, L. P. 2011. *Formulation development and in vitro evaluation of gastrotentive hollow microspheres of famotidine*. India: SSDJ College of Pharmacy.
- Fauzia, R.T. 2006. “Modifikasi dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat Untuk Proses Filtrasi”.Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember. UNEJ.
- Fengel, D and G. Wegener. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi* Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo 1995. Yogyakarta: UGM Press.
- Fessenden, R.J., and Fessenden, J.S. *Kimia Organik*. Jilid 2. Edisi ketiga. Terjemahan oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. 1989. Jakarta: Erlangga.
- Gruenwedel, D.W. & Whitaker, J.R. 1987. *Food Analysis: Principles and Techniques*. Vol.4 (Separation Techniques).New York: Marcel Dekker, Inc.

- 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.
- Indarti, D. 2008. *Pemisahan Surfaktan anionik: Sodium dodesil sulfat menggunakan membran ultrafiltrasi*. Proposal Kegiatan Hibah Pekerti. Jember: Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Irfan. Y.A.P. 2008. “Membran Ultrafiltrasi Polisulfon, modifikasi dengan teknik inversi fasa sekalian kajiannya terhadap fouling protein”. Tidak Diterbitkan. Skripsi.Jember. UNEJ
- Javiya, S. et al. 2008. *Porometry Studies of The Polysulfone Membrane on Addition of Poly(Ethylene Glycol) in Gelation Bath During Preparation*. [http://j.mex.chem.soc.2008,52\(2\)](http://j.mex.chem.soc.2008,52(2)).
- Kesting, R. E. 1971. *Synthetic Polymeric Membranes*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Mark FH, Mc Ketta jj, Othmer DF.1968. *Encyclopaedia of Chemical Tehnology*. Second Edition. Vol 4. New York: Interscience Publisher a Devision of John Wiley & Son, Inc. p 632 and 657.
- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology*. 2<sup>nd</sup> edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Nur Adijuwana H. 1989. *Spektroskopi*. Bogor: Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.
- Pharmacosmos. A/S. 2006.*Dextran Structure*.([http://www.dekstran.net/dekstran\\_stukture.html](http://www.dekstran.net/dekstran_stukture.html)).
- Piluharto, B.2001. “Studi Awal Penggunaan Nata De Coco Sebagai Membran Ultrafiltrasi”. Tidak Dipublikasikan. Tesis. Bandung: Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung ITB.
- Rautenbach, R. & Alberecht, R. 1989. *Membran Processe*. USA: John Willey and Sons, Inc.
- Sari, L.K. 2010. “Pemisahan Surfaktan Anionik Sodium Dodesil Sulfat (SDS) Dengan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat (CA)”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember. UNEJ

Steven, M. P. *Kimia Polimer*. Terjemahan oleh Iis Sopyan. 2001. Jakarta: Pradnya Pramita

Wenten, I.G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Penerbit ITB.

## Lampiran A, Densitas (Kerapatan) Membran Selulosa Asetat

No	[MSG] (%)	Ulangan	Berat (g)	Tebal (mm)	Tebal (cm)	Luas cm <sup>2</sup>	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
1	0	1	70. 10 <sup>-4</sup>	0,03	30. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,010	0,70
		2	80. 10 <sup>-4</sup>	0,02	20. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,0080	1,0
		3	12. 10 <sup>-3</sup>	0,02	20. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,0080	1,5
		Rata-rata				4,0		1,1
2	4	1	20. 10 <sup>-3</sup>	0,08	80. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,032	0,63
		2	22. 10 <sup>-3</sup>	0,08	80. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,032	0,69
		3	20. 10 <sup>-3</sup>	0,08	80. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,032	0,63
		Rata-rata				4,0		0,65
3	6	1	16. 10 <sup>-3</sup>	0,09	90. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,036	0,44
		2	90. 10 <sup>-4</sup>	0,08	80. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,032	0,28
		3	11. 10 <sup>-3</sup>	0,07	70. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,028	0,39
		Rata-rata				4,0		0,37
4	8	1	80. 10 <sup>-4</sup>	0,08	80. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,032	0,25
		2	70. 10 <sup>-4</sup>	0,08	80. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,032	0,22
		3	70. 10 <sup>-4</sup>	0,07	70. 10 <sup>-4</sup>	4,0	0,028	0,25
		Rata-rata				4,0		0,24
5	10	1	10. 10 <sup>-3</sup>	0,11	11. 10 <sup>-3</sup>	4,0	0,044	0,23
		2	11. 10 <sup>-3</sup>	0,12	12. 10 <sup>-3</sup>	4,0	0,048	0,23
		3	10. 10 <sup>-3</sup>	0,11	11. 10 <sup>-2</sup>	4,0	0,044	0,23
		Rata-rata						0,23

Nilai densitas membran selulosa asetat diperoleh dari persamaan berikut :

$$Densitas = \frac{Berat \text{ film CA ker ing (gram)}}{Volume \text{ film CA ker ing (cm}^3 \text{ )}}$$

Contoh perhitungan densitas membran untuk (MSG 0 %)

$$Densitas = \frac{0,010 \text{ gram}}{(4,0 \text{ cm}^2 \times 0,011 \text{ cm})}$$

$$Densitas = 0,23 \text{ gram/cm}^3$$



## Lampiran B. Waktu kompaksi membran CA

### Lampiran B1. Tekanan 1 bar

Volume 1ml	0% MSG			4% MSG			6% MSG			8% MSG			10% MSG		
	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0:15:23	0,26	1,5	0:01:22	0,023	17	0:02:17	0,038	10	0:01:25	0,0236	166	0:17:20	0,0056	71
2	0:17:35	0,29	1,3	0:20:25	0,04	9,7	0:03:18	0,055	7,1	0:02:56	0,0489	80	0:18:24	0,0067	59
3	0:19:55	0,33	1,2	0:02:40	0,044	8,8	0:04:49	0,063	6,2	0:03:18	0,055	71	0:49:30	0,0083	47
4	0:20:23	0,34	1,2	0:09:42	0,16	2,4	0:04:05	0,068	5,8	0:03:22	0,0561	70	0:05:33	0,0092	43
5	0:24:22	0,41	0,97	0:10:44	0,18	2,2	0:05:51	0,081	4,9	0:03:26	0,0572	69	0:51:36	0,01	39
6	0:26:45	0,45	0,88	0:15:54	0,27	1,5	0:05:55	0,082	4,8	0:04:31	0,0753	52	0:55:44	0,012	32
7	0:28:37	0,48	0,82	0:17:56	0,3	1,3	0:05:55	0,082	4,8	0:04:31	0,0753	52	0:55:45	0,013	31
8	0:30:50	0,51	0,76	0:20:03	0,33	1,2	0:05:06	0,085	4,6	0:04:35	0,0764	51	0:06:46	0,013	31
9	0:30:53	0,51	0,76	0:25:12	0,42	0,93	0:05:10	0,086	4,6	0:04:37	0,0769	51	0:10:51	0,014	28
10	0:30:53	0,51	0,76	0:25:14	0,42	0,93	0:05:10	0,086	4,6	0:04:39	0,0775	51	0:10:51	0,015	26
11	0:30:56	0,52	0,76	0:25:14	0,42	0,93	0:05:10	0,086	4,6	0:04:39	0,0775	51	0:10:51	0,016	24
12	0:30:58	0,52	0,76	0:25:15	0,42	0,93	0:05:10	0,086	4,6				0:10:51	0,016	24
13													0:01:00	0,017	24
14													0:01:06	0,018	21
15													0:01:07	0,019	21
16															
ε waktu		5,1			3,0			0,90			0,70			0,14	

Lampiran B2. Tekanan 1,5 bar

lml	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0:19:15	0,32	1,2	0:03:32	0,059	6,6	0:02:17	0,038	10	0:00:58	0,016	25	0:00:13	0,0036	11, 101
2	0:34:33	0,58	0,68	0:03:37	0,062	6,3	0:03:18	0,055	7,1	0:00:58	0,016	24	0:00:13	0,0036	11, 101
3	0:44:42	0,85	0,46	0:04:23	0,073	5,4	0:03:47	0,063	6,2	0:01:05	0,018	22	0:00:15	0,0042	94
4	1:01:03	1,0	0,39	0:05:17	0,088	4,5	0:04:05	0,068	5,8	0:01:05	0,018	22	0:00:17	0,0047	83
5	1:00:00	1,0	0,39	0:06:00	0,10	3,7	0:04:52	0,081	4,9	0:01:05	0,018	22	0:00:18	0,005	78
6	1:00:00	1,0	0,39	0:09:36	0,16	2,5	0:04:55	0,082	4,8	0:01:08	0,019	20	0:00:19	0,0053	74
7	1:00:00	1,0	0,39	0:10:48	0,18	2,2	0:04:55	0,082	4,8	0:01:08	0,019	20	0:00:19	0,0053	74
8	1:00:00	1,0	0,39	0:12:36	0,21	1,8	0:05:06	0,085	4,6	0:01:12	0,020	20	0:00:20	0,0056	71
9	1:00:00	1,0	0,39	0:15:32	0,25	1,6	0:05:09	0,086	4,6	0:01:12	0,020	19	0:00:20	0,0056	71
10	1:00:00	1,0	0,39	0:16:48	0,28	1,4	0:05:09	0,086	4,6	0:01:12	0,020	20	0:00:24	0,0067	59
11				0:16:48	0,28	1,4	0:05:09	0,086	4,6	0:01:12	0,020	20	0:00:26	0,0072	54
12				0:16:48	0,28	1,4	0:05:09	0,086	4,6	0:01:12	0,020	19	0:00:26	0,0072	54
13													0:00:26	0,0072	54
14													0:00:31	0,0086	46
15													0:01:01	0,017	23
16													0:01:05	0,018	22
17													0:01:05	0,018	22
18													0:01:05	0,018	22
19													0:01:05	0,018	21
ε waktu		8,8			2,0			0,90			0,22			0,17	

Lampiran B3. Tekanan 2 bar

Volume lml	0% MSG			4%MSG			6% MSG			8% MSG			10% MSG		
	JJ:MM:DD	waktu (jam)	fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	waktu (jam)	fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	waktu (jam)	fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	waktu (jam)	fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	waktu (jam)	fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0:00:21	0,0058	67	0:00:36	0,010	59	0:00:19	0,0053	74	0:01:40	0,011	37	0:00:47	0,013	29
2	0:00:58	0,016	24	0:00:36	0,010	31	0:00:26	0,0072	55	0:01:43	0,012	34	0:00:50	0,014	28
3	0:04:34	0,076	5,2	0:02:24	0,040	9,2	0:01:01	0,017	23	0:01:43	0,012	33	0:00:50	0,014	28
4	0:10:48	0,18	2,2	0:06:00	0,100	3,8	0:01:16	0,021	19	0:01:47	0,013	29	0:00:50	0,014	28
5	0:18:00	0,30	1,3	0:09:36	0,16	2,4	0:01:20	0,022	18	0:01:50	0,014	28	0:00:50	0,014	27
6	0:21:36	0,36	1,1	0:09:36	0,16	2,5	0:02:06	0,035	11	0:01:50	0,014	27	0:00:54	0,015	26
7	0:22:12	0,37	1,0	0:10:48	0,18	2,2	0:02:12	0,037	11	0:01:57	0,016	25	0:00:54	0,015	26
8	0:22:48	0,38	1,0	0:11:24	0,19	2,1	0:02:28	0,041	9,6	0:01:54	0,015	27	0:00:58	0,016	24
9	0:22:48	0,38	1,0	0:13:48	0,23	1,7	0:02:31	0,042	9,4	0:01:58	0,016	24	0:01:01	0,017	23
10	0:23:24	0,39	1,0	0:13:12	0,22	1,8	0:03:04	0,051	7,8	0:01:58	0,016	24	0:01:05	0,018	22
11	0:23:24	0,39	1,0	0:13:12	0,22	1,7	0:03:00	0,050	7,8	0:01:05	0,018	21	0:01:05	0,018	22
12	0:24:00	0,40	0,99	0:13:12	0,22	1,7	0:03:11	0,053	7,4	0:01:05	0,018	22	0:01:05	0,018	22
13	0:24:00	0,40	0,99	0:13:12	0,22	1,7	0:03:25	0,057	6,9	0:01:08	0,019	21			
14	0:24:00	0,40	0,99	0:13:12	0,22	1,7	0:03:22	0,056	7,1	0:01:05	0,018	22			
15	0:24:00	0,40	0,99				0:03:22	0,056	7,0	0:01:05	0,018	21			
16							0:03:25	0,057	6,9						
17							0:03:25	0,057	6,8						
18							0:03:36	0,060	6,6						
19							0:04:08	0,069	5,7						
20							0:04:08	0,069	5,7						
21							0:04:08	0,069	5,7						
22															
23															
ε waktu		4,45		0,091		123		0,93		0,020				0,19	

Lampiran B4. Tekanan 2,5 bar

Volume	0% MSG			4% MSG			6% MSG			8% MSG			10% MSG		
	1ml	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)
1	0:01:34	0,026	15	0:07:12	0,12	3,2	0:01:16	0,021	18	0:00:12	0,0033	12. 10 <sup>1</sup>	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
2	0:06:36	0,11	3,6	0:08:24	0,14	2,9	0:01:26	0,024	16	0:00:26	0,0072	54	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
3	0:09:36	0,16	2,4	0:08:24	0,14	2,9	0:01:34	0,026	15	0:01:33	0,0092	43	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
4	0:16:48	0,28	1,4	0:12:36	0,21	1,9	0:01:52	0,031	13	0:01:32	0,0089	44	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
5	0:17:24	0,29	1,3	0:12:36	0,21	1,9	0:01:48	0,03	13	0:01:36	0,010	39	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
6	0:19:48	0,33	1,2	0:13:12	0,22	1,8	0:01:48	0,03	13	0:01:43	0,012	32	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
7	0:19:48	0,33	1,2	0:13:12	0,22	1,8	0:01:52	0,031	13	0:01:50	0,014	29	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>
8	0:20:24	0,34	1,2	0:13:12	0,22	1,8	0:01:52	0,031	13	0:01:47	0,013	29	0:00:10	0,0031	13. 10 <sup>1</sup>
9	0:21:00	0,35	1,1	0:13:12	0,22	1,8	0:01:59	0,033	12	0:01:50	0,014	28	0:00:10	0,0031	13. 10 <sup>1</sup>
10	0:21:00	0,35	1,1	0:13:12	0,22	1,8	0:01:59	0,033	12	0:01:54	0,015	27	0:00:10	0,0031	13. 10 <sup>1</sup>
11	0:21:00	0,35	1,1				0:01:59	0,033	12	0:01:50	0,014	27	0:00:15	0,0036	11. 10 <sup>1</sup>
12	0:21:00	0,35	1,1				0:02:02	0,034	11	0:01:54	0,015	27	0:00:15	0,0042	94
13							0:02:06	0,035	11	0:01:50	0,014	28	0:00:15	0,0042	94
14							0:02:10	0,036	11	0:01:50	0,014	28	0:00:15	0,0044	88
15							0:02:10	0,036	11				0:00:15	0,0044	88
16							0:02:13	0,037	11				0:00:15	0,0044	88
17													0:00:15	0,0044	88
18													0:00:15	0,0044	88
19															
ε waktu		3,3			1,9			0,5			0,16			0,063	

Lampiran B5. Tekanan 3 bar

Volume 1ml	0% MSG			4%MSG			6% MSG			8% MSG			10% MSG		
	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	JJ:MM:DD	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0:10:12	0,17	2,3	0:00:47	0,013	31	0:00:40	0,011	34	0:00:06	0,0017	24.10 <sup>1</sup>	0:00:04	0,0011	35. 10 <sup>1</sup>
2	0:12:00	0,20	2,0	0:00:58	0,016	25	0:00:54	0,015	26	0:00:07	0,0019	20. 10 <sup>1</sup>	0:00:03	0,00080	47. 10 <sup>1</sup>
3	0:13:12	0,22	1,8	0:01:16	0,021	19	0:01:08	0,019	21	0:00:08	0,0022	18. 10 <sup>1</sup>	0:00:04	0,0011	35. 10 <sup>1</sup>
4	0:13:48	0,23	1,7	0:01:44	0,029	14	0:01:08	0,019	20	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>	0:00:04	0,0011	35. 10 <sup>1</sup>
5	0:16:48	0,27	1,5	0:01:52	0,031	13	0:01:19	0,022	18	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>	0:00:03	0,00080	47. 10 <sup>1</sup>
6	0:16:48	0,28	1,4	0:02:06	0,035	11	0:01:30	0,025	16	0:00:10	0,0028	14. 10 <sup>1</sup>	0:00:05	0,0014	28. 10 <sup>1</sup>
7	0:16:48	0,28	1,4	0:01:59	0,033	12	0:01:34	0,026	15	0:00:12	0,0033	12. 10 <sup>1</sup>	0:00:04	0,0011	35.10 <sup>1</sup>
8	0:16:48	0,28	1,4	0:02:10	0,036	11	0:01:34	0,026	15	0:00:14	0,0039	10. 10 <sup>1</sup>	0:00:04	0,0011	35. 10 <sup>1</sup>
9	0:16:48	0,28	1,4	0:02:13	0,037	11	0:01:34	0,026	15	0:00:15	0,0042	94	0:00:04	0,0011	35. 10 <sup>1</sup>
10	0:16:48	0,28	1,4	0:02:13	0,037	11	0:01:44	0,029	13	0:00:18	0,0050	78			
11				0:02:12	0,037	11	0:01:44	0,029	13	0:00:19	0,0053	74			
12				0:02:13	0,037	11	0:01:48	0,030	13	0:00:19	0,0053	74			
13							0:01:52	0,031	13	0:00:19	0,0053	74			
14							0:01:55	0,032	12	0:00:21	0,0058	67			
15							0:01:55	0,032	12	0:00:22	0,0061	64			
16							0:01:55	0,032	12	0:00:22	0,0061	64			
17							0:01:55	0,032	12	0:00:24	0,0067	59			
18										0:00:24	0,0067	59			
19										0:00:24	0,0067	59			
ε waktu		2,5			0,36			0,44			0,085			0,010	

### Lampiran C. Fluks Air Membran Selulosa Asetat

Variasi konsentrasi MSG (%)	Volume permeat .10 <sup>-3</sup> (Liter)			Waktu alir(Jam)	Luas Membran(m <sup>2</sup> )	Fluks(L/Jam,m <sup>2</sup> )			
	1	2	3			1	2	3	rata-rata
0	1,80	2,20	1,60	1,00	0,00255	0,706	0,863	0,628	0,732
4	11,0	9,20	10,0	1,00	0,00255	4,31	3,61	3,92	3,95
6	12,6	15,7	14,6	1,00	0,00255	4,94	6,16	5,73	5,61
8	20,0	28,0	24,2	1,00	0,00255	7,84	10,9	9,49	9,44
10	30,0	34,0	33,4	1,00	0,00255	11,8	13,3	13,1	12,7

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Membran (A)} &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 (0,0285 \text{ m})^2 \\
 &= 0,00255 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai fluks membran selulosa asetat diperoleh dari persamaan berikut :

$$j_v = \frac{V}{(A \cdot t)}$$

Contoh perhitungan nilai fluks membran untuk CA (MSG 10 %) :

$$j_v = 0,0300 \text{ L}/(0,00255 \text{ m}^2 \times 1 \text{ jam}) = 11,8 \text{ L/m}^2 \text{ jam}$$

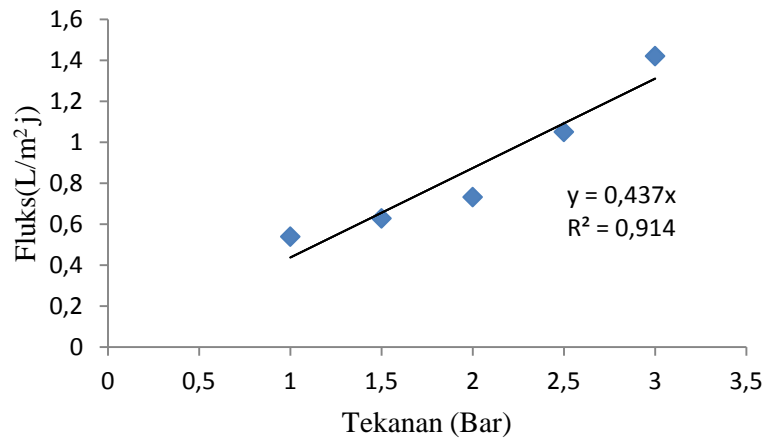
### Lampiran D. Koefesien Permeabilitas Membran

#### D1. Fluks terhadap perubahan tekanan

Variasi konsentrasi	Tekanan (bar)	Volume permeat (L). $10^{-3}$			Rata-rata	Fluks
		U1	U2	U3	volume permeat ( $10^{-3}$ )	( $L/m^2$ jam )
MSG (%)						
0	1	1,40	1,20	1,50	1,40	0,539
	1,5	1,60	1,70	1,50	1,60	0,628
	2	1,80	2,20	1,60	1,90	0,732
	2,5	2,20	3,00	2,80	2,70	1,05
	3	3,60	4,20	3,10	3,60	1,42
4	1	7,40	7,20	7,40	7,30	2,88
	1,5	7,60	8,00	8,20	7,90	3,11
	2	11,0	9,20	10,0	10,1	3,95
	2,5	14,0	16,0	17,2	15,7	6,17
	3	21,8	20,0	22,4	21,4	8,39
6	1	9,00	9,40	8,80	9,10	3,56
	1,5	11,0	9,80	13,0	11,3	4,42
	2	12,6	15,7	14,6	14,3	5,61
	2,5	20,0	23,2	24,2	22,5	8,81
	3	29,0	26,0	27,2	27,4	10,7
8	1	16,2	22,0	13,0	17,1	6,69
	1,5	18,0	15,0	22,0	18,3	7,19
	2	20,0	28,0	24,2	24,1	9,44
	2,5	35,0	30,0	29,0	31,3	12,3
	3	42,4	50,0	39,0	43,8	17,2
10	1	24,0	26,0	22,4	24,1	9,46
	1,5	29,4	32,0	24,0	28,5	11,2
	2	30,0	34,0	33,4	32,5	12,7
	2,5	43,4	39,6	45,2	42,7	16,8
	3	58,6	60,0	52,0	56,9	22,3

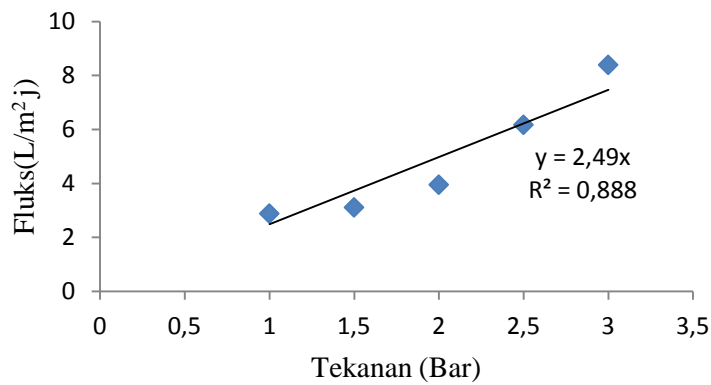
Lampiran D2. Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas membran ( $L_p$ ) :

## 1. Konsentrasi 0 % MSG



Slope =  $L_p = 0,437$

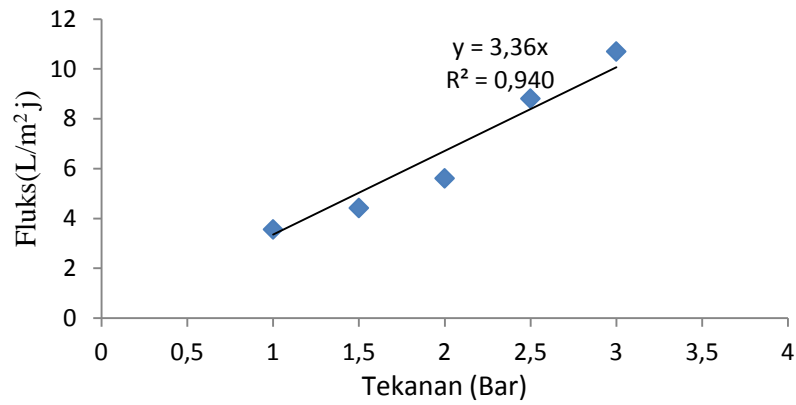
## 2. Konsentrasi 4 % MSG



Slope =  $L_p = 2,49$

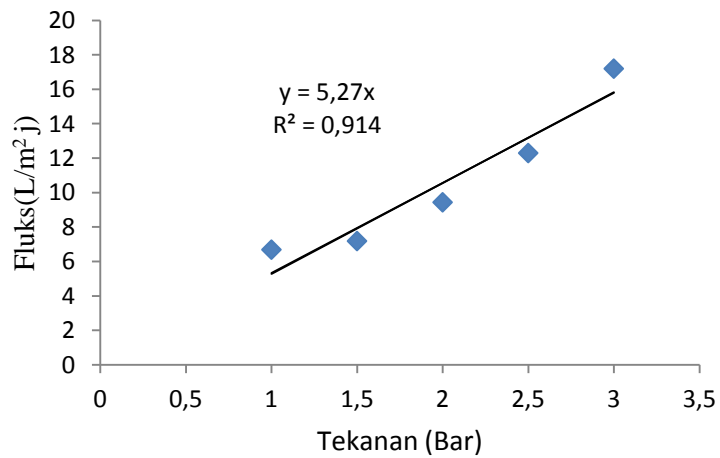


### 3. Konsentrasi 6 % MSG



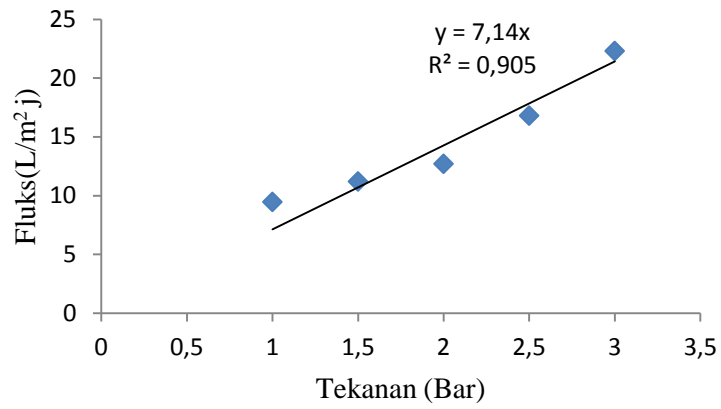
Slope =  $L_p = 3,36$

### 4. Konsentrasi 8 % MSG



Slope =  $L_p = 5,27$

## 5. Konsentrasi 10 % MSG



Slope =  $L_p = 7,14$

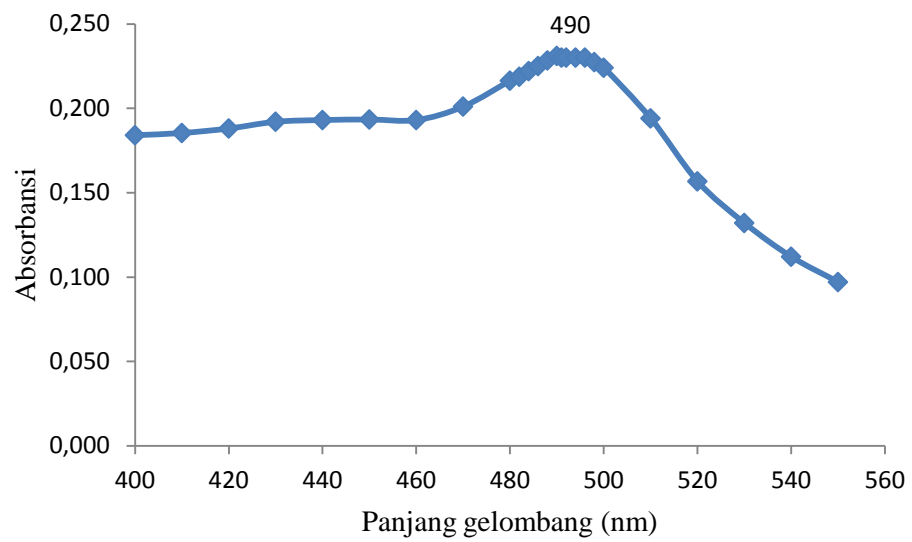
### Lampiran E. Scanning Larutan Dekstran 100-200 kDa

#### a. Dekstran 100-200 kDa

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			
	U1	U2	U3	Rata-rata
400	0,179	0,184	0,174	0,179
410	0,185	0,188	0,182	0,185
420	0,190	0,188	0,188	0,189
430	0,191	0,194	0,192	0,192
440	0,193	0,187	0,196	0,192
450	0,193	0,192	0,190	0,192
460	0,192	0,193	0,194	0,193
470	0,200	0,201	0,198	0,200
480	0,199	0,216	0,218	0,211
482	0,221	0,199	0,219	0,213
484	0,223	0,221	0,224	0,223
486	0,227	0,223	0,225	0,225
488	0,229	0,224	0,229	0,227
<b>490*</b>	0,229	0,234	0,231	0,231
491	0,230	0,228	0,227	0,228
492	0,229	0,223	0,228	0,227
494	0,260	0,220	0,220	0,233
496	0,210	0,240	0,200	0,217
498	0,200	0,240	0,210	0,217
500	0,199	0,220	0,199	0,206
510	0,194	0,182	0,200	0,192
520	0,149	0,182	0,144	0,158
530	0,131	0,138	0,141	0,137
540	0,129	0,112	0,121	0,121
550	0,088	0,096	0,098	0,094

Ket : \*) panjang gelombang ( $\lambda$ ) pada serapan maksimum

b. Grafik Panjang gelombang Optimum Dekstran 100-200 kDa

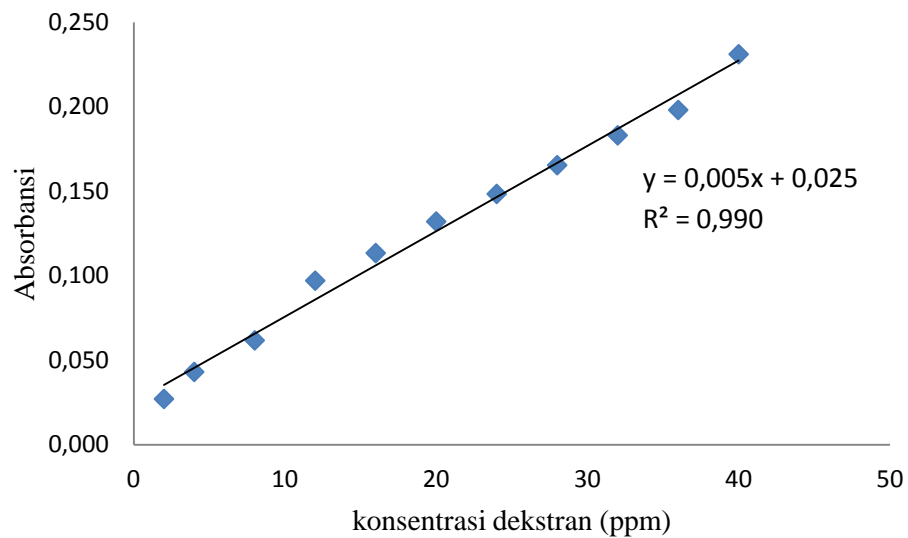


## Lampiran F. Tabel Absorbansi Dekstran 100-200 kDa

### a. Table Absorbansi Dekstran 100-200 kDa

[dekstran] (ppm)	Absorbansi			
	U1	U2	U3	Rata-rata
2	0,027	0,028	0,026	0,027
4	0,044	0,045	0,040	0,043
8	0,065	0,055	0,065	0,062
12	0,087	0,107	0,097	0,097
16	0,110	0,090	0,140	0,113
20	0,132	0,132	0,132	0,132
24	0,149	0,152	0,144	0,148
28	0,162	0,169	0,165	0,165
32	0,183	0,183	0,183	0,183
36	0,198	0,200	0,196	0,198
40	0,229	0,233	0,231	0,231

### b. Kurva Kalibrasi Dekstran 100-200 kDa



**Lampiran G. Permeselektifitas Membran Selulosa Asetat terhadap Larutan Dekstran 100-200 kDa**

a. Tabel rejeksi membran selulosa asetat terhadap larutan dekstran 100-200 kDa

MSG	Ulangan	Permeat				Fp	[ ] x Fp			Retentat				rejeksi	Rejeksi (%)	
		Absorbansi					[M]	Absorbansi								
		1	2	3	rata-rata			1	2	3	rata-rata					
0%	1	0,030	0,029	0,030	0,030	25	0,933	23,333	0,283	0,283	0,283	0,283	51,600	1290,000	0,982	98,19
	2	0,029	0,029	0,029	0,029	25	0,800	20,000	0,274	0,274	0,274	0,274	49,800	1245,000	0,984	98,39
	3	0,029	0,029	0,029	0,029	25	0,800	20,000	0,262	0,262	0,262	0,262	47,400	1185,000	0,983	98,31
	Rata-rata															
4%	1	0,039	0,039	0,039	0,039	25	2,800	70,000	0,212	0,212	0,212	0,212	37,400	935,000	0,925	92,51
	2	0,038	0,038	0,038	0,038	25	2,600	65,000	0,220	0,220	0,220	0,220	39,000	975,000	0,933	93,33
	3	0,034	0,033	0,034	0,034	25	1,733	43,333	0,220	0,220	0,220	0,220	39,000	975,000	0,956	95,56
	Rata-rata															
6%	1	0,070	0,070	0,070	0,070	25	9,000	225,000	0,200	0,200	0,200	0,200	35,000	875,000	0,743	74,29
	2	0,073	0,073	0,073	0,073	25	9,600	240,000	0,203	0,203	0,203	0,203	35,600	890,000	0,730	73,03
	3	0,070	0,070	0,070	0,070	25	9,000	225,000	0,207	0,207	0,207	0,207	36,400	910,000	0,753	75,27
	Rata-rata															
8%	1	0,090	0,090	0,090	0,090	25	13,000	325,000	0,169	0,169	0,169	0,169	28,800	720,000	0,549	54,86
	2	0,093	0,093	0,093	0,093	25	13,600	340,000	0,180	0,180	0,180	0,180	31,000	775,000	0,561	56,13
	3	0,095	0,095	0,095	0,095	25	14,000	350,000	0,170	0,170	0,170	0,170	29,000	725,000	0,517	51,72
	Rata-rata															
10%	1	0,129	0,129	0,129	0,129	25	20,800	520,000	0,160	0,160	0,160	0,160	27,000	675,000	0,230	22,96
	2	0,131	0,131	0,131	0,131	25	21,200	530,000	0,164	0,164	0,164	0,164	27,800	695,000	0,237	23,74
	3	0,135	0,135	0,135	0,135	25	22,000	550,000	0,167	0,167	0,167	0,167	28,400	710,000	0,225	22,54
	Rata-rata															

Keterangan :

Fp = faktor Pengenceran = 25

b. Contoh perhitungan konsentrasi permeat dan retentat

Nilai koefesien rejeksi membran selulosa asetat diperoleh dari persamaan berikut :

$$R = (1 - Cp/Cr) \times 100 \%$$

Rejeksi membran untuk dekstran 100-200 kDa pada variasi MSG 10 % :

Dari persamaan garis  $y = 0,005x + 0,025$

Absorbansi permeat = 0,129

$$0,129 = 0,005x + 0,025$$

$$x = 20,8$$

$$\begin{aligned} [\text{permeat}]_{\text{sebenarnya}} &= 25 \times \text{fp} \\ &= 520 \end{aligned}$$

Absorbansi retentat = 0,16

$$0,16 = 0,005x + 0,025$$

$$x = 27$$

$$\begin{aligned} [\text{retentat}]_{\text{sebenarnya}} &= 27 \times \text{fp} \\ &= 27 \times 25 \\ &= 675 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= (1 - 520/675) \times 100\% \\ &= 22,96 \% \end{aligned}$$