



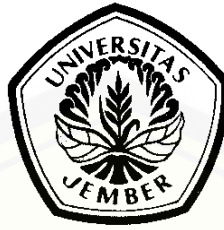
**PENGARUH PENAMBAHAN *MONOSODIUM GLUTAMAT* (MSG)
PADA BAK KOAGULASI TERHADAP KARAKTERISTIK
MEMBRAN SELULOSA ASETAT**

SKRIPSI

Oleh
Siti Rofiqoh
NIM 101810301030

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

2015



**PENGARUH PENAMBAHAN *MONOSODIUM GLUTAMAT* (MSG)
PADA BAK KOAGULASI TERHADAP KARAKTERISTIK
MEMBRAN SELULOSA ASETAT**

SKRIPSI

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

Oleh

Siti Rofiqoh

NIM 101810301030

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Nurjanah dan Ayahanda Kusairi yang tercinta, terima kasih untuk doa, motivasi, kasih sayang yang tiada henti serta pengorbanan selama ini. Semoga Allah senantiasa memberikan rahmad-Nya di dunia maupun di akhirat. Aamiin;
2. guru-guru di TK Khadijah 139, SDN Kembiritan VII, SMPN 1 Gambiran, dan MAN Genteng serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
3. Almamater tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Bertakwalah pada Allah maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

(Terjemahan surat al-Baqarah ayat 282)*

“Barang siapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah untuk dirinya sendiri.”

(QS Al-Ankabut [29]: 6)*

“ Sesungguhnya bersama 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)*

*Departemen agama Proyek Pengadaan Kitab Suci Al'Qur'an.1975. Al'Qur'an dan terjemahannya. Jakarta : PT. Bumi Restu.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Siti Rofiqoh

NIM : 101810301030

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Monosodium Glutamat* (MSG) pada Bak Koagulasi terhadap Karakteristik Membran Selulosa Asetat” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Juni 2015

Yang menyatakan,



Siti Rofiqoh

NIM 101810301030

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN *MONOSODIUM GLUTAMAT* (MSG)
PADA BAK KOAGULASI TERHADAP KARAKTERISTIK
MEMBRAN SELULOSA ASETAT**

Oleh

Siti Rofiqoh

NIM 101810301030

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Penambahan *Monosodium Glutamat* (MSG) pada Bak Koagulasi Terhadap Karakteristik Membran Selulosa Asetat” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari, tanggal : **JUM'AT 10 JUL 2015**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

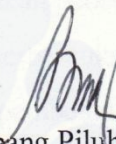
Tim Penguji;

Ketua,



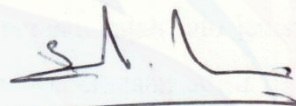
Dwi Indarti, S.Si., M.Si
NIP 197409012000032004

Sekretaris,



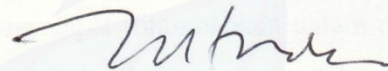
Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si
NIP 197107031997021001

Anggota I,



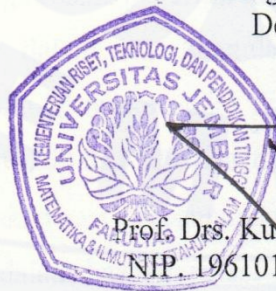
Drs. Sudarko, Ph.D
NIP 196903121992031002

Anggota II,



Drs. Mukh Mintadi
NIP 196410261991031001

Mengesahkan
Dekan,



Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D
NIP. 196101081986021001

RINGKASAN

Pengaruh Penambahan *Monosodium Glutamat* (MSG) pada Bak Koagulasi Terhadap Karakteristik Membran Selulosa Asetat; Siti Rofiqoh, 101810301030; 2015: 47 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Membran merupakan bahan filtrasi yang biasa digunakan dalam dunia industri maupun akademik. Selain digunakan dalam pemisahan, membran dapat digunakan untuk proses pemurnian. Penggunaan membran yang memerlukan energi rendah, teknik pembuatan sederhana dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi terbentuknya pori membran, salah satunya yaitu penambahan aditif dalam proses pembuatan membran. Aditif yang ditambahkan memiliki tujuan yang sesuai dengan sifat aditifnya. Beberapa tujuan aditif yaitu dapat menghambat pembentukan macrovoid, meningkatkan porositas, dan juga meningkatkan sifat hidrofilisitas membran.

MSG menjadi salah satu jenis aditif yang dapat ditambahkan dalam polimer selulosa asetat. Keberadaan aditif di dalam larutan polimer maupun dalam proses koagulasi. MSG yang digunakan dalam larutan polimer dapat meningkatkan porositas membran. Aditif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu MSG dalam bak koagulasi. MSG mempunyai sifat hidrofilik yang dapat membantu proses pembentukan pori (porositas). Variasi konsentrasi MSG yang digunakan yaitu 0, 0,5, 1, dan 2% MSG dalam bak koagulasi. Membran yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi waktu kompaksi, nilai fluks, koefisien permeabilitas, rejeksi dengan dekstran 11, 40, 100-200 dan 500 kDa, dan SEM.

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa dengan penambahan variasi konsentrasi MSG dalam bak koagulasi dan larutan polimer akan menurunkan nilai fluks air dan koefisien permeabilitas serta meningkatkan nilai rejeksi membran. Hal ini ditunjang dengan hasil SEM yang menunjukkan bahwa terbentuk pori-pori yang

besar pada penambahan MSG 0,5% dan pori-pori berukuran kecil yang tidak seragam di sekitar. Sedangkan untuk penambahan MSG 2% terbentuk pori yang rapat pada permukaan atas dan membentuk *macrovoid* dengan dikelilingi pori-pori yang kecil dan merata disekitar *macrovoid*. Hal ini menunjukkan bahwa MSG mempengaruhi terbentuknya pori pada bagian *sup layer* pada membran. Namun demikian penelitian ini masih ada kekurangan, dimana nilai rejeksi yang diperoleh belum mencapai nilai 90% untuk BM 100-200 kDa, sehingga perlu penyempurnaan dalam pembuatan membran. Selain itu perlu juga dilakukan pemilihan aditif lain untuk mengetahui pengaruh aditif dalam pembentukan pori.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Monosodium Glutamat* (MSG) pada Bak Koagulasi Terhadap Karakteristik Membran Selulosa Asetat”. 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 menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Dwi Indarti, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Drs. Sudarko, Ph.D selaku dosen penguji I dan Drs. Mukh Mintadi, selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. I Nyoman Adiwinata, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
7. bapak dan ibu dosen-dosen FMIPA UNEJ, dan dosen-dosen Jurusan Kimia khususnya yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan;
8. Ayahanda Kusairi dan Ibunda Nurjanah malaikat hidupku, selalu memberikan doa, nasehat, kasih sayang dan cinta kasih yang tiada henti;

9. Adek Fatimah dan keluarga besar yang senantiasa memberikan cinta kasih, dorongan semangat, motivasi, dan doa;
10. Mb Yuliani, Putri Z.B, Denik D.J, Tia L., dan Dian F. terimakasih atas kerjasama, kebersamaan, ilmu yang diberikan untuk menyelesaikan skripsi ini;
11. teman-teman angkatan 2010 “RUMPIS”, terima kasih atas semangat, bantuan, saran, perhatian, dan kenangan yang telah diberikan;
12. keluarga besar KPM Jawa VII No. 123 terima kasih atas semangat, perhatian, rasa kekeluargaan, dan kenangan yang tak kan terlupakan;
13. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 29 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN.....	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Membran	5
2.2 Klasifikasi Membran	6
2.3 Teknik Pembuatan Membran	8
2.4 Material Membran	10
2.4.1 Selulosa Asetat	10
2.4.2 Aseton	12
2.4.3 Asam Format	12
2.4.4 Monosodium Glutamat (MSG)	13

2.4.5 Dekstran	14
2.5 Skematik Jenis Sistem Komponen Membran.....	15
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Morfologi	16
2.7 Karakteristik Membran	17
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Rancangan Penelitian.....	23
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Pembuatan Membran	24
3.4.2 Karakteristik Kinerja Membran Selulosa Asetat.....	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Pengaruh Variasi Komposisi MSG dalam Bak Koagulasi terhadap Fluks.....	31
4.2 Pengaruh Variasi MSG dalam Bak Koagulasi terhadap Koefisien Permeabilitas (Lp).....	35
4.3 Pengaruh Variasi MSG dalam Bak Koagulasi terhadap Rejeksi	37
4.4 Pengaruh Variasi MSG dalam Bak Koagulasi terhadap Scanning Electron Microcope (SEM)	40
BAB 5. PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Proses Pemisahan membran	5
2.2 Membran Pori dan Membran Nonpori	6
2.3 Skema Ukuran Pori Membran	7
2.4 Sistem Operasi Membran	8
2.5 Proses Pembentukan Membran	10
2.6 Struktur dari Selulosa Asetat	11
2.7 Struktur Aseton	12
2.8 Struktur Asam Format	13
2.9 Struktur Monosodium Glutamat (MSG)	13
2.10 Struktur Dekstran	14
2.11 Skematik Jenis Komponen Pembentukan Membran	15
2.12 Grafik Penentuan Nilai Koefisien Permeabilitas (Lp)	18
2.13 Karakteristik Rejeksi Membran dengan Sharp Cut-Off dihubungkan dengan Diffuse Cut-Off	20
2.14 Instrumentasi SEM	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.2 Pembuatan Membran dengan Teknik Inversi Fasa	24
3.3 Set Alat Ultrafiltrasi Sistem <i>Dead End</i>	25
3.4 Grafik Penentuan Nilai Koefisien Permeabilitas (Lp)	27
4.1 Larutan Polimer dengan Komposisi Selulosa Asetat	29
4.2 Pencelupan Larutan Polimer ke dalam Bak Koagulasi	30
4.3 Waktu Kompaksi Membran Selulosa Asetat terhadap Fluks	32
4.4 Proses Fluks dengan Sel Ultrafiltrasi	34
4.5 Hubungan Fluks dengan Variasi MSG	34
4.6 Koefisien Permeabilitas Membran dengan 0,5% MSG	35
4.7 Pengaruh Penambahan Variasi MSG terhadap Koefisien Permeabilitas	36
4.8 Scanning Panjang Gelombang	37

4.9 Pengaruh Penambahan Variasi MSG terhadap Rejeksi Membran	38
4.10 SEM Membran Selulosa Asetat 0% MSG	40
4.11 SEM Membran Selulosa Asetat 0,5% MSG.....	40
4.12 SEM Membran dengan Penmabahan 2% MSG	41
4.13 SEM Penampang Melintang dengan Penmabahan 0,5% dan 2%MSG	42



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Waktu Kompaksi Membran Selulosa Asetat.....	47
B. Fluks Air Membran Selulosa Asetat	56
C. Koefisien Permeabilitas Membran.....	57
D. <i>Scanning</i> Panjang Gelombang dekstran.....	60
E. Kurva Kalibrasi Dekstran.....	64
F. Rejeksi Dekstran	68
G. Uji Statistik	73

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi membran telah berkembang dalam lingkup akademik maupun industri. Aplikasi teknologi membran banyak digunakan dalam industri khususnya untuk penyaringan, pemisahan, maupun pemurnian. Penggunaan membran memiliki kelebihan yaitu memerlukan energi yang rendah, proses pembuatan membran yang sederhana, tidak menimbulkan pencemaran lingkungan, dan tidak menimbulkan perubahan pada zat yang akan dipisahkan (Wenten, 2000).

Membran ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid berkisar antara 10^4 - 10^8 Da. Teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran ultrafiltrasi adalah inversi fasa. Inversi fasa merupakan proses perubahan bentuk polimer cair menjadi padat dengan kondisi yang terkendali. Teknik inversi fasa dianggap mudah dan dapat menghasilkan morfologi membran sesuai yang diinginkan (Kesting, 1971).

Salah satu material membran ultrafiltrasi yang berkembang saat ini adalah selulosa asetat. Selulosa asetat memiliki keunggulan yaitu mudah diproduksi dan bahan dasarnya merupakan sumber yang dapat diperbarui (*renewable*). Akan tetapi, selulosa asetat juga memiliki kekurangan sebagai material membran yaitu sensitif pada pH kurang dari 2 dan pH lebih dari 8, selulosa asetat bersifat *biodegradable* yaitu sangat rentan terhadap mikroba yang ada di alam (Wenten, 2000).

Menurut Mulder (1996), faktor yang mempengaruhi morfologi dan kinerja membran dalam teknik inversi fasa antara lain yaitu pemilihan polimer, pemilihan pelarut dan non pelarut, komposisi larutan polimer, komposisi bak koagulasi, temperatur larutan polimer, dan waktu penguapan. Komposisi bak koagulasi yang dipilih harus dapat melarutkan pelarut ataupun aditif yang digunakan.

Pemilihan pelarut dalam pembuatan membran akan berpengaruh terhadap hasil membran. Menurut Wenten (2000), penggunaan pelarut aseton dalam pembuatan membran selulosa asetat menghasilkan pori yang rapat. Variasi penambahan pelarut asam format dalam larutan polimer menghasilkan pori yang lebih besar karena tingkat kelarutan asam format dengan selulosa asetat yang lebih rendah. Widayanti (2013) mensintesis membran selulosa asetat dengan variasi pelarut aseton dan asam format serta penambahan zat aditif berupa *Monosodium Glutamat* (MSG) sebanyak 6% di dalam larutan polimer. Membran yang dihasilkan menghasilkan pori *finger like*. Perbandingan pelarut 9/6 mol pada membran memiliki nilai fluks sebesar 6,75 L/m²Jam dan koefisien rejeksi membran dengan dekstran 100-200 kDa sebesar 74,20%. Sehingga, kemungkinan nilai *Molecular Weight Cut Off* (MWCO) lebih dari 100-200 kDa.

Menurut Javiya (2008), penambahan aditif dalam bak koagulasi akan memperlambat proses koagulasi tetapi meningkatkan porositas. Konsentrasi aditif PEG BM 400 Da dengan variasi konsentrasi 0,5, 1 dan 2 % menghasilkan nilai optimal pada konsentrasi 1% yang menghasilkan pori lebih besar dari 0,1µm. Konsentrasi PEG dalam bak koagulasi 1% juga menghasilkan nilai fluks tertinggi. Jenis aditif yang ditambahkan akan memberikan pengaruh yang berbeda pada membran. PEG merupakan aditif yang bersifat hidrofilik karena mempunyai gugus hidroksil. Aditif lain yang dapat ditambahkan dalam polimer selulosa asetat salah satunya yaitu *Monosodium Glutamat* (MSG). MSG memiliki sifat hidrofilik, selain itu MSG mudah untuk didapatkan dan harganya murah (Idris, 2008).

Berdasarkan data di atas, akan dilakukan pembuatan membran selulosa asetat dengan pelarut aseton dan asam format serta aditif MSG 6% serta penambahan MSG dalam bak koagulasi dengan konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, dan 2%. Diharapkan pada variasi MSG ini dapat meningkatkan porositas membran yang memperbesar nilai fluks membran tanpa merubah ukuran porinya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi MSG dalam bak koagulasi terhadap nilai fluks dan koefisien permeabilitas membran selulosa asetat?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi MSG dalam bak koagulasi terhadap koefisien rejeksi membran?
3. Bagaimana karakterisasi morfologi membran selulosa asetat pada nilai fluks optimum?

1.3 Tujuan

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh variasi komposisi MSG dalam bak koagulasi terhadap nilai fluks dan koefisien permeabilitas membran selulosa asetat.
2. Mempelajari pengaruh variasi komposisi MSG dalam bak koagulasi terhadap koefisien rejeksi membran.
3. Mengetahui karakteristik morfologi membran selulosa asetat pada nilai fluks optimum.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Selulosa asetat yang digunakan dengan BM 30.000.
2. Pelarut yang digunakan yaitu aseton dan asam format dengan perbandingan 9/6 mol.
3. *Monosodium Glutamat* (MSG) yang digunakan adalah Sasa dengan kemurnian 99%.
4. Uji rejeksi menggunakan dekstran dengan BM 11, 40, 100-200, dan 500 kDa.
5. Uji morfologi dengan *Scanning Electrone Microscopy* (SEM) dilakukan pada membran 0,5% dan 2% MSG.
6. Konsentrasi MSG dalam larutan polimer 6% dari total massa larutan polimer

7. Variasi konsentrasi MSG 0, 0,5, 1 dan 2% (w/v) dalam bak koagulasi

1.5 Manfaat Penelitian

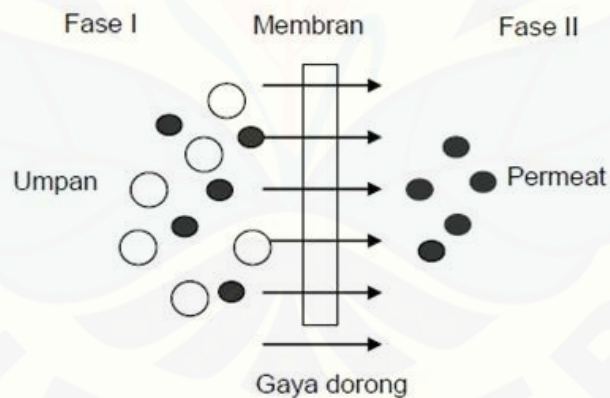
Manfaat penelitian yang diharapkan nantinya adalah

1. Dapat memberikan informasi tambahan mengenai manfaat salah satu aditif dalam pembuatan membran baik dalam larutan polimer ataupun dalam bak koagulasi.
2. Dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu membran khususnya untuk material selulosa asetat.
3. Dapat membuat alternatif bahan filtrasi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran

Membran berasal dari bahasa latin “membrana” yang berarti potongan kain. Membran merupakan selaput tipis semipermeabel yang bersifat selektif terhadap komponen tertentu dalam suatu campuran (Mulder, 1996). Selaput semipermeabel yang berupa lapisan tipis dapat memisahkan dua fase dengan cara menahan komponen tertentu dan melewatkan komponen yang lain. Pemisahan ini berdasarkan pada ukuran komponen yang akan dipisahkan. Komponen yang memiliki ukuran besar akan tertahan dan yang berukuran lebih kecil akan dilewatkan (Osada dan Nakagawa, 1992). Gambar 2.1 merupakan ilustrasi dari proses pemisahan pada membran.



Gambar 2.1 Proses Pemisahan Membran (Mulder, 1996).

Fasa I merupakan larutan umpam yang akan dilewatkan membran, sedangkan fasa II merupakan permeat yaitu hasil pemisahan menggunakan membran. Pemisahan terjadi karena membran memiliki kemampuan untuk mentransport satu komponen

dari fasa umpan ke fasa permeat dengan lebih baik dari komponen yang lain. Proses pemisahan menggunakan membran berlangsung secara selektif karena daya dorong penggerak yang berupa perbedaan konsentrasi, tekanan dan suhu (Mulder, 1996).

2.2 Klasifikasi Membran

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

Umumnya membran terbagi berdasarkan porinya menjadi membran berpori (*porous membrane*) atau tidak berpori (*dense membrane*) seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Membran pori (kiri) dan membran nonpori (kanan) (Mulder, 1996).

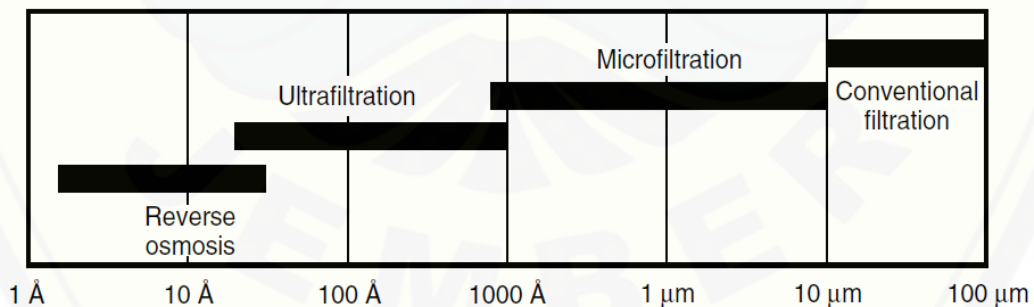
Membran berpori merupakan membran yang dapat memisahkan campuran berdasarkan keterkaitan ukuran pori dan ukuran molekul yang dipisahkan, sedangkan membran non pori (*dense* / membran padat) dianggap tidak memiliki pori. Pemisahan membran non pori ini tergantung pada difusitas molekul ke dalam membran (Bungay, 1986).

Membran berdasarkan struktur pori (morfologi) dibagi menjadi dua bagian yaitu membran pori simetris dan membran pori asimetris. Membran pori simetris

mempunyai struktur pori yang seragam di setiap tempat. Membran pori asimetris mempunyai struktur pori yang tidak seragam. Membran ini memiliki lapisan atas yang berpori lebih kecil dan rapat dari pada bagian bawahnya (Mulder, 1996).

Membran simetri memiliki ketebalan 10 - 200 μm , membran ini memiliki struktur pori yang homogen pada seluruh membran. Hal ini memungkinkan untuk terjadinya penyumbatan pori lebih cepat dan dapat mengakibatkan *fouling*. Membran asimetri terdiri dari dua lapisan, lapisan atas terdiri dari kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1-0,5 μm , sedangkan lapisan bawah memiliki berpori lebih besar dengan ketebalan 50-150 μm . Membran jenis ini memiliki selektivitas yang lebih tinggi (Mulder, 1996).

Membran bergaya dorong tekanan berdasarkan fungsi dan ukuran pori dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya yaitu membran ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dan reverse osmosis (Wenten, 2000). Fungsi setiap membran ini didasarkan pada ukuran porinya. Pori membran mikrofiltrasi berkisar sekitar 0,02 – 10 μm , pori membran ultrafiltrasi berkisar antara 0,001-0,02 μm , adapun membran *reverse osmosis* menggunakan pori sebesar 0,0001-0,001 μm sampai dengan *dense*. Perbedaan ukuran pori ini mengakibatkan perbedaan jenis bahan yang dapat dipisahkan dari larutan. Ukuran pori pada masing-masing membran dapat dilihat pada gambar 2.3 (Baker, 2004).

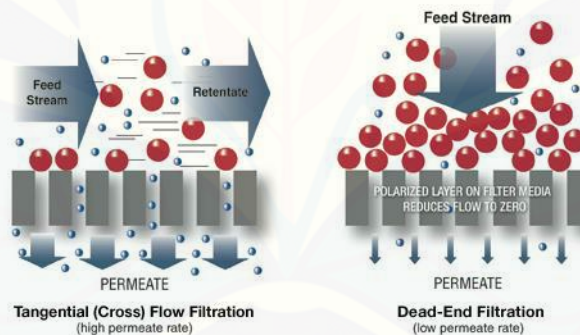


Gambar 2.3 Skema ukuran pori membran (Baker, 2004).

Membran ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan bahan sampai yang

berukuran makromolekul dari larutan. Karakteristik membran biasanya dinyatakan dalam *molecular weight cut off* (MWCO) atau berat molekul yang ditolak sebesar 90% oleh membran (Wenten, 2000). Membran ultrafiltrasi biasanya digunakan dalam memisahkan senyawa berberat molekul tinggi dari senyawa berberat molekul rendah, seperti pada industri makanan dan pengolahan susu. Ukuran molekul yang dapat ditahan oleh membran ultrafiltrasi ini berkisar $10^4 - 10^8$ Da (Mulder, 1996). Membran *reverse osmosis* umumnya digunakan untuk memisahkan bahan-bahan berberat molekul rendah atau garam-garam organik dari larutan, misalnya proses desalinasi air laut (Wenten, 2000).

Membran berdasarkan pada sistem pemisahannya dibedakan atas sistem *dead-end* dan sistem *crossflow* yang digambarkan pada gambar 2.4. sistem *crossflow* memiliki arah aliran larutan umpan yang sejajar dengan permukaan membran, sedangkan sistem *dead-end* memiliki arah aliran yang tegak lurus dengan permukaan membran.



Gambar 2.4. Sistem Operasi Membran (Iskandar, 2011).

2.3 Teknik Pembuatan Membran

Terdapat berbagai jenis material yang digunakan dalam pembuatan membran. Pembuatan membran dari material dan teknik tertentu akan menghasilkan membran yang spesifik terhadap suatu proses pemisahan. Material membran membatasi teknik pembuatan yang digunakan dan morfologi membran yang diperoleh. Teknik-teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*,

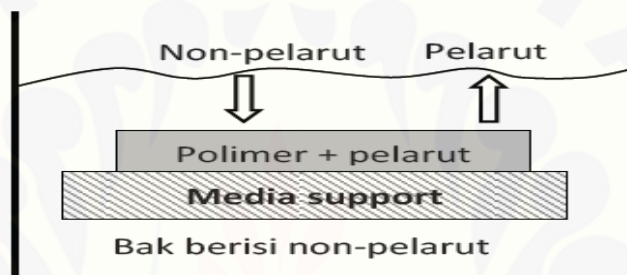
tracketching, *template-leaching*, inversi fasa, dan *coating*. Teknik yang sering digunakan dalam membran ultrafiltrasi adalah teknik inversi fasa (Wenten, 2000). Proses Pembuatan membran akan difokuskan pada sistem inversi fasa.

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

Berbagai jenis presipitasi yang digunakan dalam inversi fasa diantaranya yaitu (Wenten, 2000):

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

4. Presipitasi termal yaitu proses solidifikasi dengan cara mendinginkan larutan polimer sehingga terjadi pemisahan fase dan penguapan pelarut. Penguapan ini menyebabkan pembentukan membran mikrofiltrasi.
5. Presipitasi imersi yaitu proses solidifikasi yang terjadi karena adanya interaksi antara pelarut dan non pelarut. Larutan polimer diatas pencetak dimasukkan ke dalam bak koagulasi yang berisi non pelarut. Membran yang dihasilkan dari proses ini yaitu membran datar. Gambar 2.5 merupakan proses inversi fasa dengan presipitasi imersi.



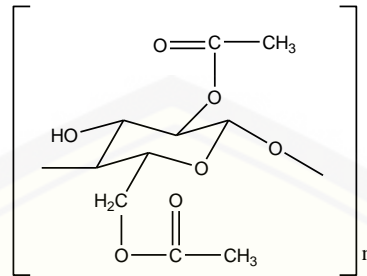
Gambar 2.5. Proses Pembentukan Membran (Arrahman, 2012).

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

2.4 Material Membran

2.4.1 Selulosa Asetat

Bahan mentah selulosa asetat adalah selulosa. Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun atas satuan glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida β -1,4 antar molekul glukosa penyusunnya. Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel. Gambar 2.6 merupakan struktur dari selulosa asetat.



Gambar 2.6 Struktur dari Selulosa Asetat (Saunders, 1994).

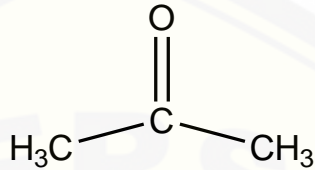
Molekul selulosa merupakan rantai-rantai, atau mikrofibril dari D-glukosa sampai 14.000 satuan yang terdapat sebagai berkas-berkas terpuntir mirip tali, yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen (Fesenden, 1989). Selulosa asetat berwarna putih, berbau menyengat, hambar dan tidak beracun. Selulosa asetat diproduksi dengan kandungan asetat 38-40,5% (Mark *et al.*, 1968).

Selulosa asetat merupakan polimer hidrofilik yang sangat baik dijadikan bahan pembuat membran. Selulosa dan turunannya tidak hanya bisa digunakan sebagai material pembuat membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi, tapi juga untuk *reverse osmosis*, *gas separation*, dan dialisis. Polimer ini merupakan polimer yang sangat penting sebagai material dasar membran. Selulosa mempunyai struktur rantai yang linear, seperti batang dan molekulnya infleksibel, yang dipercaya sebagai karakteristik penting untuk aplikasi *reverse osmosis* dan ultrafiltrasi. Selulosa bersifat sangat hidrofilik namun tidak dapat larut dalam air, hal ini disebabkan karena sifat kristalin dan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil. Sumber utama selulosa adalah bubur kayu atau kapas (Wenten, 2000).

Membran selulosa asetat mempunyai kekurangan antara lain sangat reaktif terhadap reaksi kimia, reaksi biologi, perubahan suhu, dan kadar pH yang terlalu tinggi ataupun yang terlalu rendah (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).

2.4.2 Aseton

Nama lain dari senyawa aseton diantaranya yaitu propanon, dimetil keton, 2-propanon, propan-2-on, dimetilformaldehyda, β -ketopropana (Wade, 2010).

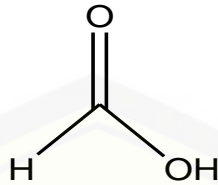


Gambar 2.7 Struktur Aseton (Wade, 2010).

Aseton merupakan senyawa yang berbentuk cairan tidak berwarna yang tidak mudah terbakar. Struktur kimia dari aseton dapat dilihat pada gambar 2.7. Aseton merupakan keton yang paling sederhana yang biasanya digunakan untuk plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Aseton mempunyai kerapatan 0,79 g/cm³ larut dalam air dan mempunyai titik didih 56,1 °C. Aseton larut dalam berbagai perbandingan dengan air, etanol, dietil eter, dll. Pembuatan selulosa dengan menggunakan aseton sebagai pelarut menghasilkan tipe membran yang mempunyai pori yang rapat (Wenten, 2000).

2.4.3 Asam Format

Asam format merupakan asam karboksilat yang paling sederhana. Asam format secara alami terdapat pada sengat lebah dan semut. Asam format merupakan cairan yang tidak berwarna, berbau tajam/menyengat, menyebabkan iritasi pada hidung, tenggorokan, dan dapat membakar kulit. Asam format dapat larut dalam air dan sedikit larut dalam benzena, klorotetrafluorida, toluena, serta tidak larut dalam hidrokarbon alifatik seperti heptana dan oktana. Asam format biasanya disebut sebagai asam semut/asam metanoat dan merupakan asam terkuat dari segi homolog gugus karboksilat yang mengalami beberapa reaksi kimia. Gambar 2.8 merupakan struktur dari asam format.

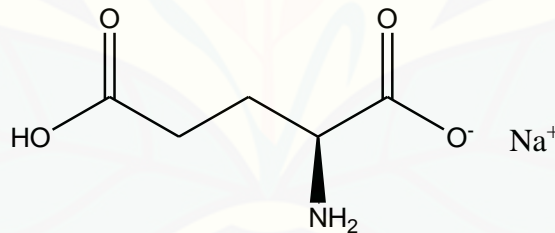


Gambar 2.8 Struktur Asam Format (Wade, 2010).

Asam format sebagai pelarut dalam proses pembuatan membran. Selain itu asam format merupakan pelarut polimer selulosa asetat (Idris, 2008).

2.4.4 *Monosodium Glutamat* (MSG)

Monosodium Glutamat 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 yang berfungsi untuk memberi rasa sedap pada makanan. Gambar 2.9 merupakan struktur dari *monosodium glutamat* (MSG).



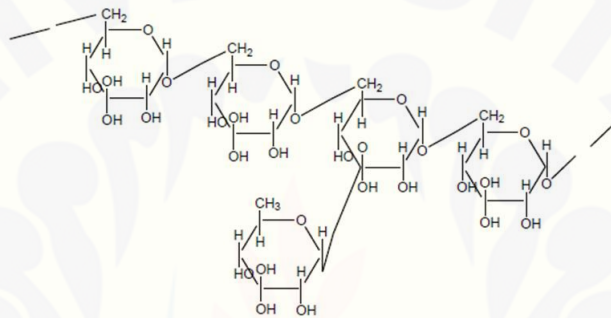
Gambar 2.9 Struktur *Monosodium Glutamat* (MSG) (Yunita, 2013).

MSG berbentuk serbuk kristal putih dan tidak berbau yang dalam larutan terdisosiasi menjadi glutamat dan natrium. MSG mudah larut dalam air, tetapi tidak bersifat higroskopis dan praktis dalam penggunaannya. MSG sangat hidrofilik karena gugus hidroksil dalam struktur, selain itu MSG mudah didapat dan murah. Proses dialisis MSG juga berfungsi dalam pembersihan urea (Idris *et al*, 2008). Penggunaan MSG dalam konsentrasi 6% sebagai aditif dalam larutan polimer dapat meningkatkan

ukuran pori dan menghasilkan *finger like* (Yunita, 2013).

2.4.5. Dekstran

Dekstran merupakan glukosa dengan ikatan α -D-1,6-glukosa dengan rantai samping 1,3 yang terikat pada rantai C bipolimer. Dekstran diperoleh dari fermentasi sukrosa oleh *Luconostoc mesenteroides* B512F. Gambar 2.10 merupakan struktur dari dekstran.



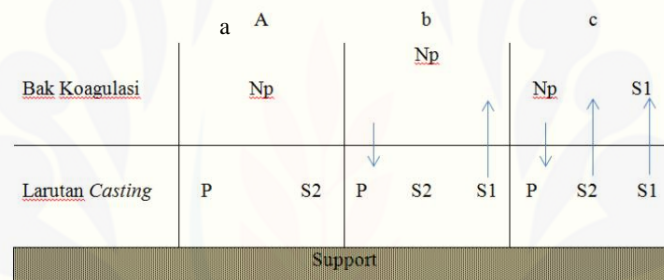
Gambar 2.10 Struktur Dekstran (Wibowo, 2008).

Fraksi dekstran mudah larut dalam air dan larutan elektrolit yang jernih dan stabil. Dekstran ini tidak dipengaruhi oleh pH secara signifikan terhadap kelarutannya. Larutan dekstran dapat dibuat pada konsentrasi kurang dari 50% w/v. Fraksi dekstran larut juga dalam pelarut lain, seperti metil sulfida, formamida, etilen glycol, dan gliserol. Akan tetapi fraksi dekstran juga tidak larut pada monosiklik alkohol, contohnya seperti metanol, etanol, dan isopropanol dan juga kebanyakan keton, seperti aseton, 2-propanon. Meskipun fraksi dekstran dapat membentuk larutan jernih dengan berat molekul paling rendah 5-10, akan membentuk larutan keruh terutama ketika dipekatkan. Larutan Dekstran ini dapat dengan mudah di filtrasi. Larutan dengan konsentrasi yang besar perlu menggunakan filter yang besar pula selain itu juga perlu ditunjang dengan pemberian tekanan yang besar untuk menekan laju filtrasi. Selain itu untuk menaikkan laju filtrasi juga dapat dilakukan dengan menaikkan suhu. Luas filter dapat disesuaikan dengan volume dan konsentrasi larutan

dekstran yang digunakan (Pharmacocosmos, 2006).

2.5 Skematis Jenis Sistem Komponen Membran

Vught (1998) menjelaskan bahwa ada 3 jenis kondisi sistem dalam pembentukan membran. Perbedaan kondisi sangat berpengaruh pada pembentukan membran yang dihasilkan. Pemilihan dan penggunaan komponen polimer, pelarut, serta nonpelarut dalam bak koagulasi haruslah tepat. Gambar 2.11 merupakan gambaran skematis perbedaan sistem komponen. Penggunaan pelarut yang kurang mampu berinteraksi dengan nonpelarut akan menghambat adanya pertukaran materi antara keduanya, sehingga solidifikasi membran sulit terjadi.



Gambar 2.11 Skematik jenis komponen pembentukan membran (Vught, 1998).

Keterangan :

Np (Non-pelarut)

P (polimer)

S1 (Pelarut) dimana S1 dapat berinteraksi dengan nonpelarut

S2 (Pelarut) tidak dapat berinteraksi dengan nonpelarut

Jenis komponen dalam gambar 2.11 adalah :

- Komponen yang terdiri dari polimer, nonpelarut, dan pelarut memiliki kemampuan kecil berinteraksi dengan nonpelarut. Kemampuan yang kecil ini akan menyebabkan sedikit atau hampir tidak terjadi pertukaran materi antara polimer dan non pelarut dalam bak koagulasi, sehingga proses solidifikasi membran sulit terjadi.

- b. Komponen yang terdiri dari polimer, nonpelarut, pelarut *miscible* dan pelarut *immisible*. Adanya pelarut yang mampu berinteraksi dengan nonpelarut akan menunjang proses difusi pertukaran materi antara larutan polimer dengan non pelarut dalam bak koagulasi.
- c. Komponen yang terdiri dari polimer, pelarut yang *miscible* dan pelarut *immisible*, sedangkan dalam bak koagulasi tidak hanya terdiri dari non pelarut melainkan juga pelarut *miscible*. Mirip dengan komponen b, namun ada penambahan pelarut yang meningkatkan interaksi antara pelarut *immisible* dengan non pelarut dalam bak koagulasi, sehingga akan terjadi difusi antara kedua pelarut dan nonpelarut.

2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Morfologi

Menurut Mulder (1996), beberapa faktor yang berpengaruh dalam pembentukan struktur dan morfologi membran yang dihasilkan akan diuraikan sebagai berikut:

1. Komposisi larutan polimer

Komposisi larutan polimer secara umum terdiri polimer, pelarut, dan tambahan zat aditif. Perubahan komposisi dari larutan polimer akan mempengaruhi porositas dan kinerja dari membran.

2. Penambahan zat aditif

Penambahan zat aditif merupakan senyawa tambahan dengan komposisi yang sangat kecil namun memiliki fungsi yang spesifik. Fungsi aditif dapat memperbaiki kekuatan mekanik membran, meningkatkan jumlah dan interkoneksi antar pori (Kesting, 1971). Efek aditif yang diberikan tergantung pada sejauh mana pengaruh aditif pada tingkat pengendapan. Salah satu aditif yang dapat meningkatkan porositas yaitu *Polyetilen Glycol* (PEG) dan *Monosodium Glutamat* (MSG). Aditif yang dalam larutan polimer akan cenderung untuk mengurangi tingkat pengendapan salah satunya yaitu benzena. Oleh karena itu mendukung pembentukan struktur spon (Idris *et al*, 2008).

3. Pemilihan pelarut dan non-pelarut

Pemilihan sistem pelarut dan non pelarut sangat ditentukan oleh jenis polimer yang dipilih dalam pembuatan membran. Pelarut harus dapat melarutkan polimer dengan baik. Non pelarut sebagai koagulan juga harus mampu berinteraksi dengan pelarut.

4. Komposisi bak koagulasi

Penambahan aditif dalam bak koagulasi adalah parameter lain yang berpengaruh terhadap jenis struktur membran yang terbentuk (Javiya, 2008). Selain itu, penambahan pelarut dalam bak koagulasi juga mempengaruhi jenis struktur membran yang dihasilkan. Jika bak koagulasi hanya terdiri dari air sebagai pelarut universal, maka akan terjadi pemisahan instan (Wenten, 2000).

2.7 Karakteristik Membran

Perubahan kecil dari parameter-parameter yang mempengaruhi pembentukan membran akan menghasilkan perubahan yang besar dalam kinerjanya, sehingga karakterisasi membran sangat diperlukan. Menurut Mulder (1996), karakterisasi membran merupakan metode untuk mengetahui sifat struktur dan morfologi membran yang diperoleh. Karakterisasi mempermudah penentuan fungsi dan kelasnya dalam suatu pemisahan, sehingga diperoleh fungsi yang tepat dalam melakukan pemisahan.

Kinerja suatu membran dapat dilihat dari kualitas hasil preparasi yang ditentukan oleh fluks atau laju permeasi. Fluks merupakan jumlah permeat yang dihasilkan pada operasi membran dalam satuan waktu dan luas permukaan membran yang digunakan. Satuan yang digunakan untuk menyatakan besaran fluks adalah $L/m^2 \cdot jam$ atau $Kg/m^2 \cdot jam$ atau $mol/m^2 \cdot jam$ atau koefisien permeabilitas ($L/m^2 \cdot jam \cdot bar$) (Mulder, 1996). Penentuan besarnya nilai fluks dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

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

dimana:

J_v = fluks volume ($L/m^2 \cdot \text{jam}$)

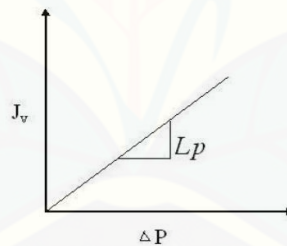
t = waktu selama pemerolehan permeat dengan volume tertentu (jam)

A = luas permukaan membran (m^2)

V = volume permeat (L)

Fluks merupakan salah satu parameter kinerja membran yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu parameter operasi seperti konsentrasi umpan, suhu, laju alir, dan tekanan. Kenaikan konsentrasi larutan umpan akan menyebabkan nilai fluks turun. Perubahan konsentrasi umpan akan merubah harga viskositas, densitas, dan difusifitas larutan umpan. Peningkatan suhu dapat meningkatkan fluks baik pada daerah yang dikendalikan oleh tekanan atau dikendalikan oleh perpindahan massa (Wenten, 2000).

Pengukuran nilai fluks dapat dilakukan pada berbagai tekanan, kemudian dibuat grafik dengan perubahan tekanan sebagai sumbu X dan nilai fluks sebagai sumbu Y. Slope dari persamaan garis yang diperoleh merupakan nilai koefisien permeabilitas (L_p).



Gambar 2.12 Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas (L_p) (Yunita, 2013).

Koefisien permeabilitas dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2 sebagai berikut:

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

Keterangan :

J_v = fluks volume ($L/m^2 \cdot \text{jam}$)

L_p = koefisien Permeabilitas ($L/m^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{atm}$)

ΔP = Perubahan Tekanan (atm)

Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran menahan atau melewatkan suatu molekul. Selektivitas membran tergantung pada interaksi antara permukaan dengan molekul, ukuran molekul, dan ukuran pori membran. Selektivitas umumnya dinyatakan oleh rejeksi. Mulder (1996) menyatakan nilai rejeksi suatu zat padat terlarut adalah :

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_r}\right) \times 100\% \quad (2.3)$$

dimana:

R = koefisien rejeksi

C_{permeat} = konsentrasi partikel dalam permeat

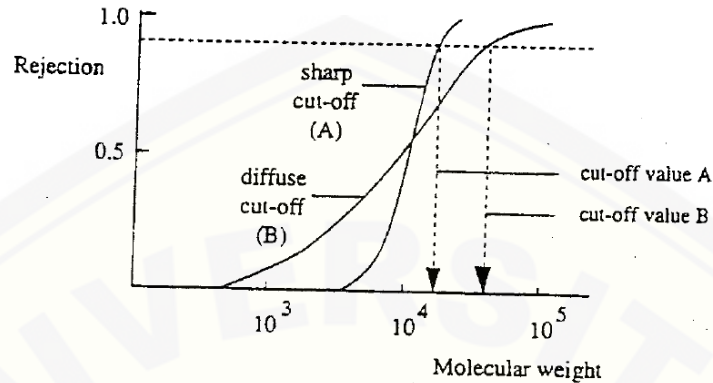
C_{umpan} = konsentrasi partikel dalam umpan

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

Molecular Weight Cut Off (MWCO) didefinisikan sebagai bobot molekul suatu zat terlarut yang 90% dapat direjeksi oleh membran (Wenten, 2000). Pengukuran rejeksi merupakan metode yang digunakan untuk mengkarakterisasi membran berpori. Rejeksi yang dilakukan menggunakan beberapa variasi larutan dekstran yang akan diuji. Menurut Osada dan Nakagawa (1992), membran ultrafiltrasi mempunyai ukuran pori sekitar 10-1000 Å atau MWCO sekitar 10^3 - 10^6 Da.

Nilai *cut off* pada membran sering sebagai suatu model yang absolute. Sebagai contoh membran yang mempunyai nilai *cut off* 400.000 artinya semua zat terlarut yang mempunyai berat molekul lebih dari 400.000 akan terejeksi 90%. Kerja membran pada kondisi nyata tidak akan sama dengan sifat fisik intrinsik membran. Hal ini dikarenakan pada kondisi nyata kerja membran sangat dipengaruhi oleh

adanya polarisasi dan fouling (Wenten, 2000).



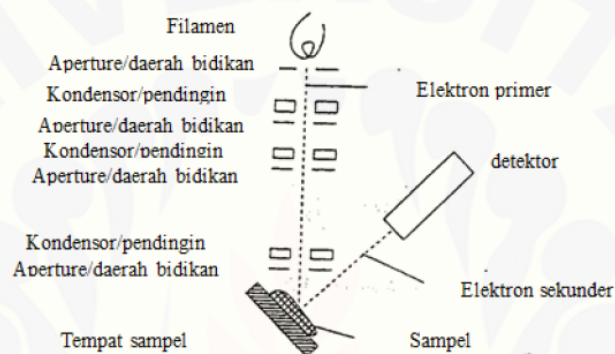
2.13 Karakterisasi Rejeksi Membran dengan Sharp Cut-Off dihubungkan dengan Diffuse Cut-Off (Mulder, 1996).

Gambar 2.13 menunjukkan perbandingan skematik antara membran dengan *sharp cut-off* dan *diffuse cut-off*. Karakteristik *cut-off* tidak mungkin ditentukan berdasarkan pada berat molekul yang dipisahkan saja, tetapi terdapat faktor lain seperti interaksi material yang dipisahkan dan fenomena polarisasi konsentrasi (Mulder, 1996). Nilai *cut-off* dapat didefinisikan berbeda pada kondisi pengujian yang berbeda yaitu pada tekanan, kecepatan, konsentrasi, dan jenis larutan serta distribusi berat molekul.

Scanning Electrone Microscopy (SEM) merupakan metode yang digunakan untuk karakterisasi struktur pori dari membran yang dihasilkan. Instrument SEM yang dapat dilihat pada gambar 2.14 merupakan alat yang digunakan untuk melihat morfologi dari membran yang dihasilkan.

Cara kerja instrumentasi SEM yaitu sebuah cahaya tertentu dari elektron dengan energi kinetik akan ditembakkan pada sampel membran. Membran yang dihasilkan ditempatkan pada sinar elektron. Sampel nantinya dapat terbakar atau rusak tergantung dari tipe polimer dan voltase yang digunakan (Mulder, 1996). Hal ini dapat dicegah dengan memberi lapisan berupa emas untuk menjaga supaya tidak terjadi perubahan dari permukaan membran. Elektron yang menabrak membran disebut dengan elektron primer yaitu elektron dengan energi tinggi, dan yang

direfleksikan disebut dengan elektron sekunder yaitu elektron dengan energi rendah. Gambar hasil SEM yang keluar berdasarkan deteksi elektron sekunder yang dipancarkan dari permukaan sampel tersebut dipindai dengan sinar elektron. Elektron sekunder ini kemudian diperkuat dengan sinyal, kemudian besarnya amplitudo ditampilkan dalam degradasi gelap terang di layar monitor *cathode ray tube* (CRT). Layar inilah nantinya akan menghasilkan gambar struktur objek yang sudah diperbesar.



Gambar 2.14. Instrumentasi SEM (Mulder, 1996).

Hasil SEM ini berupa foto dari objek yang dilihat dari sudut pandang 2 dimensi. Hasil SEM disebut dengan mikrograph yang berisi gambar tentang ukuran pori, distribusi pori, serta geometri pori secara jelas (Mulder, 1996).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penelitian dilaksanakan pada November 2014 sampai Mei 2015. Penelitian ini terdiri dari dua tahap, tahap pertama yaitu pembuatan membran dan tahap kedua adalah karakterisasi membran.

3.2 Alat dan Bahan

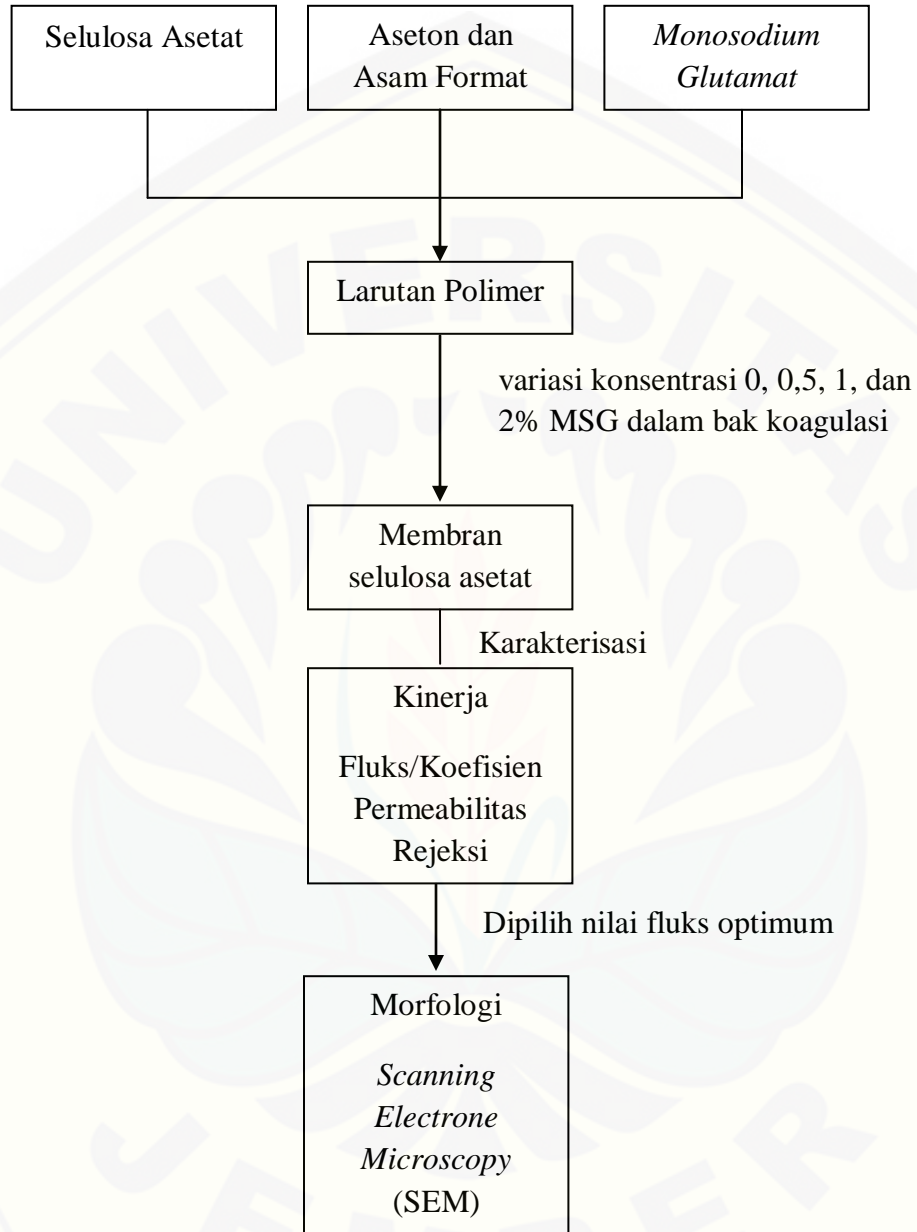
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : erlenmeyer 250 ml, labu ukur 25 ml, beaker glass 100 ml, gelas ukur 10 ml, pipet mohr 5 ml, pengaduk, neraca analitik, botol semprot, magnetic stirer, *stopwatch*, bak koagulasi, satu set alat ultrafiltrasi sistem *dead end*, *spectrophotometer Visible* Hinotek no#1 model 752, plat kaca, batang silinder baja, *micrometer* merk *tricle brand*, dan *scanning electrone microscopy* (SEM).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : selulosa asetat (CA) Aldrich (BM 30.000, 39,9wt%), aseton (Merck); $\rho=0,79$ g/mL, pa), *Monosodium Glutamat* (MSG) (Sasa) dengan kemurnian 99%, aquades, dekstran (11, 40, 100-200, dan 500 kDa, Sigma Aldrich), fenol 5%, aluminium foil, selotip, kertas saring, dan H₂SO₄ pekat LIPI.

3.3 Rancangan Penelitian

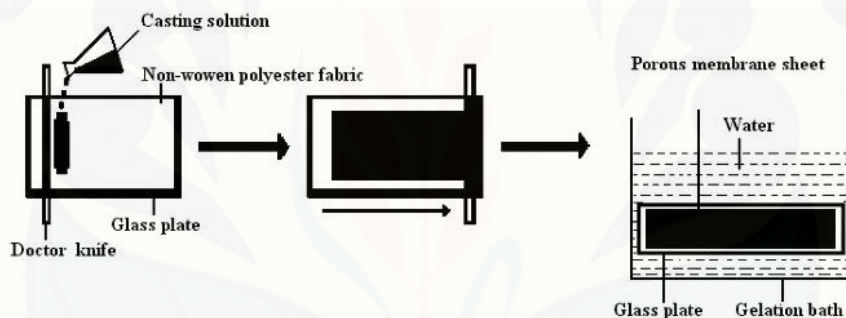


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Membran

Pembuatan membran selulosa asetat ini dilakukan dengan menggunakan metode inversi fasa. Selulosa asetat sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam beaker gelas kemudian ditambahkan aseton sebanyak 6,6 mL kemudian dihomogenkan. Beaker gelas ditutup dengan aluminium foil untuk meminimalisir penguapan aseton ke udara bebas. MSG 0,6 gram dilarutkan ke dalam asam format 2,3 mL pada beaker gelas. Setelah asam format dan MSG homogen, campuran tersebut dituangkan ke dalam beaker gelas yang berisi campuran aseton dan selulosa asetat. Kedua larutan diaduk dengan menggunakan stirer magnetik sampai larutan homogen selama 3 jam. Larutan polimer didiamkan sampai tidak terdapat gelembung udara.



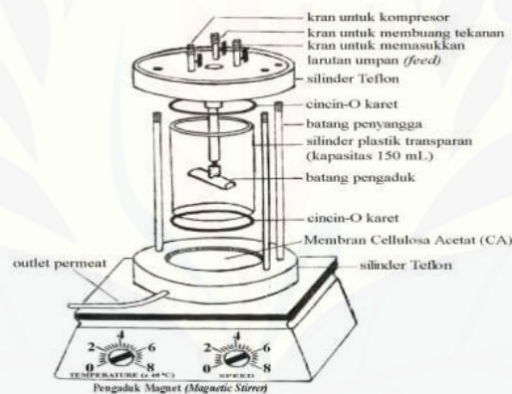
Gambar 3.2 Pembuatan membran dengan teknik inversi fasa (Javiya, 2008).

Larutan polimer yang telah homogen kemudian dituangkan di atas kaca yang sudah diberi selotip pada bagian pinggir kaca. Pemberian selotip berfungsi untuk menghasilkan membran dengan ketebalan sesuai dengan tebal selotip. Larutan polimer dituang ke atas kaca kemudian didorong dengan gaya searah menggunakan lampu neon. Hasil yang diperoleh berupa lapisan tipis larutan polimer di atas kaca. Lapisan polimer langsung dimasukkan ke dalam bak koagulasi untuk proses solidifikasi. Penambahan aditif MSG dalam bak koagulasi dilakukan dengan melarutkan MSG dengan air terlebih dahulu. Variasi MSG yang digunakan yaitu 0%, 0,5%, 1%, dan 2% dihitung persen dari volume air dalam bak koagulasi. Lapisan

polimer yang dimasukkan akan membentuk membran putih dan terlepas dari cetakan (plat kaca). Membran yang diperoleh dicuci dengan air dan dikeringkan pada udara terbuka. Proses pembuatan membran dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.4.2 Karakterisasi Kinerja Membran Selulosa Asetat

Membran selulosa asetat yang dihasilkan dari variasi MSG dalam bak koagulasi dipotong membentuk lingkaran yang disesuaikan dengan set alat ultrafiltrasi sistem *dead end* yang akan digunakan (gambar 3.2). Membran diukur ketebalan terlebih dahulu dengan menggunakan mikrometer. Pengukuran dilakukan di beberapa bagian dan nantinya diambil nilai rata-rata. Membran kemudian dimasukkan ke dalam alat ultrafiltrasi.



Gambar 3.3 set alat ultrafiltrasi sistem *dead end* (Irfan, 2008).

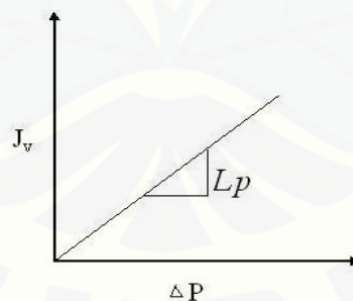
a. Uji Fluks

Uji Fluks dilakukan untuk mengetahui jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan. Sebelum dilakukan uji fluks, ditentukan terlebih dahulu waktu kompaksi. Fungsi dari penentuan waktu kompaksi yaitu untuk memperoleh membran yang memiliki pori seragam. Waktu kompaksi membran dilakukan dengan mengalirkan air 100 mL melewati membran pada tekanan 2 bar. Air yang melewati membran dicatat

waktunya setiap mL hingga didapat nilai fluks konstan. Setelah diperoleh fluks 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 volum permeat yang tertampung dan dihitung nilai fluks air dengan persamaan (2.1).

b. 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 ditentukan waktu kompaksi dengan tekanan yaitu 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 bar. Setiap hasil pengukuran, kemudian dibuat grafik nilai perubahan tekanan (sumbu X) dan nilai fluks (sumbu Y). Nilai koefisien permeabilitas (L_p) ditentukan dari nilai slope yang didapatkan pada grafik yang dilalui titik (0,0). Gambar 3.3 merupakan grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas (L_p).



Gambar 3.4 Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas (L_p) (Yunita, 2013).

c. Uji Rejeksi terhadap Larutan Dekstran

Penentuan koefisien rejeksi membran dilakukan menggunakan larutan dekstran BM 100-200 kDa dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan dekstran dimasukkan dalam

alat ultrafiltrasi dengan tekanan 2 bar. Permeat dan retentat yang diperoleh ditentukan konsentrasi permeat dan retentat dengan spektrofotometri. Konsentrasi dari permeat dan retentat digunakan untuk menentukan koefisien rejeksi.

Pengukuran menggunakan spektrofotometri harus diketahui panjang gelombang maksimum yang akan digunakan. *Scanning* atau penentuan panjang gelombang maksimum untuk pengukuran absorbansi sampel yang akan digunakan. *Scanning* panjang gelombang dilakukan dengan larutan dekstran 500 ppm sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan dengan H₂SO₄ dan fenol 5% dengan perbandingan volume 1:5:1 yang diencerkan dalam labu ukur 25 mL. *Scanning* larutan diawali dengan menggunakan blanko yaitu dengan menambahkan aquades : H₂SO₄ : fenol 5% dengan perbandingan volum 1:5:1 yang selanjutnya diencerkan dengan aquades pada labu ukur 25 mL sampai tanda batas. *Scanning* dilakukan pada panjang gelombang 400-550 nm dengan *spektrofotometer visible*.

Kurva kalibrasi diperoleh dari plot antara absorbansi dengan konsentrasi dekstran yang berguna untuk menentukan konsentrasi dekstran selanjutnya digunakan untuk mengetahui koefisien rejeksi membran selulosa asetat. Larutan standart yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan dekstran dengan konsentrasi 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, dan 1000 ppm untuk dekstran 11, 40, 100-200, dan 500 kDa. Larutan standart diperoleh dari pengenceran larutan induk dekstran dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan dekstran masing-masing konsentrasi diambil 1 mL ditaruh ke dalam labu ukur kemudian ditambahkan dengan H₂SO₄ dan fenol 5% dengan perbandingan volume 1:5:1 yang selanjutnya diencerkan sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan dekstran dengan konsentrasi 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, dan 40 ppm. Larutan dekstran kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum dari hasil *scanning*. Data yang dihasilkan diolah menjadi grafik konsentrasi (sumbu x) dengan absorbansi (sumbu y) sehingga didapatkan persamaan garisnya.

Larutan dekstran dengan konsentrasi 1000 ppm sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam alat ultrafiltrasi pada tekanan 2 bar dan dilihat tiap mili selama 1 jam.

Retentat dan permeat yang dihasilkan masing-masing diambil 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan diencerkan dengan penambahan H_2SO_4 dan fenol 5% dengan perbandingan volume 1:5:1. Absorbansi permeat dan retentat diukur pada panjang gelombang optimum hasil *scanning* dengan spektrofotometer Visible untuk menentukan konsentrasi.

d. Uji Morfologi Membran

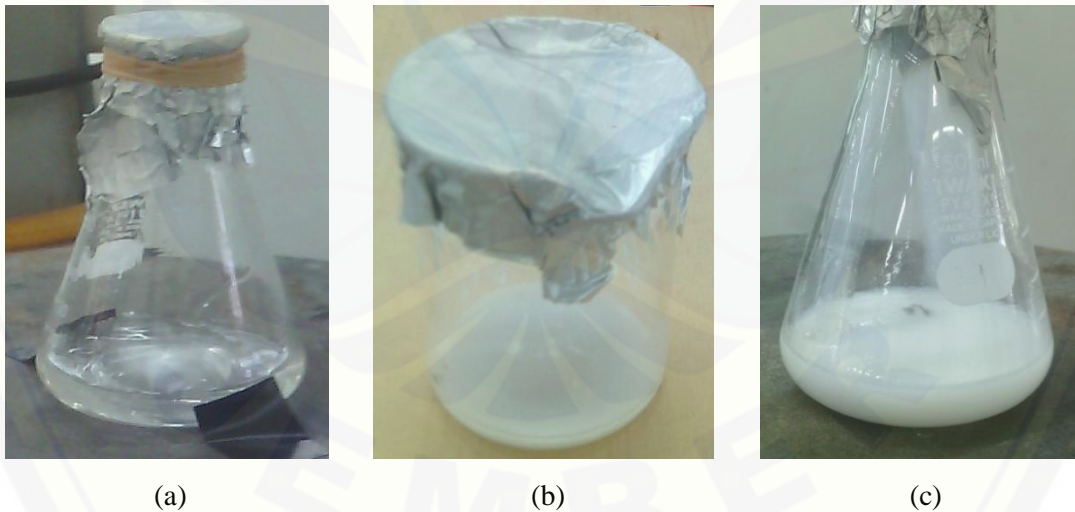
Uji morfologi membran dilakukan dengan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui morfologi membran dengan nilai fluks optimum sebagai hasil pengaruh penambahan MSG pada bak koagulasi terhadap pori membran selulosa asetat. Membran yang akan di uji SEM adalah membran dengan nilai fluks yang optimum. Morfologi yang diamati yaitu penampang melintang dan permukaan membran. Sampel yang akan diuji dipilih dari membran yang permukaannya rata dan tidak berlubang. Ukuran sampel yang di kirim adalah 1 cm x1 cm.

e. Uji Statistik

Uji statistik yang dilakukan untuk fluks dan rejeksi menggunakan Anova (Analysis of Varians). Uji ini dilakukan untuk menguji perbedaan variasi perlakuan data lebih dari dua kelompok. Uji statistik dilakukan dengan *software* SPSS 22 (*Statistical Package for the Social Sciences*). Perlakuan pertama yang dilakukan terhadap data yaitu uji homogenitas dari perlakuan yang diperoleh. Uji homogenitas dapat dilihat dari nilai signifikan yang diperoleh lebih besar dari 0,05, yang menyatakan bahwa variasi yang dilakukan yaitu homogen. Selanjutnya, ketika data yang diperoleh homogen maka dilakukan uji beda nilai nyata (BNT). Berdasarkan nilai yang diperoleh dapat diketahui beda perlakuan antara variasi yang satu dengan lainnya. Metode yang digunakan untuk menentukan beda nilai nyata ini yaitu LSD (Least Square Differences).

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Membran selulosa asetat dibuat dengan menggunakan pelarut aseton dan asam format serta tambahan 6% MSG. Aseton memiliki parameter kelarutan sebesar $20,3 \text{ Mpa}^{1/2}$ sedangkan pelarut asam format sebesar $24,8 \text{ Mpa}^{1/2}$. Pemilihan pelarut asam format karena penggunaan aditif MSG yang berbentuk serbuk harus dilarutkan terlebih dahulu. Selain digunakan sebagai pelarut selulosa asetat, asam format juga dapat melarutkan MSG (Idris, 2008). Larutan polimer selulosa asetat dicampurkan dengan aseton hingga homogen selama ± 1 jam. MSG dilarutkan dengan asam format kemudian dimasukkan ke dalam campuran selulosa asetat, diaduk kembali sampai homogen selama 4 jam. Larutan polimer yang sudah homogen menghasilkan warna putih susu. Larutan polimer didiamkan selama 3 jam untuk menghilangkan gelembung-gelembung yang terdapat dalam larutan polimer sebelum dicetak.



Gambar 4.1 Larutan polimer dengan komposisi selulosa asetat, aseton, asam format, MSG (a. selulosa asetat : aseton, b. MSG: asam format, c. larutan polimer)

Pembentukan larutan polimer ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu parameter kelarutan. Semakin dekat harga parameter

kelarutan antara polimer dan pelarut maka kelarutan akan semakin baik. Nilai parameter kelarutan untuk selulosa asetat adalah $19,96 \text{ Mpa}^{1/2}$, sedangkan aseton yaitu $20,3 \text{ Mpa}^{1/2}$. Berdasarkan selisih kelarutan keduanya yaitu 0,34, sehingga aseton dapat melarutkan selulosa asetat dengan baik. Pelarutan selulosa asetat dengan aseton akan menghasilkan larutan yang tidak berwarna dengan sedikit gelembung (gambar a). Aditif MSG yang dilarutkan dalam asam format akan membentuk larutan tak berwarna ketika homogen, akan tetapi setelah didiamkan akan berwarna putih seperti putih susu (gambar b). Gambar (c) merupakan larutan polimer yang sudah homogen dan berwarna putih susu. Setelah larutan polimer larut akan dimasukkan ke dalam bak koagulasi dengan variasi MSG dengan air. Penambahan aditif MSG dalam bak koagulasi dapat menambah pori yang dihasilkan oleh membran. Penelitian yang telah dilakukan yaitu dengan menambahkan aditif PEG dalam bak koagulasi dapat menghasilkan distribusi pori yang tinggi (Javiya, 2008). Gambar 4.2 merupakan proses penambahan MSG dalam bak koagulasi saat proses *demixing*.



Gambar 4.2 Pencelupan larutan polimer ke dalam bak koagulasi

Proses *demixing* akan terjadi pertukaran pelarut dengan nonpelarut pada membran tersebut. Pelarut aseton dan asam format serta aditif MSG dengan nonpelarut air dan MSG dalam bak koagulasi. Pertukaran pelarut ini yang

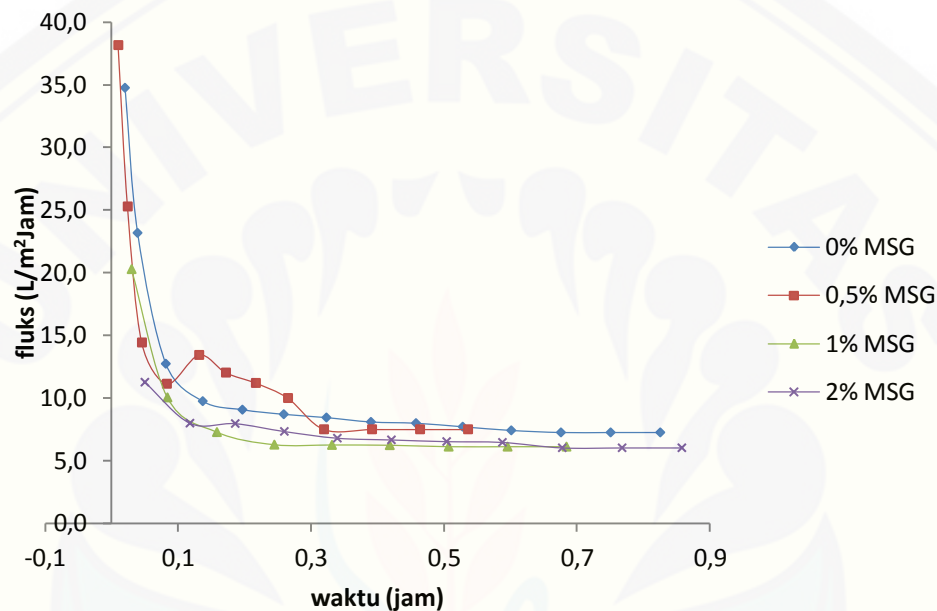
menyebabkan polimer tersebut membentuk matriks padatan dan menjadi membran. Penelitian ini menggunakan proses *instantaneous demixing* di mana larutan polimer yang telah dicetak langsung dimasukkan ke dalam bak koagulasi. Variasi aditif MSG yang digunakan yaitu 0,5; 1; 2; dan 0% (w/v). Aditif ini yang nantinya akan membentuk pori yang berbeda pada setiap membran.

Larutan polimer dimasukkan ke dalam bak koagulasi yang berisi nonpelarut dan aditif akan mengalami proses difusi. Proses difusi yang terjadi antara pelarut dan aditif dalam larutan polimer dengan nonpelarut dan aditif yang berada dalam bak koagulasi. Larutan polimer yang terdapat dibagian atas akan mengalami difusi terlebih dahulu karena kaya akan polimer. Difusi pelarut dengan nonpelarut ini akan berjalan dengan cepat dan menghasilkan pori yang rapat di bagian *top layer* pada membran. Pelarut dan aditif yang masih tersisa dalam larutan polimer akan berdifusi secara lambat dengan nonpelarut dan akan membentuk lapisan sub layer. Proses difusi yang lambat ini akan menghasilkan pori yang rapat. Penambahan variasi MSG dalam bak koagulasi akan mengganggu proses difusi pelarut dan nonpelarut sehingga menghasilkan pori-pori yang berbeda pada bagian sub layer. Pengaruh MSG akan memperlambat proses *demixing* sehingga dapat memperkecil *macrovoid* yang terbentuk. Hal ini telah diteliti pada penambahan PEG dalam bak koagulasi dapat menurunkan proses *demixing* oleh Javiya (2008). Merujuk hasil yang diperoleh Javiya, sehingga penambahan MSG dapat membentuk perbedaan pori pada bagian sub layer dan proses *demixing* menjadi *delay demixing*.

4.1 Pengaruh variasi komposisi MSG dalam bak koagulasi terhadap fluks

Fluks merupakan volume yang dihasilkan dari larutan umpan melewati membran tiap satuan waktu dan luas permukaan membran yang digunakan (L/m^2Jam). Sebelum dilakukan uji fluks, membran terlebih dahulu dikompaksi. Kompaksi merupakan suatu proses deformasi mekanik pada matrik polimer penyusun membran. Proses ini bertujuan untuk menentukan waktu kompaksi. Deformasi mekanik pada matriks polimer penyusun membran bertujuan untuk menata ulang pori-pori

membran yang baru terbentuk akibat dari tekanan dan perlakuan lainnya yang mempengaruhi pori-pori membran (Mulder, 1997). Waktu kompaksi dengan nilai fluks yang konstan, di mana waktu yang diperlukan untuk memperoleh 1 ml permeat nilainya sama. Membran yang sudah terkompaksi tidak akan mengalami deformasi mekanik lagi, selama tidak ada gaya mekanik (tekanan) yang berubah.



Gambar 4.3 Waktu kompaksi membran selulosa asetat terhadap fluks air dengan variasi penambahan aditif MSG pada tekanan 2 bar.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang diperlukan, pori membran akan semakin tertata sehingga nilai fluksnya semakin turun dan pada menit tertentu akan mencapai fluks konstan. Penurunan nilai fluks ini terjadi karena adanya deformasi mekanik pada matriks membran akibat tekanan yang diberikan. Kompaksi membran dengan penambahan MSG dalam bak koagulasi menunjukkan hasil yang berbeda.

Perhitungan waktu kompaksi dilakukan dengan pengulangan 3x dalam setiap variasi. Membran dengan variasi penambahan 0% MSG menghasilkan nilai waktu kompaksi rata-rata yaitu 0,78 jam. Waktu kompaksi yang dipilih merupakan waktu

kompaksi diatas rata-rata sehingga untuk data gambar 4.3 yaitu sebesar 0,83 jam. Perbedaan waktu kompaksi yang diperoleh karena perbedaan pori yang dihasilkan setiap satu kali pembuatan larutan polimer dengan perbedaan saat mencetak.

Waktu kompaksi pada penambahan MSG 0,5% yaitu 0,54 jam, penurunan waktu kompaksi jika dibandingkan dengan penambahan 0% MSG. Waktu kompaksi yang dihasilkan dari 3x pengulangan menghasilkan waktu kompaksi yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa pori yang dihasilkan dari membran tidak terlalu beda. Penurunan waktu kompaksi ini dikarenakan pori yang dihasilkan lebih mudah untuk mengalami deformasi mekanik, sehingga waktu yang diperlukan untuk konstan lebih cepat.

Penambahan MSG 1% dan 2% berturut-turut menghasilkan waktu kompaksi yang meningkat yaitu 0,68 jam dan 0,86 jam. Penambahan MSG 1% menghasilkan waktu kompaksi dengan selisih sedikit antara 3 membran yang digunakan, hal ini menunjukkan bahwa pori yang dihasilkan pada membran dengan penambahan 0% MSG hampir sama dan seragam.

Penambahan MSG 2% menghasilkan waktu kompaksi yang berbeda-beda (lampiran A). Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan MSG 2% menghasilkan pori yang berbeda, sehingga waktu kompaksi yang diperlukan juga sedikit berbeda walaupun sudah dilakukan dalam sekali pembuatan.

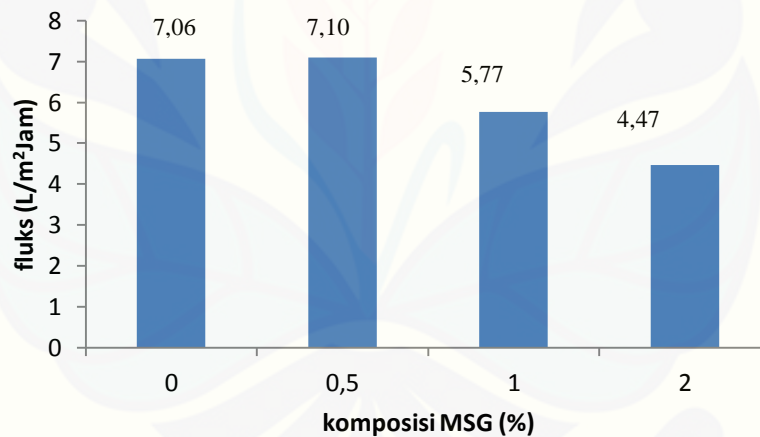
Penambahan MSG dengan variasi berbeda akan menghasilkan waktu kompaksi yang berbeda pula. Waktu kompaksi membran dengan 0% MSG menghasilkan waktu yang tinggi, kemudian menurun pada variasi 0% MSG. Ketika penambahan MSG diperbanyak maka waktu kompaksi akan meningkat pula, yaitu pada variasi 1% dan 2% MSG. Hal ini dikarenakan pengaruh MSG dalam bak koagulasi yang akan menghasilkan pori yang berbeda-beda.

Setelah dilakukan kompaksi kemudian menentukan nilai fluks air dengan mengalirkan air dalam sel ultrafiltrasi selama 1 jam. Hasil yang diperoleh dari sel ultrafiltrasi ini berupa volume permeat yang nantinya digunakan untuk perhitungan nilai fluks. Gambar 4.4 merupakan proses penentuan nilai fluks dengan sel ultrafiltrasi.



Gambar 4.4 proses fluks dengan sel ultrafiltrasi

Gambar 4.4 melewati air dalam sel ultrafiltrasi selama satu jam dengan memberikan perlakuan berupa pengadukan dan pemberian tekanan 2 bar. Volume yang dihasilkan berupa permeat yang nantinya akan digunakan untuk menentukan nilai fluks.



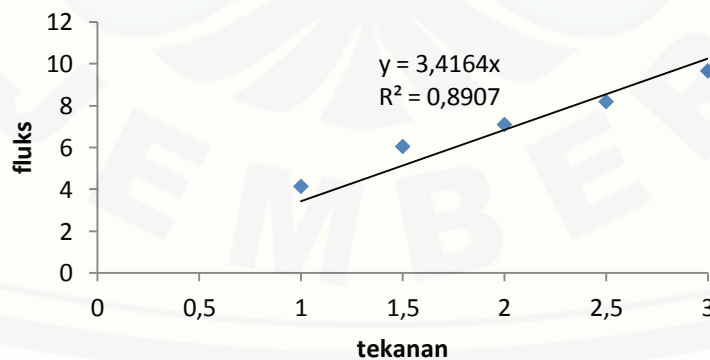
Gambar 4.5 Hubungan nilai fluks dengan variasi penambahan aditif MSG pada bak koagulasi

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dengan penambahan MSG dalam bak koagulasi akan menghasilkan nilai fluks yang semakin rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan penambahan MSG dalam bak koagulasi dapat mempengaruhi terbentuknya pori membran. Konsentrasi MSG dalam bak koagulasi

semakin besar akan menyebabkan proses difusi MSG dan asam format dalam larutan dengan nonpelarut yang berupa air dan MSG semakin lambat. Hal ini karena MSG dalam bak koagulasi akan mengganggu proses keluarnya pelarut serta MSG dari dalam larutan polimer. Proses difusi yang lambat ini menghasilkan pori yang rapat sehingga menghasilkan nilai fluks rendah. Fluks optimum memerlukan waktu kompaksi yang rendah, sedangkan fluks minimum memerlukan waktu kompaksi yang tinggi. Kemungkinan pori yang terbentuk pada membran dengan penambahan MSG 2% banyak, akan tetapi bentuknya tidak aturan sehingga memerlukan waktu kompaksi yang lama.

Berdasarkan uji statistik yang dilakukan dengan tingkat significant 5% nilai $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ yaitu $6,240 \geq 4,07$ sehingga kesimpulannya yaitu tolak H_0 yang menunjukkan bahwa variasi untuk penambahan MSG dalam bak koagulasi ada perbedaan. Uji nilai fluks dengan BNT (Beda Nyata Terkecil), yang bertujuan untuk menentukan apakah masing-masing perlakuan berbeda secara statistik. Hasil yang diperoleh berdasarkan lampiran G menyatakan bahwa terdapat beda nilai fluks antara MSG 0% terhadap MSG 2%, MSG 0,5%.

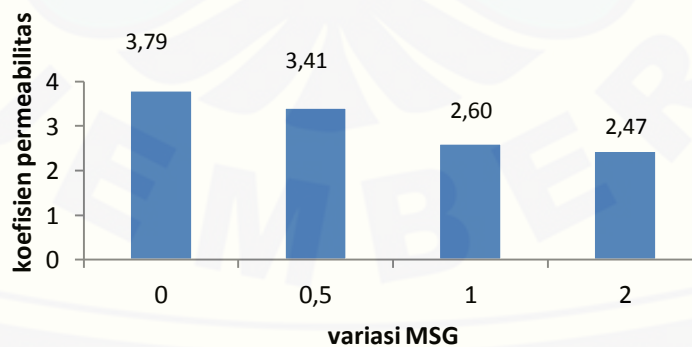
4.2 Pengaruh Variasi MSG dalam bak koagulasi terhadap Koefisien Permeabilitas (L_p)



Gambar 4.6 Koefisien Permeabilitas Membran dengan 0,5% MSG

Penambahan aditif MSG dalam bak koagulasi berpengaruh terhadap koefisien permeabilitas membran. Koefisien permeabilitas membran merupakan kemampuan suatu membran untuk dilewati suatu spesi per satuan tekanan. Koefisien permeabilitas membran merupakan gradien dari fluks dengan berbagai tekanan. Perlakuan yang diberikan yaitu tekanan yang berbeda yaitu 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 bar.

Grafik 4.6 menunjukkan bahwa semakin meningkat tekanan yang diberikan pada membran maka nilai fluks juga semakin meningkat. Hubungan dari fluks dan tekanan akan menghasilkan persamaan garis dengan nilai kemiringan (*slope*) yang berbeda. *Slope* dari persamaan garis yang diperoleh melewati titik (0,0) merupakan nilai koefisien permeabilitas (L_p). Koefisien permeabilitas merupakan besarnya perubahan nilai fluks yang terjadi ketika diberikan tekanan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh tekanan yang diberikan kepada larutan umpan akan mendesak larutan umpan untuk segera melewati pori-pori membran. Tekanan yang rendah akan menghasilkan kecepatan alir larutan umpan melewati membran yang rendah, sehingga nilai fluks yang dihasilkan rendah. Saat tekanan yang diberikan ditambah, desakan larutan umpan terhadap membran semakin besar sehingga kecepatan alir larutan umpan melewati membran akan bertambah besar, sehingga menghasilkan nilai fluks yang semakin besar. Perubahan fluks yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai perubahan tekanan. Nilai *slope* yang besar menunjukkan bahwa dengan perubahan tekanan yang kecil akan memperoleh perubahan nilai fluks besar.



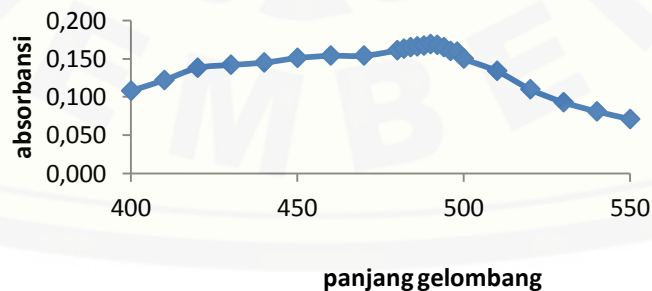
Gambar 4.7 Pengaruh penambahan variasi MSG pada bak koagulasi terhadap koefisien permeabilitas (L_p) membran selulosa asetat

Koefisien permeabilitas membran merupakan gradien kurva hubungan fluks air (J) terhadap tekanan (P). Koefisien permeabilitas berbanding lurus dengan nilai fluks sehingga koefisien permeabilitas yang tinggi akan menghasilkan nilai fluks yang tinggi. Penambahan MSG dalam bak koagulasi memberikan nilai koefisien permeabilitas yang berbeda. Semakin besar koefisien permeabilitas menunjukkan bahwa membran tersebut memiliki kemampuan yang baik, dengan menambah tekanan dalam jumlah kecil dapat menghasilkan perubahan nilai fluks yang tinggi.

Gambar 4.7 merupakan nilai koefisien permeabilitas sebanding dengan penambahan MSG. Jika dihubungkan dengan nilai fluks, fluks yang tinggi menghasilkan koefisien permeabilitas yang tinggi. Grafik koefisien permeabilitas yang dihasilkan dengan penambahan MSG dalam bak koagulasi semakin menurun. Hal ini dimungkinkan karena ukuran pori yang tidak merata pada membran, sehingga ketika diberi tekanan yang berbeda akan menghasilkan penambahan nilai fluks yang tidak rata sehingga nilai koefisien permeabilitas yang dihasilkan lebih kecil.

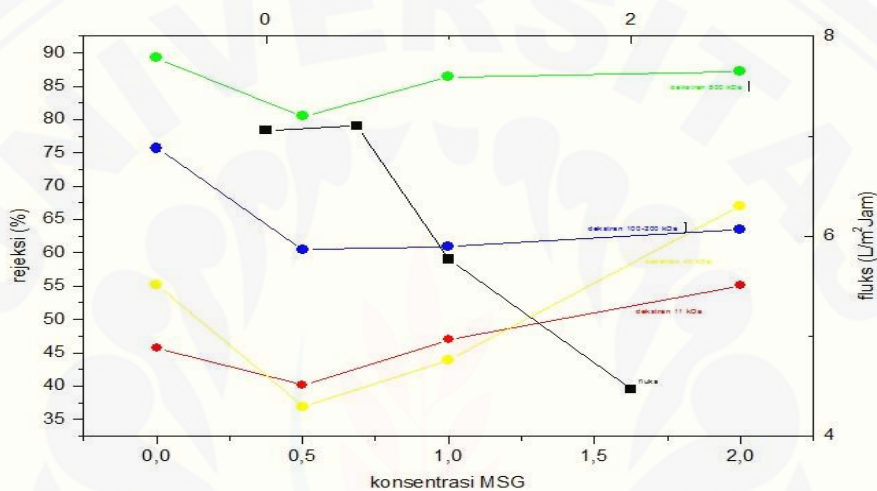
4.3 Pengaruh Variasi MSG dalam Bak Koagulasi terhadap Rejeksi

Penambahan MSG dalam bak koagulasi berpengaruh terhadap rejeksi membran selulosa asetat. Koefisien rejeksi merupakan ukuran selektifitas membran untuk melewatkan atau menahan suatu molekul. Ukuran yang dapat ditahan oleh membran ultrafiltrasi berkisar 10^3 - 10^8 Dalton (Mulder, 1996). Sebelum dilakukan uji rejeksi terlebih dahulu dilakukan *scanning* panjang gelombang maksimal yang diserap oleh dekstran.



Gambar 4.8 Scanning Panjang Gelombang

Hasil scanning panjang gelombang optimum yang diperoleh yaitu 490 nm untuk semua dekstran yang digunakan, yaitu 11, 40, 100-200, dan 500 kDa. Pemilihan larutan dekstran dipilih karena sifatnya yang tidak bereaksi dengan polimer utama yaitu selulosa asetat. Fraksi dekstran bersifat fleksibel yang berupa polimer panjang dan di dalam larutan berada sebagai gulungan yang dapat memanjang. Data lebih lengkap dalam memperoleh panjang gelombang dapat dilihat di lampiran D.



Gambar 4.9 Pengaruh penambahan MSG pada bak koagulasi terhadap nilai rejeksi membran selulosa asetat

Nilai rejeksi yang dihasilkan untuk dekstran 11, 40, 100-200, dan 500 kDa memiliki kecenderungan meningkat dengan naiknya konsentrasi MSG dalam bak koagulasi. Nilai fluks yang semakin rendah dengan bertambahnya konsentrasi MSG menghasilkan nilai rejeksi yang meningkat. Nilai fluks yang rendah kemungkinan memiliki pori yang rapat sehingga kemampuan untuk menolak larutan dekstran lebih besar, yang mengakibatkan nilai rejeksi tinggi.

Nilai rejeksi yang besar mengindikasikan bahwa ukuran pori yang dihasilkan oleh membran memiliki ukuran pori yang kecil, sehingga banyak dekstran yang tertolak dalam proses filtrasi. Tren penambahan konsentrasi MSG dalam bak koagulasi yaitu semakin meningkat konsentrasi maka rejeksi yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan nilai fluks yang dihasilkan, semakin tinggi nilai fluks

maka rejeksi akan semakin tinggi pula.

Membran dengan penambahan MSG 0% menghasilkan rejeksi yang tinggi. Sesuai dengan hasil SEM yang menunjukkan bahwa terdapat banyak pori dengan ukuran yang seragam. Penambahan MSG 0,5% menghasilkan nilai fluks paling tinggi tetapi nilai rejeksi rendah. Seiring dengan penambahan konsentrasi MSG dalam bak koagulasi, nilai rejeksi semakin meningkat. Penambahan MSG 2% yang menghasilkan nilai rejeksi tertinggi. Pori yang dihasilkan oleh membran dengan penambahan MSG 2% menghasilkan *sup layer* yang berbentuk macrovoid dengan pori yang kecil dan seragam di sekitarnya.

Pengujian rejeksi dilakukan dengan menggunakan berbagai macam ukuran dekstran. Dekstran dengan ukuran berat molekul yang besar akan menghasilkan nilai rejeksi yang besar pula, hal ini karena dekstran dengan berat molekul yang besar lebih sulit untuk melewati pori-pori membran yang dihasilkan. Kemampuan dekstran untuk melewati membran yang berbeda-beda tergantung pada pori yang dihasilkan oleh setiap membran. Nilai rejeksi meningkat seiring dengan berat molekul yang digunakan.

Berdasarkan hasil uji statistik yang telah dilakukan untuk berbagai macam dekstran pada berbagai membran dengan variasi jumlah MSG dalam bak koagulasi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 hasil uji statistik nilai rejeksi

Dekstran	F_{hitung}	F_{tabel}
11	2,411	4,070
40	6,890	4,070
100-200	1,803	4,070
500	15,090	4,070

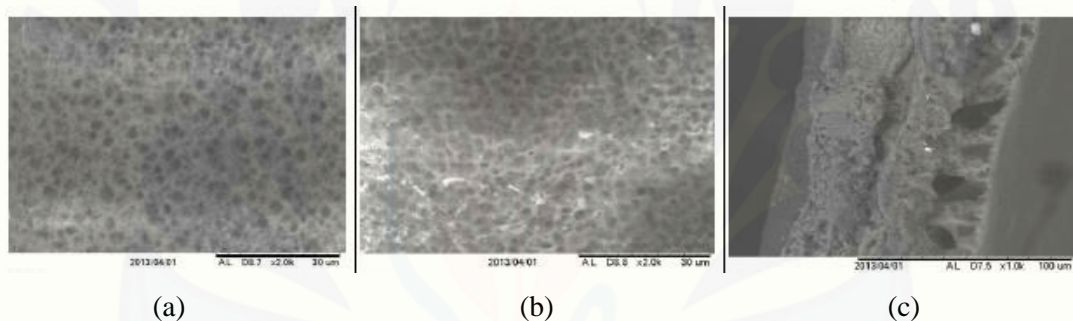
Nilai F_{hitung} yang dihasilkan untuk dekstran 40 dan 500 lebih besar daripada F_{tabel} sehingga kesimpulannya tolak H_0 yang menyatakan bahwa variasi MSG dalam berbagai variasi ada perbedaan. Sedangkan untuk nilai F_{hitung} yang dihasilkan oleh

dekstran 11 dan 100-200 lebih kecil dari F tabel sehingga kesimpulannya bahwa variasi jumlah MSG dalam bak koagulasi tidak menunjukkan perbedaan.

Berdasarkan lapiran G menyatakan bahwa untuk MSG 0% tidak memiliki rejeksi yang berbeda untuk penambahan 0,5%, 1%, dan 2%. Perbedaan yang ada terdapat pada MSG 1% terhadap MSG 0,5% dan sebaliknya untuk dekstran 11 kDa. Selanjutnya untuk dekstran 40, 100-200, dan 500 kDa dapat dilihat dalam lampiran G untuk rejeksi yang berbeda.

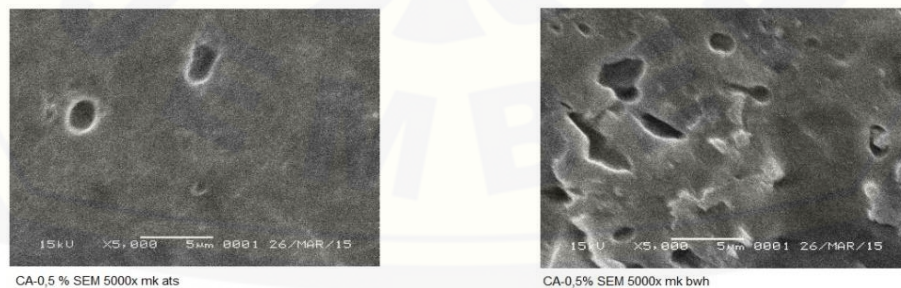
4.4 Pengaruh Variasi MSG dalam Bak Koagulasi terhadap *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Scanning Electron Microscope (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi dari membran selulosa asetat dengan variasi penambahan MSG dalam bak koagulasi.



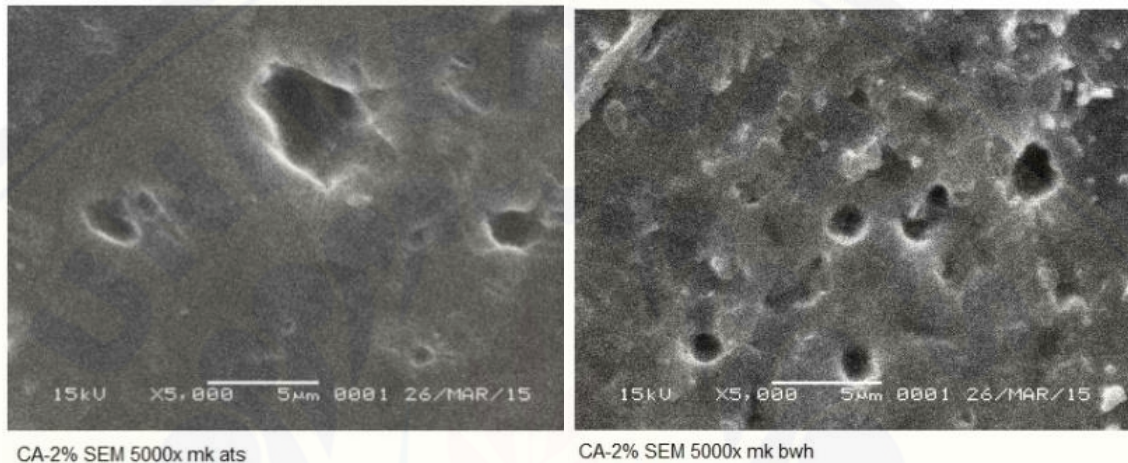
Gambar 4.10 SEM membran selulosa asetat dengan 0% MSG a) permukaan atas, b) permukaan bawah, dan c) penampang melintang (Yunita, 2013)

Gambar 4.10 merupakan hasil SEM dengan penambahan 0% yang menghasilkan pori yang hampir sama pada permukaan atas dan bawah. Hal ini didukung dengan nilai fluks yang tinggi dan permeabilitas yang tinggi.



Gambar 4.11 SEM membran dengan penambahan 0,5% MSG bagian atas (kiri) dan bagian bawah (kanan)

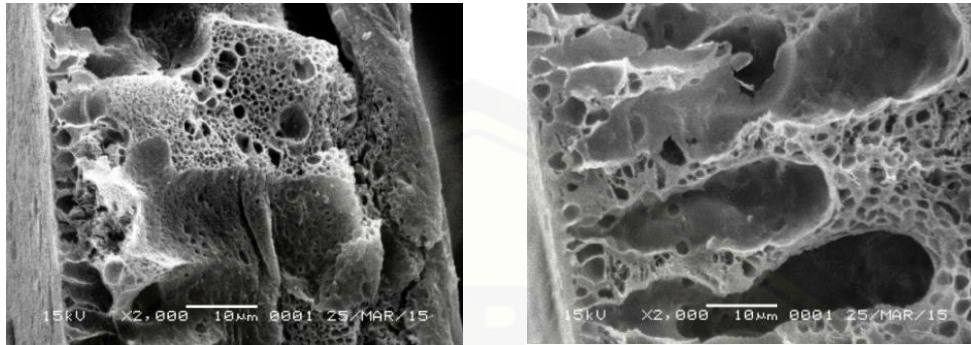
Gambar 4.11 merupakan hasil SEM dari penambahan 0,5 MSG dalam bak koagulasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa permukaan atas berbeda dengan permukaan bawah. Bagian *top layer* menghasilkan pori yang rapat dan sedikit pori yang besar sedangkan bagian bawah nampak banyak terdapat pori.



Gambar 4.12 SEM membran dengan penambahan 2% MSG bagian atas (kiri) dan bagian bawah (kanan)

Gambar 4.12 menunjukkan hasil SEM untuk penambahan 2% MSG dalam bak koagulasi. Membran yang diperoleh menghasilkan pori yang rapat pada bagian atas, serta menghasilkan bagian permukaan bawah yang memiliki pori yang lebih banyak.

Berdasarkan hasil SEM dapat dikatakan bahwa membran yang terbentuk merupakan membran asimetris. Nilai fluks air yang dihasilkan ketika permukaan atas digunakan nilainya lebih kecil jika dibandingkan dengan ketika permukaan bawah. Hal ini terjadi karena dengan penambahan MSG akan terjadi proses *delay demixing*. Proses ini akan memperlambat proses difusi sehingga akan dihasilkan pori yang lebih rapat pada bagian permukaan membran. Penambahan MSG berpengaruh terhadap pembentukan pori bagian sub layer. Hasil SEM menunjukkan bahwa sub layer pada penambahan 2% MSG lebih tertata dan jumlah macrovoidnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan penambahan MSG 0,5% yang menghasilkan macrovoid lebih besar.



Gambar 4.13 SEM penampang melintang dengan penambahan 0,5% MSG (kiri) dan 2% MSG (kanan) dengan perbesaran 2000x

Penambahan MSG 0,5% menghasilkan pori yang lebih lebar pada bagian sup layer jika dibandingkan dengan penambahan MSG 2%. Penambahan MSG 2% (kiri) menghasilkan pori yang rapat pada permukaan atas. Sekilas nampak bahwa permukaan atas pada membran dengan penambahan 0,5% MSG sama dengan 2% MSG akan tetapi pada permukaan melintang terlihat jelas bahwa bagian sub layer dari kedua membran berbeda. Membran dengan penambahan 0,5% menghasilkan pori yang berongga besar, sedangkan 2% menghasilkan *macrovoid* yang dikelilingi pori dengan ukuran yang lebih kecil dan rata.

Hasil SEM menunjukkan bahwa dengan penambahan MSG sebanyak 2% menghasilkan pori yang lebih kecil jika dibandingkan dengan penambahan MSG 0,5%. Hal ini sesuai dengan nilai fluks yang dihasilkan, nilai fluks dengan penambahan MSG 0,5% menghasilkan nilai fluks sebesar 7,10 L/m²Jam sedangkan untuk penambahan MSG 2% menghasilkan nilai fluks yang lebih rendah yaitu 4,47 L/m²Jam.

Berdasarkan nilai koefisien permeabilitas membran selulosa asetat dengan penambahan MSG 0,5% nilainya 2,636 sedangkan untuk MSG 2% nilainya 2,470. Jika dikaitkan dengan gambar SEM dapat dijelaskan bahwa pori-pori membran dengan penambahan 0,5% lebih besar sehingga menyebabkan kemampuan untuk melewatkan air lebih banyak sehingga nilai fluksnya tinggi. Sedangkan untuk membran dengan penambahan 2% MSG menghasilkan ukuran pori-pori yang lebih

kecil dan rapat, sehingga menghasilkan nilai fluks yang rendah dengan koefisien permeabilitas yang rendah pula.

Rejeksi membran selulosa asetat semakin meningkat dengan bertambahnya MSG dalam bak koagulasi. Rejeksi yang meningkat berbanding terbalik dengan fluks. Semakin kecil nilai fluks yang diperoleh, maka akan rejeksi akan semakin meningkat. Air yang dilewatkan dalam sel ultrafiltrasi akan semakin sedikit, sehingga yang tertahan akan lebih banyak. Ketika dekstran dengan BM yang berbeda digunakan, maka bagian retentat akan memiliki konsentrasi yang lebih tinggi karena yang lolos hanya sebagian kecil dari konsentrasi dekstran. Hal ini dapat dikaitkan dengan gambar SEM yang menunjukkan bahwa pada penampang melintang membran dengan fluks terendah yaitu 2% memiliki pori bagian *sub layer* yang macrovoid serta pori-pori kecil disekitar yang lebih tertata . Hal ini yang mengakibatkan larutan dekstran banyak yang tertahan sehingga rejeksinya bernilai besar.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan konsentrasi MSG menurunkan nilai fluks dan koefisien permeabilitas tetapi dengan hasil statistik penambahan 0% hanya berbeda dengan 0,5% dan 2%.
2. Nilai rejeksi desktran 11, 40, 100-200 dan 500 kDa meningkat dengan bertambahnya konsentrasi MSG dalam bak koagulasi, secara statistik yang menunjukkan perbedaan hanya pada BM 40 dan 500 kDa.
3. Morfologi pori sub layer dari membran dengan penambahan 2% MSG lebih teratur jika dibandingkan dengan penambahan 0,5%.

5.2 Saran

Ada beberapa hal penting yang perlu dilengkapi untuk menyempurnakan penelitian ini, perlu diulangi lagi untuk penambahan MSG 2% dan penggunaan zat aditif lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrahman, Nasrul. 2012. *Konsep Dasar Proses Pembuatan Membran Berpori dengan Metode Non-Solvent Induced Phase Separation - Penentuan Cloud Point Dan Diagram Tiga Phasa*. Kuala : Universitas Syiah Kuala.
- Baker, R. W. 2004. *Membrane Technology and Applications Second Edition*. Inggris : British Library.
- Bandrub, J. John, W & Son. 1975. *Handbook Polimer Edisi ke 2*. New York.
- Bungay, P.M., Lonsdale, H.K. & de Pinho, M.N. (Ed). 1986. *Synthetic Membranes: Science Engineering and Applications*. Maryland: NATO ASI Series.
- Fessenden, Ralp J. dan Joan S. Fessenden. 1989. *Kimia organik. Jilid 2. Edisi ketiga. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka dari Organic Chemistry (1989)*. Jakarta : penerbit Erlangga. Halaman 353.
- Idris, A, Kee, C.M, dan Ahmed, I. 2008. *Effect of Monosodium Glutamate Additive On Performance Of Dialysis Membrane*. *J. Sci. Technol.* Vol 3(2): 172 – 179.
- Irfan. Y.A.P. 2008. “Membran Ultrafiltrasi Polisulfon, modifikasi dengan teknik inversi fasa sekaligus kajiannya terhadap fouling protein”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : UNEJ.
- Javiya, Yogesh, Gupta, Singh, Bhattacharya. et al. 2008. *Porometry Studies of The Polysulfone Membrane on Addition of Poly(Ethylene Glycol) in Gelation Bath During Preparation*. Vol 52 (2): 140-144.
- Kesting, R. E. 1971. *Synthetic Polymeric Membranes*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Mahendran, R., Malaisamy, R., DAN Mohan, D.R. (2004) *Cellulose acetate and polyethersulfone blend ultrafiltration membranes. Part I: Preparation and characterizations, Polymer Advanced Technologies*, Vol 15(2), 149-157.
- Mark, H.F., Ketta, J. Mc.J & Othmer, D. F. 1968. *Encyclopedia of Chemical Tehnology*. Second Edition. Vol 4. New York: Interscience Publisher a Devision of John Wiley & Son.

- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology*. 2nd edition. Dordrecht : Kluwer Academic Publisher.
- Osada, Y. & T. Nakagawa. 1992. *Membrane Science and Technology*. New york : Marcel Dekker, Inc.
- Pharmacosmos.A/S.2006.*DextranStrukture*.(http://www.dekstran.net/dekstran_strukture.html).
- Radiman,C. L & Eka, I. 2007. *Pengaruh Jenis Koagulan Terhadap Morfologi dan Karakteristik Membran Selulosa Asetat*. Vol 11 (2): 80-84.
- Saunders, K. J. 1994 *Organic Polymer Chemistry. Second Edition*. London : Black Academic and Profesional. P. 303-304.
- Vught, V. F. A. 1998. *Membrane Formation By Phase Investion In Multicomponent Polymer Systems*. Hoogstraten : Willem farnciscus catherina.
- Wade, L.G. 2010. *Organic Chemistry. Seventh Edition*. USA : Pearson Education, Inc.
- Wenten, I .G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Penerbit ITB.
- Wibowo, A. 2008. “Studi Kinerja Membran Ultrafiltrasi Berbasis Selulosa Asetat untuk Klarifikasi Sari Buah Naga (*Hylocereus sp.*)”.Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Widayanti, N. 2013. “Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Komposisi Pelarut Aseton Dan Asam Format”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Yitnosumarto, S. 1993. *Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yunita, H. 2013. “Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Aditif Monosodium Glutamate (MSG) terhadap Karakter Membran Cellulose Acetate (CA)”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember.

Lampiran A. Waktu kompaksi membran selulosa asetat

Lampiran A1. Tekanan 1 bar

V 1 ml ke	0%						0,5%						1 %						2 %					
	t ₁ (jam)	fluk s	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluk s	t ₁ (jam)	fluk s	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks
1	0,01	84,6	0,01	49,9	0,09	6,04	0,11	4,76	0,04	13,1	0,01	40,5	0,05	11,9	0,02	27,8	0,13	4,18	0,15	3,58	0,01	55,6	0,03	19,1
2	0,01	55,6	0,02	28,2	0,13	4,14	0,12	4,42	0,08	6,60	0,04	14,2	0,13	4,16	0,04	13,4	0,15	3,69	0,15	3,52	0,02	28,2	0,17	3,21
3	0,01	54,1	0,02	22,9	0,15	3,67	0,12	4,34	0,09	5,74	0,07	7,37	0,13	4,05	0,06	8,53	0,17	3,12	0,16	3,49	0,03	19,5	0,29	1,89
4	0,01	44,2	0,03	17,5	0,17	3,20	0,12	4,33	0,12	4,55	0,09	5,90	0,14	3,89	0,07	7,40	0,17	3,10	0,16	3,46	0,06	8,93	0,33	1,63
5	0,02	27,4	0,06	9,78	0,18	3,07	0,13	4,32	0,13	4,18	0,10	5,19	0,16	3,43	0,08	6,44	0,17	3,10	0,16	3,40	0,12	4,36	0,36	1,50
6	0,02	25,3	0,07	7,40	0,20	2,70	0,13	4,32	0,14	3,90	0,11	4,89	0,16	3,46	0,10	5,64	0,17	3,10	0,16	3,30	0,16	3,47	0,43	1,27
7	0,03	19,1	0,11	5,04	0,20	2,70	0,13	4,27	0,13	4,11	0,12	4,57	0,16	3,36	0,09	6,28		0,17	3,24	0,15	3,53	0,49	1,10	
8	0,03	18,9	0,13	4,19	0,20	2,70	0,13	4,20	0,14	3,89	0,12	4,57	0,17	3,27	0,09	6,26		0,17	3,24	0,16	3,35	0,49	1,10	
9	0,03	17,9	0,15	3,65			0,13	4,05	0,14	3,89	0,10	5,32	0,17	3,24	0,08	6,88		0,17	3,24	0,16	3,33	0,49	1,10	
10	0,03	17,1	0,15	3,53			0,13	4,05	0,14	3,89	0,13	4,10	0,17	3,24	0,10	5,48			0,18	3,01				
11	0,04	13,1	0,16	3,36			0,13	4,05			0,13	4,09	0,17	3,24	0,12	4,66			0,18	2,97				
12	0,04	12,5	0,15	3,50											0,12	4,66			0,18	2,95				
13	0,05	12,0	0,18	2,97											0,13	4,11			0,18	2,95				
14	0,06	9,73	0,12	4,63											0,15	3,56			0,18	2,95				
15	0,06	9,22	0,11	5,07											0,13	4,02								
16	0,06	8,35	0,14	3,92											0,15	3,67								
17	0,07	8,21	0,14	3,91											0,16	3,40								
18	0,07	7,94	0,14	3,91											0,17	3,27								
19	0,08	7,21	0,14	3,91											0,17	3,27								
20	0,09	5,88													0,17	3,27								
21	0,10	5,42																						
22	0,09	6,10																						
23	0,09	6,34																						
24	0,09	6,18																						
25	0,09	6,18																						
26	0,09	6,18																						
ε	1,35		2,02		1,31		1,39		1,15		1,55		1,59		2,18		0,97		1,44		1,78		3,08	

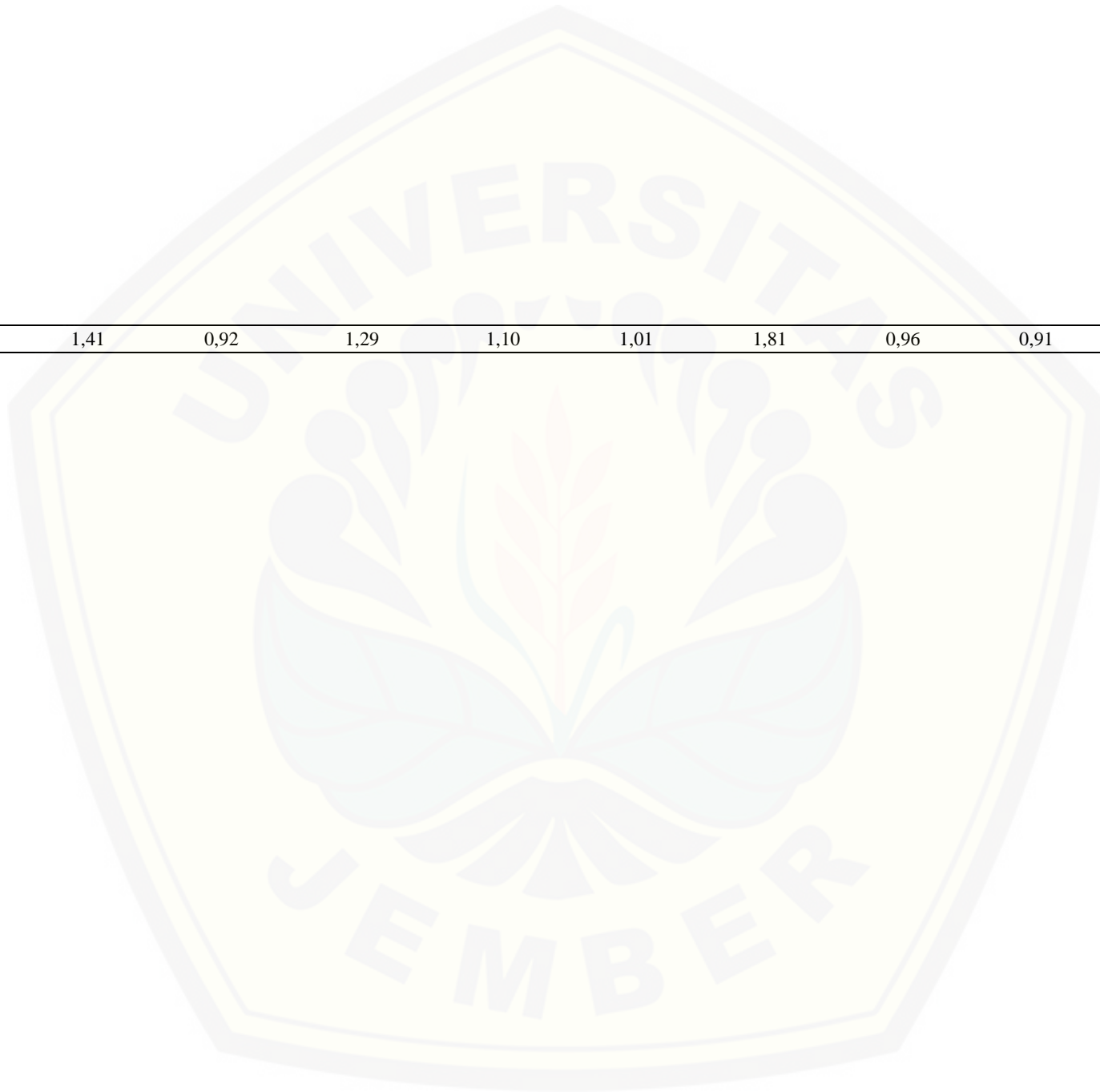
Lampiran A2. tekanan 1,5 bar

V l ml ke	0%						0,5%						1 %						2 %					
	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks
1	0,01	60,8	0,06	9,73	0,08	7,05	0,08	6,78	0,07	7,85	0,05	10,4	0,08	6,93	0,05	10,0	0,09	5,76	0,09	5,71	0,10	5,36	0,26	2,07
2	0,01	42,3	0,07	8,04	0,11	4,88	0,08	6,42	0,08	6,93	0,09	6,30	0,10	5,69	0,10	5,58	0,12	4,62	0,11	4,76	0,15	3,51	0,29	1,88
3	0,02	38,9	0,07	7,43	0,10	5,59	0,09	5,93	0,08	6,85	0,08	6,42	0,12	4,59	0,10	5,48	0,12	4,60	0,12	4,61	0,15	3,53	0,29	1,84
4	0,02	34,7	0,08	6,38	0,10	5,56	0,09	6,10	0,08	6,80	0,09	6,22	0,11	4,82	0,11	5,15	0,13	4,04	0,12	4,60	0,16	3,43	0,35	1,53
5	0,02	29,0	0,09	6,16	0,10	5,39	0,09	5,90	0,09	6,30	0,09	5,84	0,12	4,40	0,11	4,77	0,13	4,02	0,12	4,56	0,16	3,40	0,35	1,53
6	0,02	31,4	0,09	6,16	0,11	5,08	0,09	5,72	0,10	5,67	0,08	6,44	0,11	4,86	0,12	4,58	0,13	4,02	0,12	4,54	0,17	3,24	0,35	1,53
7	0,03	23,2	0,09	5,83	0,11	4,86	0,10	5,53	0,09	5,90	0,08	6,44	0,13	4,31	0,12	4,59	0,13	4,02	0,12	4,54	0,17	3,24		
8	0,03	20,7	0,10	5,23	0,13	4,12	0,10	5,58	0,10	5,67	0,08	6,44	0,13	4,31	0,13	4,18			0,12	4,54	0,17	3,24		
9	0,03	21,6	0,10	5,23	0,11	4,72	0,10	5,58	0,09	6,26	0,09	6,18	0,13	4,31	0,13	4,13								
10	0,03	19,7	0,10	5,23	0,12	4,69	0,10	5,58	0,09	6,06	0,09	6,12			0,13	4,18								
11	0,03	20,1			0,12	4,63			0,09	6,14	0,09	6,01			0,13	4,18								
12	0,03	17,1			0,12	4,63			0,09	6,32	0,09	6,01			0,13	4,01								
13	0,04	17,7			0,12	4,63			0,09	6,01	0,09	6,01			0,15	3,54								
14	0,04	15,3							0,09	6,01					0,15	3,54								
15	0,04	14,6							0,09	6,01					0,15	3,54								
16	0,05	12,6																						
17	0,05	11,5																						
18	0,04	11,7																						
19	0,05	12,6																						

Digital Repository Universitas Jember

20	0,05	10,5
21	0,05	10,5
22	0,06	10,5
23	0,06	9,45
24	0,06	9,01
25	0,06	8,46
26	0,06	8,46

ϵ	0,99	0,86	1,41	0,92	1,29	1,10	1,01	1,81	0,96	0,91	1,22	1,90
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



Lampiran A3. Tekanan 2 bar

V 1 ml ke	0%						0,5%						1 %						2 %					
	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks
1	0,01	88,5	0,02	34,7	0,01	97,3	0,05	10,5	0,02	28,2	0,01	38,2	0,01	52,6	0,03	20,3	0,03	20,1	0,05	11,2	0,01	67,1	0,08	7,21
2	0,01	46,3	0,02	23,2	0,01	72,1	0,07	8,21	0,04	13,5	0,01	25,3	0,03	18,2	0,05	10,0	0,03	18,0	0,07	7,98	0,01	38,2	0,17	3,24
3	0,02	33,0	0,04	12,7	0,01	55,6	0,07	8,07	0,05	10,8	0,02	14,4	0,05	9,88	0,07	7,26	0,08	7,15	0,07	7,94	0,02	23,4	0,17	3,15
4	0,03	18,2	0,06	9,7	0,01	48,6	0,07	7,98	0,06	9,49	0,04	11,1	0,07	7,57	0,09	6,26	0,09	6,32	0,07	7,32	0,05	11,9	0,18	2,96
5	0,05	11,6	0,06	9,1	0,02	34,7	0,07	7,94	0,06	8,73	0,05	13,4	0,07	7,23	0,09	6,24	0,09	5,88	0,08	6,78	0,07	7,37	0,18	2,94
6	0,07	8,30	0,06	8,7	0,02	27,8	0,07	7,69	0,06	8,35	0,04	12,0	0,08	7,00	0,09	6,22	0,09	5,72	0,08	6,64	0,09	6,01	0,18	2,93
7	0,07	7,50	0,06	8,4	0,02	22,4	0,07	7,23	0,07	8,01	0,05	11,2	0,08	7,00	0,09	6,10	0,10	5,54	0,08	6,51	0,10	5,39	0,19	2,82
8	0,07	7,34	0,07	8,1	0,03	17,9	0,07	7,23	0,07	8,01	0,05	10,0	0,09	6,36	0,09	6,10	0,10	5,54	0,08	6,44	0,11	4,95	0,20	2,76
9	0,08	7,13	0,07	8,0	0,03	16,1	0,08	6,95	0,07	8,01	0,05	7,5	0,09	6,36	0,09	6,10	0,10	5,54	0,09	6,01	0,11	4,80	0,20	2,71
10	0,08	7,13	0,07	7,69	0,04	14,3	0,08	6,95			0,07	7,5	0,09	6,36					0,09	6,01	0,11	4,80	0,20	2,69
11	0,08	7,13	0,07	7,40	0,04	14,0	0,08	6,95			0,07	7,5							0,09	6,01	0,11	4,80	0,20	2,69
12			0,07	7,23	0,05	10,7					0,07	7,5											0,20	2,69
13			0,07	7,23	0,05	9,9																		
14			0,07	7,23	0,06	9,7																		
15					0,06	8,4																		
16					0,07	8,2																		
17					0,07	8,0																		
18					0,07	7,3																		
19					0,08	6,9																		
20					0,08	6,7																		
21					0,08	6,7																		
22					0,08	6,7																		

ϵ	0,55	0,83	0,99	0,77	0,50	0,54	0,65	0,68	0,70	0,86	0,80	2,16
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



Lampiran A4. Tekanan 2,5 bar

V 1 ml ke	0%						0,5%						1 %						2 %					
	t ₁ (jam)	fluk s	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks
1	0,05	9,88	0,03	16,2	0,05	11,1	0,04	15,4	0,00	122	0,05	11,9	0,04	14,3	0,03	20,3	0,03	16,0	0,04	12,8	0,00	649	0,04	13,8
2	0,06	9,45	0,04	12,6	0,06	9,3	0,04	13,5	0,01	67,1	0,05	10,8	0,04	13,7	0,04	14,7	0,03	15,7	0,04	12,3	0,00	389	0,05	11,8
3	0,06	9,40	0,04	12,6	0,06	9,4	0,05	11,6	0,01	64,9	0,06	9,49	0,04	13,6	0,04	13,9	0,04	15,5	0,06	8,63	0,00	278	0,05	10,9
4	0,06	9,45	0,05	11,5	0,06	9,0	0,05	11,0	0,01	55,6	0,06	8,57	0,04	12,9	0,05	11,5	0,04	13,4	0,06	8,44	0,00	324	0,05	11,6
5	0,06	9,27	0,05	11,3	0,06	8,4	0,05	10,6	0,01	49,9	0,06	9,01	0,04	12,5	0,05	11,6	0,04	14,8	0,07	7,90	0,01	97,3	0,05	11,7
6	0,06	9,18	0,05	10,4	0,07	8,0	0,05	10,5	0,01	40,5	0,07	7,94	0,04	12,4	0,05	10,5	0,04	13,7	0,07	7,80	0,00	177	0,05	11,5
7	0,06	9,18	0,05	10,5	0,06	8,6	0,05	10,2	0,02	31,9	0,06	8,57	0,04	12,3	0,05	10,5	0,04	12,2	0,07	7,62	0,00	139	0,05	11,5
8	0,06	9,73	0,05	10,0	0,07	8,2	0,06	9,5	0,03	21,2	0,06	9,54	0,05	10,3	0,06	8,90	0,05	12,0	0,07	8,13	0,01	108	0,05	11,8
9	0,06	9,63	0,05	10,8	0,07	8,1	0,05	10,5	0,03	17,7	0,06	9,31	0,05	10,4	0,06	9,47	0,05	11,8	0,06	8,52	0,01	108	0,05	10,8
10	0,06	9,49	0,05	10,1	0,07	8,1	0,05	10,6	0,04	12,4	0,06	8,42	0,05	10,4	0,07	8,33	0,05	11,0	0,07	7,74	0,01	84,6	0,05	10,7
11	0,06	9,45	0,06	9,1	0,06	8,5	0,05	10,6	0,05	11,0	0,06	8,93	0,05	10,0	0,06	8,86	0,04	12,2	0,08	7,22	0,01	74,8	0,05	10,5
12	0,06	9,27	0,05	10,4	0,07	8,3	0,05	10,5	0,06	9,45	0,07	8,21	0,06	9,85	0,06	9,61	0,06	8,48	0,08	7,14	0,01	57,2	0,05	10,4
13	0,06	8,89	0,05	10,2	0,07	8,3	0,06	9,83	0,06	8,39	0,06	8,39	0,06	8,82	0,06	8,75	0,06	8,86	0,07	7,47	0,01	55,6	0,06	9,76
14	0,06	8,57	0,05	10,2	0,07	8,3	0,05	9,93	0,06	8,53	0,07	8,01	0,07	8,26	0,06	9,61	0,06	8,86	0,07	8,13	0,01	51,2	0,06	9,52
15	0,06	8,53	0,05	10,1	0,07	8,3	0,06	9,36	0,06	8,73	0,06	8,46	0,07	7,50	0,07	7,77	0,06	8,67	0,08	7,22	0,01	41,4	0,06	9,47
16	0,07	8,18	0,05	10,6	0,06	8,9	0,06	9,09	0,06	8,39	0,06	8,65	0,08	6,87	0,06	8,71	0,07	8,26	0,08	7,22	0,01	39,7	0,06	9,56
17	0,07	7,88	0,06	9,4	0,06	9,0	0,06	9,09	0,06	8,35	0,07	7,82	0,08	6,87	0,06	8,37	0,06	8,86	0,08	7,22	0,02	29,9	0,06	8,71
18	0,07	7,88	0,05	10,8	0,06	8,5	0,06	8,65	0,07	7,54	0,06	8,81	0,08	6,87	0,07	7,80	0,06	8,75			0,03	20,7	0,07	8,06
19	0,07	7,85	0,06	8,5	0,06	8,5	0,06	8,65	0,07	7,48	0,06	8,61			0,06	8,41	0,06	8,78			0,03	19,7	0,07	7,74
20	0,07	8,04	0,06	9,2	0,07	8,0	0,06	8,65	0,07	7,48	0,07	8,32			0,06	8,41	0,06	8,90			0,02	23,4	0,07	7,50
21	0,07	7,82	0,06	9,3	0,06	9,4			0,07	7,48	0,07	8,32			0,06	8,41	0,06	9,80			0,02	26,3	0,08	7,15
22	0,07	7,82	0,05	10,2	0,06	9,1					0,07	8,32			0,07	7,50	0,06	8,48			0,02	23,2	0,08	7,10
23	0,07	7,82	0,06	9,8	0,06	9,8					0,07	8,32			0,08	7,09	0,07	7,68			0,03	21,6	0,08	7,10
24			0,05	10,1	0,06	9,2									0,08	6,77	0,07	7,68			0,03	19,9	0,08	7,10
25			0,06	9,2	0,06	9,0									0,08	6,77	0,08	6,96			0,03	17,9		

Digital Repository Universitas Jember

26	0,06	9,7	0,06	8,7				0,08	6,77	0,08	7,01	0,03	17,9
27	0,06	9,1	0,06	9,0						0,08	6,84	0,03	19,7
28	0,06	9,4	0,06	8,9						0,08	6,82	0,03	17,5
29	0,06	9,4	0,06	8,9						0,08	6,61	0,03	16,9
30			0,06	8,9						0,08	6,61	0,03	16,0
31										0,08	6,61	0,03	17,5
32												0,04	14,5
33												0,08	6,66
34												0,06	8,35
35												0,08	6,69
36												0,07	8,11
37												0,07	8,11
38												0,07	8,11
ε	1,42	1,59	1,85	1,07	0,88	1,43	0,99	1,57	1,83	1,14		0,97	1,38

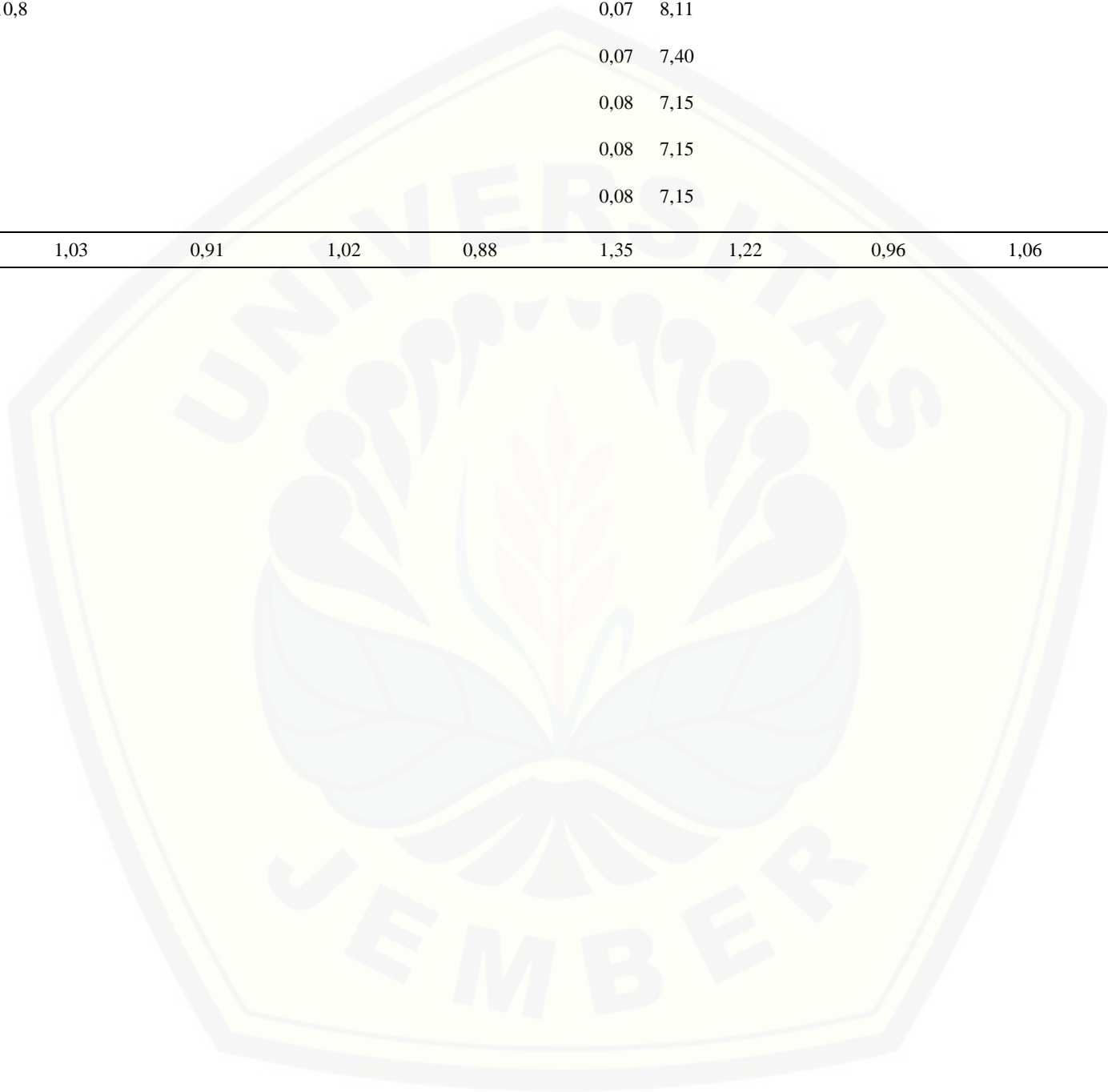
Lampiran A5. Tekanan 3 bar

V 1 ml ke	0%						0,5%						1 %						2 %					
	t ₁ (jam)	fluk s	t ₂ (jam)	fluk s	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluk s	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks	t ₁ (jam)	fluks	t ₂ (jam)	fluks	t ₃ (jam)	fluks
1	0,03	15,7	0,03	20,7	0,03	15,8	0,05	12,0	0,04	13,0	0,03	18,4	0,03	18,4	0,05	10,6	0,02	22,9	0,05	10,4	0,09	6,08	0,02	26,7
2	0,04	14,9	0,04	14,3	0,05	11,9	0,05	10,0	0,04	12,3	0,04	12,6	0,04	12,6	0,06	8,97	0,03	16,5	0,06	8,53	0,10	5,69	0,03	16,4
3	0,04	12,7	0,04	12,2	0,05	11,9	0,05	10,5	0,05	10,8	0,04	12,6	0,05	9,88	0,07	7,94	0,04	15,1	0,07	8,25	0,10	5,67	0,06	9,40
4	0,04	12,7	0,05	11,8	0,04	12,6	0,06	9,59	0,05	10,5	0,05	9,9	0,05	11,2	0,07	7,66	0,05	11,8	0,08	6,93	0,10	5,59	0,08	6,78
5	0,04	12,3	0,05	12,0	0,05	11,2	0,06	9,40	0,05	10,5	0,05	11,2	0,05	10,5	0,07	7,57	0,05	11,8	0,06	8,57	0,11	4,84	0,09	6,26
6	0,05	11,7	0,04	12,2	0,05	11,2	0,06	9,01	0,05	10,0	0,05	10,5	0,05	10,7	0,07	8,04	0,05	11,8	0,07	8,14	0,11	5,15	0,10	5,44
7	0,05	11,1	0,05	11,1	0,05	10,4	0,06	9,22	0,05	10,0	0,05	10,7	0,05	10,8	0,07	7,66	0,06	9,63	0,07	8,25	0,12	4,68	0,06	8,77
8	0,05	11,1	0,06	9,8	0,04	12,3	0,06	9,54	0,05	10,0	0,05	10,8	0,05	10,8	0,06	8,46	0,06	9,49	0,07	8,25	0,13	4,27	0,07	7,23
9	0,05	11,1	0,05	10,7	0,05	10,8	0,05	10,1	0,05	9,93	0,05	10,8	0,05	10,8	0,07	8,04	0,06	8,97	0,06	9,59	0,13	4,25	0,09	6,14
10	0,05	10,7	0,05	10,3	0,06	9,78	0,06	9,83	0,06	9,49	0,05	10,8	0,04	12,7	0,07	7,66	0,06	8,85	0,07	7,98	0,12	4,61	0,09	6,14
11	0,05	10,6	0,04	12,4	0,06	8,35	0,05	10,0	0,06	8,93	0,04	12,7	0,06	9,22	0,07	7,57	0,06	8,57	0,06	8,61	0,12	4,61	0,09	6,14
12	0,05	10,2	0,05	11,6	0,06	9,31	0,06	9,05	0,06	8,65	0,05	10,2	0,05	10,7	0,06	8,50	0,07	8,11	0,07	7,91	0,12	4,61		
13	0,05	10,1	0,05	11,1	0,06	9,73	0,06	8,81	0,06	9,05	0,05	10,7	0,05	10,5	0,06	8,46	0,07	7,98	0,07	7,66				
14	0,06	9,73	0,05	11,7	0,06	9,78	0,06	9,05	0,05	10,5	0,05	10,5	0,06	8,85	0,07	8,11	0,07	7,48	0,07	7,57				
15	0,06	9,73	0,05	10,8	0,05	10,1	0,06	9,05	0,06	9,78	0,05	10,0	0,05	10,0	0,07	7,66	0,08	7,13	0,07	7,57				
16	0,06	9,73	0,05	10,4	0,06	9,83	0,06	9,05	0,05	10,1	0,05	10,0	0,05	10,0	0,07	7,32	0,08	7,13	0,07	7,57				
17			0,05	10,6	0,06	9,83			0,06	9,83	0,05	10,0	0,05	10,0	0,07	7,32	0,08	7,13						
18			0,05	10,8	0,06	9,73			0,06	9,83	0,05	10,0	0,06	8,85	0,07	7,32								
19			0,05	10,8	0,06	9,73			0,06	9,83			0,07	8,28										

Digital Repository Universitas Jember

20	0,05	10,8						0,07	8,11
21								0,07	7,40
22								0,08	7,15
23								0,08	7,15
24								0,08	7,15

ε	0,78	0,94	1,03	0,91	1,02	0,88	1,35	1,22	0,96	1,06	1,31	0,78
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



Lampiran B. Fluks Air Membran Selulosa Asetat

Variasi konsentrasi MSG (%)	Volume permeat . 10 ⁻³ (Liter)			Waktu alir (Jam)	Luas Membran (m ²)	Fluks (L/m ² Jam)			Rata-rata
	1	2	3			1	2	3	
0	0,0136	0,0132	0,0124	1	0,00185	7,35	7,14	6,70	7,06
0,5	0,0126	0,0136	0,0132	1	0,00185	6,80	7,40	7,10	7,10
1	0,0108	0,0112	0,0100	1	0,00185	5,84	6,05	5,41	5,77
2	0,0110	0,0088	0,0050	1	0,00185	5,95	4,76	2,70	4,47

$$\begin{aligned} \text{Luas Membran (A)} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 (0,02425\text{m})^2 \\ &= 0,00185 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nilai fluks membran selulosa asetat diperoleh dari persamaan berikut :

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

Contoh perhitungan nilai fluks membran untuk selulosa asetat dengan penambahan MSG 0% :

$$\begin{aligned} J_v &= \frac{V}{(A.t)} \\ &= \frac{0,0136 \text{ L}}{(0,00185\text{m}^2 \cdot 1 \text{ jam})} \\ J_v &= 7,35 \frac{\text{L}}{\text{m}^2\text{Jam}} \end{aligned}$$

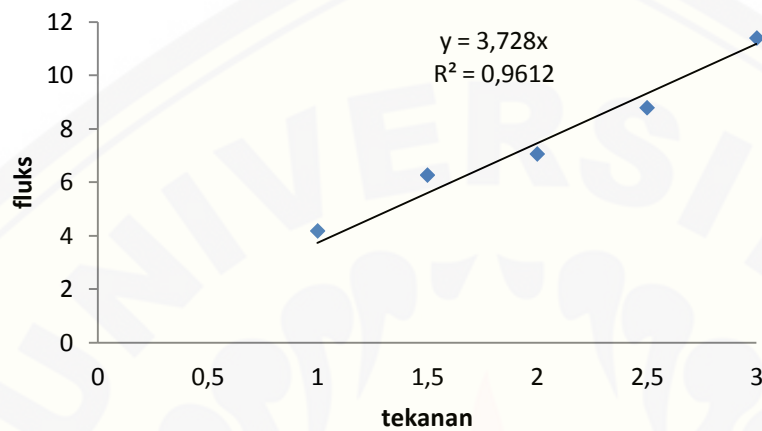
Lampiran C. Koefisien Permeabilitas Membran

Lampiran C1. Fluks terhadap perubahan tekanan

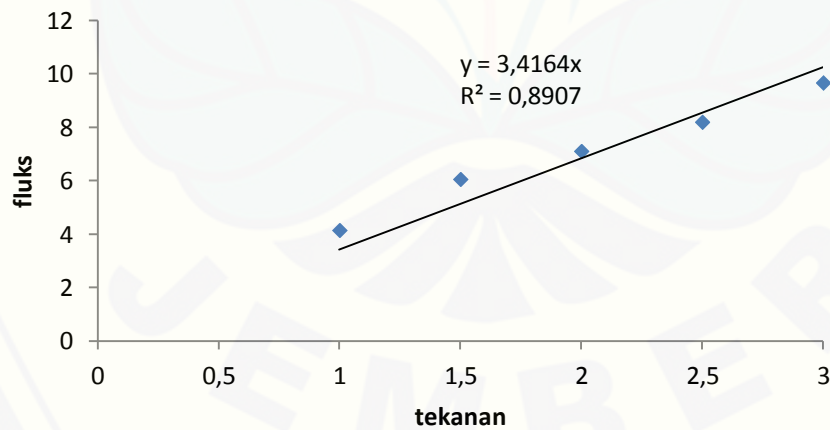
Variasi MSG	tekanan	Volume permeat			Rata-rata	Fluks (L/m ² Jam)
		V1	V2	V3		
0	1	0,0116	0,0066	0,0050	0,0077	4,18
	1,5	0,0162	0,0098	0,0088	0,0116	6,27
	2	0,0136	0,0132	0,0124	0,0131	7,06
	2,5	0,0146	0,0198	0,0144	0,0163	8,79
	3	0,0176	0,0200	0,0178	0,0185	11,4
0,5	1	0,0078	0,0074	0,0078	0,0077	4,14
	1,5	0,0110	0,0116	0,0110	0,0112	6,05
	2	0,0126	0,0136	0,0132	0,0131	7,1
	2,5	0,0150	0,0152	0,0152	0,0151	8,19
	3	0,0170	0,0180	0,0186	0,0179	9,66
1	1	0,0060	0,0062	0,0058	0,0060	3,24
	1,5	0,0086	0,0060	0,0080	0,0075	4,07
	2	0,0108	0,0112	0,0100	0,0107	5,77
	2,5	0,0116	0,0118	0,0112	0,0115	6,39
	3	0,0132	0,0139	0,0130	0,0134	7,23
2	1	0,0060	0,0050	0,0020	0,0043	2,34
	1,5	0,0084	0,0060	0,0028	0,0057	3,10
	2	0,0110	0,0088	0,0050	0,0083	4,47
	2,5	0,0130	0,0132	0,0136	0,0133	6,19
	3	0,0082	0,0140	0,0165	0,0129	6,97

Lampiran C2. Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas membran (L_p) :

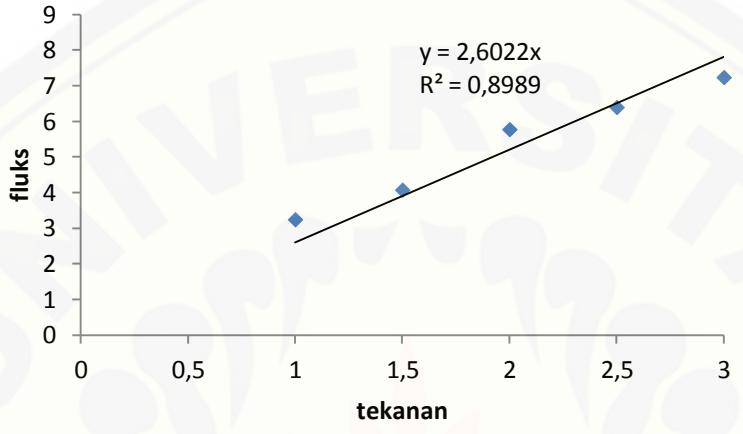
1. Grafik permeabilitas 0% MSG



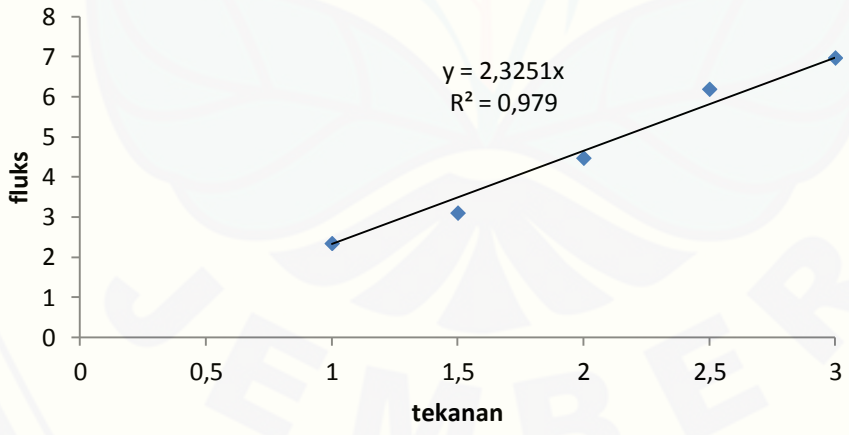
2. Grafik permeabilitas 0,5 % MSG



3. Grafik permeabilitas 1 % MSG



4. Grafik permeabilitas 2% MSG

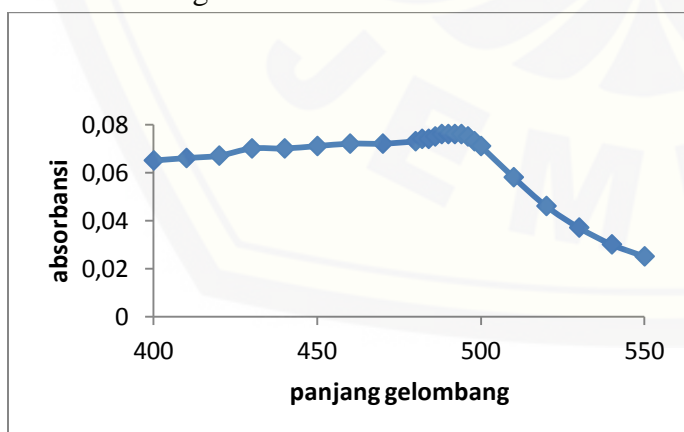


Lampiran D. Scanning Larutan Dekstran 11, 40, 100-200, dan 500 kDa**Lampiran D1. Dekstran 11 kDa**

panjang gelombang	I	II	III	Rata-rata
400	0,065	0,055	0,074	0,065
410	0,066	0,056	0,077	0,066
420	0,067	0,057	0,078	0,067
430	0,070	0,060	0,080	0,070
440	0,070	0,061	0,080	0,070
450	0,071	0,062	0,081	0,071
460	0,072	0,063	0,081	0,072
470	0,072	0,063	0,082	0,072
480	0,073	0,064	0,083	0,073
482	0,074	0,065	0,084	0,074
484	0,074	0,065	0,084	0,074
486	0,075	0,066	0,085	0,075
488	0,076	0,067	0,085	0,076
*490	0,076	0,067	0,086	0,076
492	0,076	0,067	0,085	0,076
494	0,076	0,067	0,085	0,076
496	0,075	0,066	0,084	0,075
498	0,073	0,065	0,081	0,073
500	0,071	0,063	0,079	0,071
510	0,058	0,058	0,059	0,058
520	0,046	0,045	0,048	0,046
530	0,037	0,036	0,038	0,037
540	0,030	0,036	0,024	0,030
550	0,025	0,026	0,024	0,025

* merupakan panjang gelombang maksimum

Grafik scanning Dekstran 11 kDa

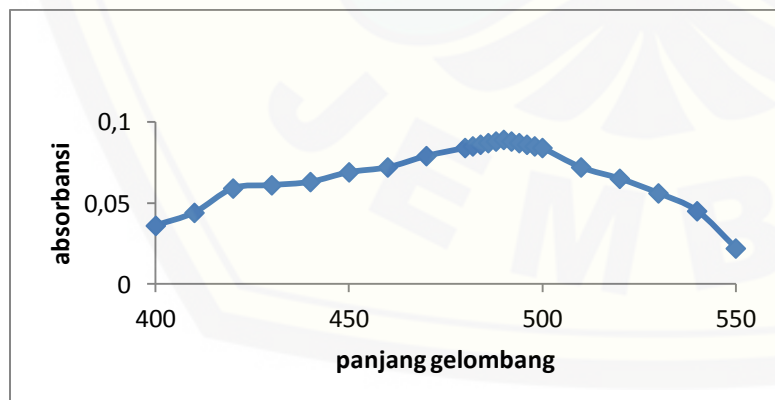


Lampiran D2. Dekstran 40 kDa

panjang gelombang	I	II	III	Rata-rata
400	0,036	0,028	0,043	0,036
410	0,044	0,038	0,049	0,044
420	0,059	0,049	0,069	0,059
430	0,061	0,053	0,070	0,061
440	0,063	0,055	0,072	0,063
450	0,069	0,059	0,078	0,069
460	0,072	0,065	0,080	0,072
470	0,079	0,071	0,086	0,079
480	0,084	0,078	0,089	0,084
482	0,085	0,080	0,091	0,085
484	0,086	0,081	0,092	0,086
486	0,087	0,082	0,093	0,087
488	0,088	0,084	0,093	0,088
*490	0,089	0,084	0,095	0,089
492	0,088	0,083	0,093	0,088
494	0,087	0,081	0,092	0,087
496	0,086	0,080	0,091	0,086
498	0,085	0,080	0,090	0,085
500	0,084	0,077	0,090	0,084
510	0,072	0,069	0,075	0,072
520	0,065	0,061	0,07	0,065
530	0,056	0,053	0,06	0,056
540	0,045	0,043	0,048	0,045
550	0,022	0,021	0,022	0,022

* merupakan panjang gelombang maksimum

Grafik scanning dekstran 40 kDa

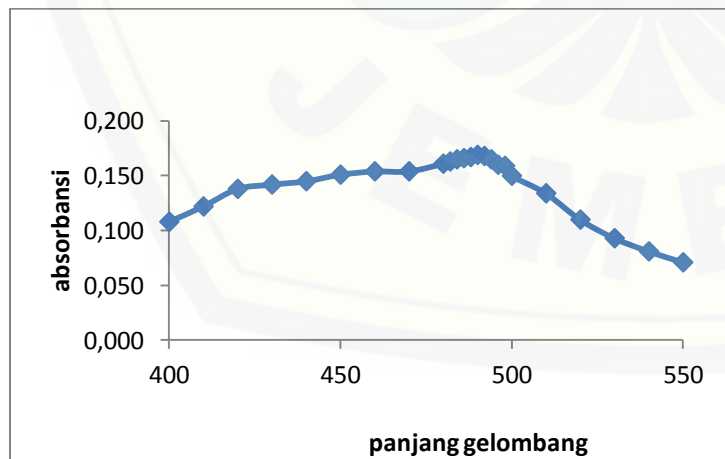


Lampiran D3. Dekstran 100-200 kDa

panjang gelombang	I	II	III	Rata-rata
400	0,100	0,111	0,112	0,108
410	0,123	0,121	0,122	0,122
420	0,138	0,137	0,138	0,138
430	0,142	0,141	0,144	0,142
440	0,144	0,146	0,145	0,145
450	0,150	0,151	0,151	0,151
460	0,156	0,153	0,152	0,154
470	0,156	0,155	0,152	0,154
480	0,163	0,162	0,159	0,161
482	0,164	0,165	0,160	0,163
484	0,166	0,167	0,162	0,165
486	0,166	0,169	0,162	0,166
488	0,169	0,169	0,164	0,167
*490	0,171	0,170	0,167	0,169
492	0,169	0,169	0,165	0,168
494	0,167	0,165	0,163	0,165
496	0,156	0,163	0,160	0,160
498	0,147	0,160	0,169	0,159
500	0,133	0,159	0,157	0,150
510	0,135	0,133	0,133	0,134
520	0,111	0,110	0,109	0,110
530	0,094	0,094	0,092	0,093
540	0,082	0,081	0,080	0,081
550	0,072	0,073	0,071	0,072

* merupakan panjang gelombang maksimum

Grafik scanning dekstran 100-200 kDa

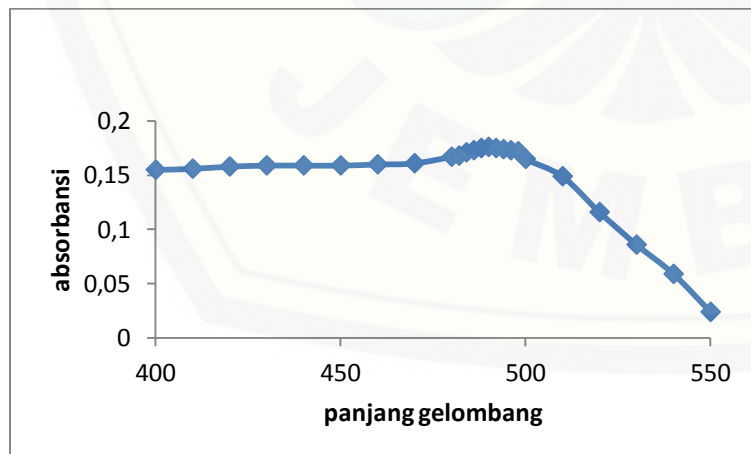


Lampiran D4. Dekstran 500 kDa

panjang gelombang	I	II	III	Rata-rata
400	0,155	0,158	0,151	0,155
410	0,156	0,159	0,153	0,156
420	0,158	0,159	0,156	0,158
430	0,159	0,160	0,158	0,159
440	0,159	0,160	0,158	0,159
450	0,159	0,161	0,158	0,159
460	0,160	0,161	0,159	0,160
470	0,161	0,161	0,160	0,161
480	0,167	0,163	0,169	0,166
482	0,168	0,165	0,170	0,168
484	0,171	0,167	0,172	0,170
486	0,173	0,169	0,176	0,173
488	0,175	0,170	0,180	0,175
*490	0,176	0,172	0,181	0,176
492	0,175	0,171	0,180	0,175
494	0,174	0,171	0,178	0,174
496	0,173	0,170	0,177	0,173
498	0,172	0,169	0,175	0,172
500	0,165	0,162	0,169	0,165
510	0,149	0,148	0,150	0,149
520	0,116	0,120	0,111	0,116
530	0,086	0,093	0,078	0,086
540	0,059	0,064	0,055	0,059
550	0,024	0,031	0,018	0,024

* merupakan panjang gelombang maksimum

Grafik scanning dekstran 500 kDa

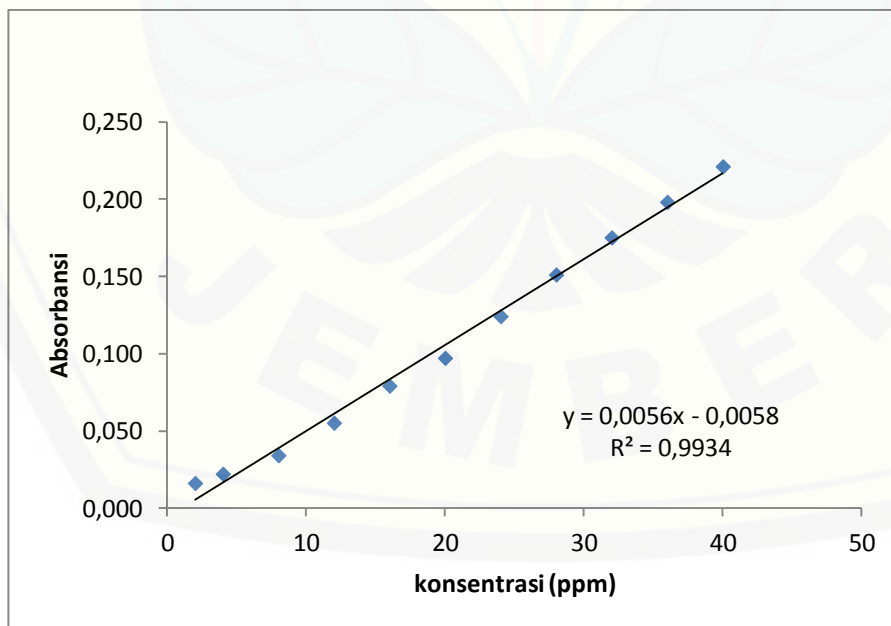


Lampiran E. Kurva Kalibrasi Dekstran 11, 40, 100-200, dan 500 kDa

Lampiran E1. Kalibrasi dekstran 11 kDa

Konsentrasi	I	II	III	Rata-rata	Standart Deviasi
2	0,025	0,008	0,014	0,016	0,0086
4	0,031	0,012	0,024	0,022	0,0096
8	0,041	0,028	0,034	0,034	0,0065
12	0,064	0,044	0,058	0,055	0,0103
16	0,085	0,073	0,08	0,079	0,0060
20	0,11	0,089	0,093	0,097	0,0112
24	0,121	0,119	0,131	0,124	0,0064
28	0,139	0,149	0,164	0,151	0,0126
32	0,157	0,182	0,187	0,175	0,0161
36	0,181	0,214	0,199	0,198	0,0165
40	0,219	0,244	0,201	0,221	0,0216

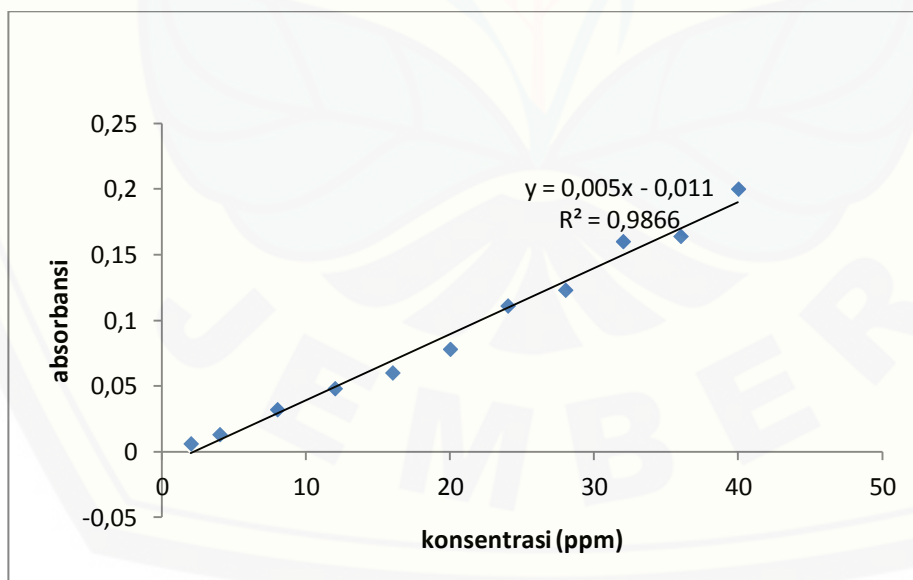
Grafik kurva kalibrasi 11 kDa



Lampiran E2. Kalibrasi dekstran 40 kDa

Konsentrasi	I	II	III	Rata-rata	Standart Deviasi
2	0,005	0,005	0,007	0,006	0,0012
4	0,012	0,012	0,014	0,013	0,0012
8	0,033	0,031	0,033	0,032	0,0012
12	0,053	0,042	0,048	0,048	0,0055
16	0,065	0,067	0,067	0,066	0,0012
20	0,079	0,078	0,078	0,078	0,0006
24	0,114	0,108	0,11	0,111	0,0031
28	0,124	0,122	0,123	0,123	0,0010
32	0,165	0,158	0,157	0,160	0,0044
36	0,166	0,163	0,163	0,164	0,0017
40	0,203	0,198	0,199	0,200	0,0026

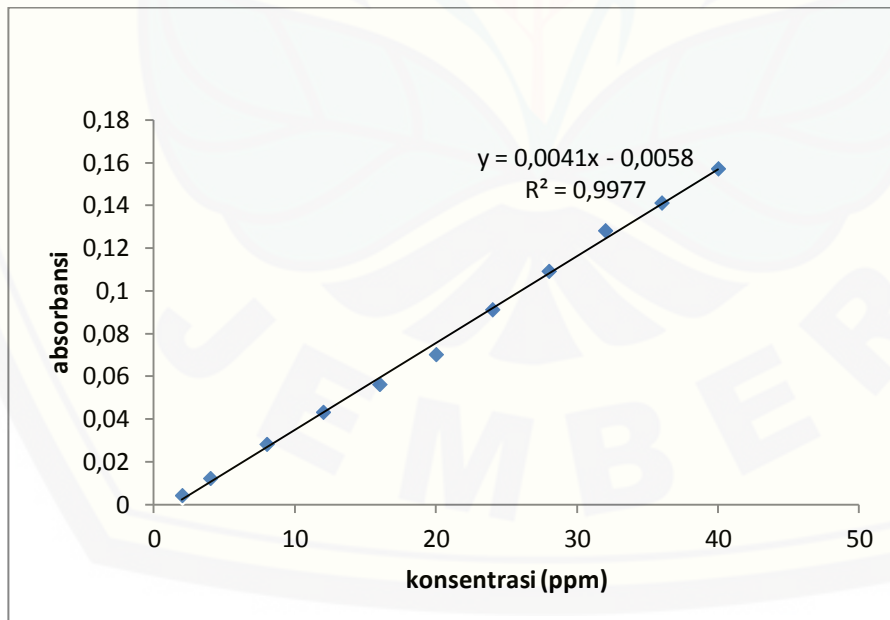
Grafik kurva kalibrasi dekstran 40 kDa



Lampiran E3. Kalibrasi dekstran 100-200 kDa

Konsentrasi	I	II	III	Rata-rata	Standart Deviasi
2	0,001	0,003	0,009	0,004	0,0042
4	0,006	0,016	0,013	0,012	0,0051
8	0,017	0,032	0,034	0,028	0,0093
12	0,028	0,056	0,045	0,043	0,0141
16	0,05	0,068	0,051	0,056	0,0101
20	0,065	0,082	0,063	0,070	0,0104
24	0,078	0,113	0,081	0,091	0,0194
28	0,093	0,13	0,105	0,109	0,0189
32	0,121	0,145	0,118	0,128	0,0148
36	0,143	0,153	0,127	0,141	0,0131
40	0,163	0,168	0,141	0,157	0,0144

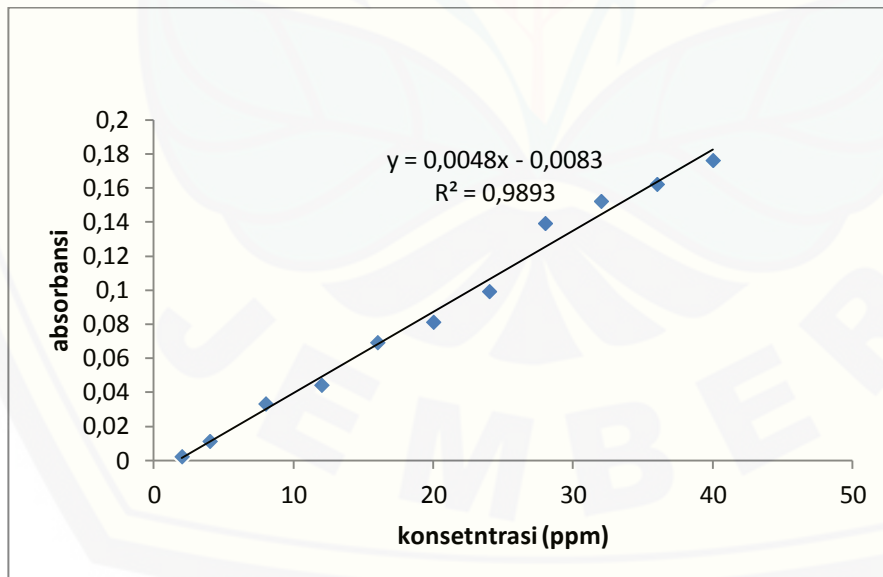
Grafik kalibrasi dekstran 100-200 kDa



Lampiran E4. Kalibrasi dekstran 500 kDa

Konsentrasi	I	II	III	Rata-rata	Standart Deviasi
2	0,002	0,002	0,003	0,002	0,0006
4	0,012	0,012	0,009	0,011	0,0017
8	0,038	0,03	0,03	0,033	0,0046
12	0,051	0,038	0,043	0,044	0,0066
16	0,076	0,065	0,066	0,069	0,0061
20	0,085	0,077	0,082	0,081	0,0040
24	0,107	0,098	0,091	0,099	0,0080
28	0,148	0,131	0,138	0,139	0,0085
32	0,169	0,14	0,148	0,152	0,0150
36	0,174	0,146	0,166	0,162	0,0144
40	0,184	0,157	0,188	0,176	0,0169

Grafik kalibrasi dekstran 500 kDa



Lampiran F. Nilai rejeksi Dekstran 11, 40, 100-200, 500 kDa

Lampiran F1. Nilai dekstran 11 kDa

	Pengu-	Absorbansi			Permeat	rata-	FP	[M]	FP x	Absorbansi			Retentat	rata-	FP	[M]	FP x	% rejeksi	Standart Devisasi
	langan					rata-		[M]					rata-		[M]	[M]			
		1	2	3		rata-			1	2	3		rata-						
0 % MSG	1	0,169	0,169	0,169	0,169	25	31,21	780,4	0,13	0,13	0,13	0,130	50	24,25	1212,5	35,6			
	2	0,042	0,043	0,044	0,043	25	8,71	217,9	0,038	0,037	0,038	0,038	50	7,76	388,1	43,9			
	3	0,051	0,051	0,051	0,051	25	10,14	253,6	0,061	0,061	0,061	0,061	50	11,93	596,4	57,5			
								rata-rata									45,67	11,05	
0,5 % MSG	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata-	FP	[M]	FP x	Absorbansi			Retentat	rata-	FP	[M]	FP x	%rejeksi	
		1	2	3		rata-		[M]	[M]	1	2	3		rata-		[M]	[M]		
	1	0,175	0,175	0,175	0,175	25	32,29	807,1	0,143	0,143	0,143	0,143	50	26,57	1328,6	39,2			
	2	0,022	0,022	0,021	0,022	25	4,90	122,6	0,017	0,017	0,017	0,017	50	4,07	203,6	0,40			
	3	0,171	0,171	0,171	0,171	25	31,57	789,3	0,145	0,145	0,145	0,145	50	26,93	1346,4	41,4			
							rata-rata										40,13	1,13	
1 % MSG	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata-	FP	[M]	FP x	Absorbansi			Retentat	rata-	FP	[M]	FP x	%rejeksi	
		1	2	3		rata-		[M]	[M]	1	2	3		rata-		[M]	[M]		
	1	0,149	0,15	0,149	0,149	25	27,70	692,6	0,118	0,118	0,117	0,118	50	22,05	1102,4	37,2			
	2	0,065	0,065	0,066	0,065	25	12,70	317,6	0,069	0,069	0,067	0,068	50	13,24	661,9	52,0			
	3	0,149	0,15	0,149	0,149	25	27,70	692,6	0,118	0,118	0,117	0,118	50	22,05	1102,4	37,2			
							rata-rata										46,93	8,43	
2 % MSG	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata-	FP	[M]	FP x	Absorbansi			Retentat	rata-	FP	[M]	FP x	%rejeksi	
		1	2	3		rata-		[M]	[M]	1	2	3		rata-		[M]	[M]		
	1	0,035	0,035	0,034	0,035	25	7,23	180,7	0,036	0,036	0,036	0,036	50	7,46	373,2	51,6			
	2	0,018	0,018	0,018	0,018	25	4,25	106,3	0,024	0,024	0,025	0,024	50	5,38	269,0	60,5			
	3	0,029	0,029	0,028	0,029	25	6,15	153,9	0,031	0,031	0,031	0,031	50	6,57	328,6	53,2			
							rata-rata										55,1	4,74	

Lampiran F2. Nilai dekstran 40 kDa

	Pengu- langan	Absorbansi			rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Retentat			rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	% rejeksi	Standart deviasi	
		1	2	3					1	2	3							
		ulangan	Absorbansi						Permeat	rata- rata	FP							[M]
0 % MSG	1	0,013	0,012	0,014	0,013	25	4,80	120,0	0,014	0,013	0,015	0,014	50	5,00	250,0	52,0	4,00	
	2	0,012	0,013	0,013	0,013	25	4,73	118,3	0,018	0,019	0,018	0,018	50	5,87	293,3	59,7		
	3	0,045	0,051	0,053	0,050	25	12,13	303,3	0,054	0,056	0,055	0,055	50	13,20	660,0	54,0		
																		55,23
	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Absorbansi			Retentat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi
0,5 % MSG	1	0,024	0,023	0,024	0,024	25	6,93	173,3	0,018	0,02	0,016	0,018	50	5,80	290,0	40,2	15,46	
	2	0,082	0,084	0,084	0,083	25	18,87	471,7	0,048	0,048	0,048	0,048	50	11,80	590,0	20,1		
	3	0,02	0,02	0,021	0,020	25	6,27	156,7	0,021	0,02	0,021	0,021	50	6,33	316,7	50,5		
																		36,93
	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Absorbansi			Retentat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi
1 % MSG	1	0,036	0,036	0,036	0,036	25	9,40	235,0	0,025	0,024	0,025	0,025	50	7,13	356,7	34,1	4,66	
	2	0,034	0,034	0,033	0,034	25	8,93	223,3	0,028	0,028	0,028	0,028	50	7,80	390,0	42,7		
	3	0,067	0,072	0,072	0,070	25	16,27	406,7	0,068	0,069	0,069	0,069	50	15,93	796,7	49,0		
																		43,87
	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Absorbansi			Retentat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi
2% MSG	1	0,04	0,041	0,041	0,041	25	5,93	148,3	0,061	0,062	0,062	0,062	50	10,13	506,7	70,7	3,00	
	2	0,041	0,042	0,043	0,042	25	6,20	155,0	0,055	0,054	0,057	0,055	50	8,87	443,3	65,0		
	3	0,048	0,048	0,049	0,048	25	7,47	186,7	0,063	0,064	0,068	0,065	50	10,80	540,0	65,4		
																		67,03
	ulangan	Absorbansi			Permeat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Absorbansi			Retentat	rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi

Lampiran F3. Dekstran 100-200 kDa

	ulangan	Absorbansi			rata-rata	FP	[M]	FP x [M]	Retentat			rata-rata	FP	[M]	FP x [M]	% rejeksi	Standart deviasi		
		1	2	3					1	2	3								
0% MSG	1	0,07	0,071	0,07	0,070	25	18,57	464,2	0,16	0,17	0,16	0,163	50	41,25	2062,6	77,49			
	2	0,080	0,081	0,080	0,080	25	21,01	525,2	0,16	0,161	0,160	0,160	50	40,52	2026,0	74,08			
	3	0,075	0,075	0,076	0,075	25	19,79	494,7	0,159	0,16	0,16	0,160	50	40,36	2017,9	75,48			
																		rata-rata	75,68
0,5 % MSG	1	0,022	0,022	0,022	0,022	25	6,78	169,5	0,029	0,029	0,029	0,029	50	8,49	424,4	60,1			
	2	0,025	0,025	0,024	0,025	25	7,43	185,8	0,033	0,033	0,033	0,033	50	9,46	473,2	60,7			
	3	0,014	0,014	0,013	0,014	25	4,75	118,7	0,019	0,019	0,019	0,019	50	6,05	302,4	60,8			
																		rata-rata	60,53
1 % MSG	1	0,071	0,071	0,071	0,071	25	18,73	468,3	0,09	0,09	0,09	0,090	50	23,37	1168,3	59,9			
	2	0,075	0,075	0,075	0,075	25	19,71	492,7	0,098	0,097	0,098	0,098	50	25,24	1261,8	61,0			
	3	0,069	0,07	0,07	0,070	25	18,41	460,2	0,093	0,093	0,093	0,093	50	24,10	1204,9	61,8			
																		rata-rata	60,9
2 % MSG	1	0,099	0,099	0,099	0,099	25	25,56	639,0	0,156	0,157	0,157	0,156667	50	39,63	1981,3	67,7			
	2	0,061	0,061	0,061	0,061	25	16,29	407,3	0,156	0,156	0,156	0,156	50	39,46	1973,2	79,4			
	3	0,04	0,04	0,041	0,040	25	11,25	281,3	0,035	0,035	0,035	0,035	50	9,95	497,6	43,5			
																		rata-rata	63,53

Lampiran F4. Dekstran 500 kDa

	Pengu- langan	Absorbansi			rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Retentat			rata-rata	FP	[M]	FP x [M]	% rejeksi	Standart deviasi
		1	2	3					1	2	3						
		rata-rata															
0 % MSG	1	0,001	0,001	0,001	0,001	25	1,94	48,4	0,037	0,036	0,037	0,037	50	9,37	468,4	89,7	
	2	0,003	0,003	0,004	0,003	25	2,42	60,6	0,051	0,052	0,051	0,051	50	12,42	621,2	90,2	
	3	0,005	0,005	0,006	0,005	25	2,84	71,0	0,049	0,049	0,048	0,049	50	11,87	593,4	88,0	
																	89,3
0,5 % MSG	ulangan	Absorbansi			rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Retentat			rata-rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi	
		1	2	3					1	2	3						
	1	0,017	0,017	0,017	0,017	25	5,27	131,8	0,058	0,057	0,058	0,058	50	13,74	687,2	80,8	
	2	0,018	0,018	0,017	0,018	25	5,41	135,2	0,061	0,061	0,061	0,061	50	14,44	721,9	81,3	
3	0,02	0,02	0,018	0,019	25	5,76	143,9	0,061	0,061	0,06	0,061	50	14,37	718,4	80,0		
																80,5	0,68
1 % MSG	ulangan	Absorbansi			rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Retentat			rata-rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi	
		1	2	3					1	2	3						
	1	0,011	0,01	0,011	0,011	25	3,95	98,8	0,05	0,051	0,050	0,050	50	12,22	610,8	83,8	
	2	0,005	0,005	0,005	0,005	25	2,77	69,3	0,055	0,055	0,055	0,055	50	13,19	659,4	89,5	
3	0,013	0,008	0,011	0,011	25	3,95	98,8	0,056	0,059	0,062	0,059	50	14,02	701,0	85,9		
																86,4	2,88
2 % MSG	ulangan	Absorbansi			rata- rata	FP	[M]	FP x [M]	Retentat			rata-rata	FP	[M]	FP x [M]	%rejeksi	
		1	2	3					1	2	3						
	1	0,019	0,019	0,019	0,019	25	2,23	55,7	0,052	0,053	0,052	0,052	50	9,17	458,7	87,9	
	2	0,023	0,023	0,023	0,023	25	3,06	76,6	0,062	0,062	0,062	0,062	50	11,19	559,4	86,3	
3	0,02	0,02	0,021	0,020	25	2,51	62,7	0,055	0,056	0,056	0,056	50	9,87	493,4	87,3		
																87,2	0,80

Keterangan :

FP = faktor pengenceran 25 kali untuk permeat dan 50 kali untuk retentat

Contoh perhitungan konsentrasi permeat dan retentat

Nilai koefisien rejeksi membran selulosa asetat diperoleh dari persamaan berikut

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

Rejeksi membran untuk dekstran 500 kDa pada variasi penambahan MSG sebanyak 0% :

Absorbansi permeat = 0,005

0,005 = 0,0048x - 0,0083

X = 2,84

[permeat]_{sebenarnya} = Absorbansi x FP

= 2,84 x 25

= 71,0

Absorbansi retentat = 0,049

0,049 = 0,0048x - 0,0083

X = 11,87

[retentat]_{sebenarnya} = Absorbansi x FP

= 11,87 x 50

= 593,4

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

$$R = \left(1 - \frac{71,0}{593,4}\right) \times 100\%$$

$$R = 0,880 \times 100\%$$

$$R = 88,0 \%$$

Lampiran G

Uji Anova one way fluks tekanan 2 bar

Descriptives						
fluks						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
MSG0	3	7,0633	,33171	,19151	6,2393	7,8874
MSG0,5	3	7,1000	,30000	,17321	6,3548	7,8452
MSG1	3	5,7667	,32624	,18836	4,9562	6,5771
MSG2	3	4,4700	1,64429	,94933	,3853	8,5547
Total	12	6,1000	1,35205	,39030	5,2409	6,9591

ANOVA						
fluks						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	F tabel
Between Groups	14,088	3	4,696	6,240	,017	4,07
Within Groups	6,020	8	,753			
Total	20,108	11				

Multiple Comparisons						
LSD						
(I) msg	(J) msg	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
MSG0	MSG0,5	-,03667	,70830	,960	-1,6700	1,5967
	MSG1	1,29667	,70830	,105	-,3367	2,9300
	MSG2	2,59333*	,70830	,006	,9600	4,2267
MSG0,5	MSG0	,03667	,70830	,960	-1,5967	1,6700
	MSG1	1,33333	,70830	,097	-,3000	2,9667
	MSG2	2,63000*	,70830	,006	,9966	4,2634
MSG1	MSG0	-1,29667	,70830	,105	-2,9300	,3367
	MSG0,5	-1,33333	,70830	,097	-2,9667	,3000
	MSG2	1,29667	,70830	,105	-,3367	2,9300
MSG2	MSG0	-2,59333*	,70830	,006	-4,2267	-,9600
	MSG0,5	-2,63000*	,70830	,006	-4,2634	-,9966
	MSG1	-1,29667	,70830	,105	-2,9300	,3367

* . The mean difference is significant at the 0.05 level.

Dektran 11 kDa

Descriptives

rejeksi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
MSG0	3	45,6667	11,05637	6,38340	18,2011	73,1322
MSG05	3	40,1333	1,13725	,65659	37,3083	42,9584
MSG1	3	42,1333	8,54478	4,93333	20,9069	63,3598
MSG2	3	55,1000	4,74447	2,73922	43,3141	66,8859
Total	12	45,7583	8,70887	2,51404	40,2250	51,2917

ANOVA

rejeksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	396,169	3	132,056	2,411	,142
Within Groups	438,120	8	54,765		
Total	834,289	11			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: rejeksi

LSD

(I) msg	(J) msg	Mean Difference		Sig.	95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
MSG0	MSG05	5,53333	6,04235	,387	-8,4004	19,4670
	MSG1	3,53333	6,04235	,575	-10,4004	17,4670
	MSG2	-9,43333	6,04235	,157	-23,3670	4,5004
MSG05	MSG0	-5,53333	6,04235	,387	-19,4670	8,4004
	MSG1	-2,00000	6,04235	,749	-15,9337	11,9337
	MSG2	-14,96667*	6,04235	,038	-28,9004	-1,0330
MSG1	MSG0	-3,53333	6,04235	,575	-17,4670	10,4004
	MSG05	2,00000	6,04235	,749	-11,9337	15,9337
	MSG2	-12,96667	6,04235	,064	-26,9004	,9670
MSG2	MSG0	9,43333	6,04235	,157	-4,5004	23,3670
	MSG05	14,96667*	6,04235	,038	1,0330	28,9004
	MSG1	12,96667	6,04235	,064	-,9670	26,9004

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

Dekstran 40 kDa

Descriptives

rejeksi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
MSG0	3	55,2333	3,99541	2,30675	45,3082	65,1585
MSG05	3	36,9333	15,46103	8,92643	-1,4740	75,3407
MSG1	3	41,9333	7,47953	4,31831	23,3532	60,5135
MSG2	3	67,0333	3,18172	1,83697	59,1295	74,9372
Total	12	50,2833	14,46367	4,17530	41,0936	59,4731

ANOVA

rejeksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1659,030	3	553,010	6,890	,013
Within Groups	642,147	8	80,268		
Total	2301,177	11			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: rejeksi

LSD

(I) msg	(J) msg	Mean Difference		Sig.	95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
MSG0	MSG05	18,30000*	7,31520	,037	1,4311	35,1689
	MSG1	13,30000	7,31520	,107	-3,5689	30,1689
	MSG2	-11,80000	7,31520	,145	-28,6689	5,0689
MSG05	MSG0	-18,30000*	7,31520	,037	-35,1689	-1,4311
	MSG1	-5,00000	7,31520	,514	-21,8689	11,8689
	MSG2	-30,10000*	7,31520	,003	-46,9689	-13,2311
MSG1	MSG0	-13,30000	7,31520	,107	-30,1689	3,5689
	MSG05	5,00000	7,31520	,514	-11,8689	21,8689
	MSG2	-25,10000*	7,31520	,009	-41,9689	-8,2311
MSG2	MSG0	11,80000	7,31520	,145	-5,0689	28,6689
	MSG05	30,10000*	7,31520	,003	13,2311	46,9689
	MSG1	25,10000*	7,31520	,009	8,2311	41,9689

* .The mean difference is significant at the 0.05 level.

Dekstran 100-200 kDa

Descriptives

rejeksi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
MSG0	3	75,6833	1,71407	,98962	71,4253	79,9413
MSG05	3	60,5333	,37859	,21858	59,5929	61,4738
MSG1	3	60,9000	,95394	,55076	58,5303	63,2697
MSG2	3	63,5333	18,30911	10,57077	18,0510	109,0157
Total	12	65,1625	10,16791	2,93522	58,7021	71,6229

ANOVA

rejeksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	458,821	3	152,940	1,803	,224
Within Groups	678,429	8	84,804		
Total	1137,250	11			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: rejeksi

Games-Howell

(I) msg	(J) msg	Mean Difference		Sig.	95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
MSG0	MSG05	15,15000*	1,01347	,008	8,7891	21,5109
	MSG1	14,78333*	1,13255	,002	9,4736	20,0930
	MSG2	12,15000	10,61699	,705	-59,9994	84,2994
MSG05	MSG0	-15,15000*	1,01347	,008	-21,5109	-8,7891
	MSG1	-,36667	,59255	,919	-3,5387	2,8053
	MSG2	-3,00000	10,57303	,990	-76,1824	70,1824
MSG1	MSG0	-14,78333*	1,13255	,002	-20,0930	-9,4736
	MSG05	,36667	,59255	,919	-2,8053	3,5387
	MSG2	-2,63333	10,58510	,993	-75,5263	70,2596
MSG2	MSG0	-12,15000	10,61699	,705	-84,2994	59,9994
	MSG05	3,00000	10,57303	,990	-70,1824	76,1824
	MSG1	2,63333	10,58510	,993	-70,2596	75,5263

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Dekstran 500 kDa

Descriptives

rejeksi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
MSG0	3	89,3000	1,15326	,66583	86,4352	92,1648
MSG05	3	80,7000	,65574	,37859	79,0710	82,3290
MSG1	3	86,4000	2,88271	1,66433	79,2390	93,5610
MSG2	3	87,1667	,80829	,46667	85,1588	89,1746
Total	12	85,8917	3,60314	1,04014	83,6023	88,1810

ANOVA

rejeksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	121,362	3	40,454	15,090	,001
Within Groups	21,447	8	2,681		
Total	142,809	11			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: rejeksi

LSD

(I) msg	(J) msg	Mean Difference			95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
MSG0	MSG05	8,60000*	1,33687	,000	5,5172	11,6828
	MSG1	2,90000	1,33687	,062	-,1828	5,9828
	MSG2	2,13333	1,33687	,149	-,9495	5,2162
MSG05	MSG0	-8,60000*	1,33687	,000	-11,6828	-5,5172
	MSG1	-5,70000*	1,33687	,003	-8,7828	-2,6172
	MSG2	-6,46667*	1,33687	,001	-9,5495	-3,3838
MSG1	MSG0	-2,90000	1,33687	,062	-5,9828	,1828
	MSG05	5,70000*	1,33687	,003	2,6172	8,7828
	MSG2	-,76667	1,33687	,582	-3,8495	2,3162
MSG2	MSG0	-2,13333	1,33687	,149	-5,2162	,9495
	MSG05	6,46667*	1,33687	,001	3,3838	9,5495
	MSG1	,76667	1,33687	,582	-2,3162	3,8495

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.