



**PENJERNIHAN SARI BUAH APEL MENGGUNAKAN  
MEMBRAN SELULOSA ASETAT DENGAN VARIASI  
JUMLAH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Vidya Wahyu Pratiwi**

**NIM 141810301020**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENJERNIHAN SARI BUAH APEL MENGGUNAKAN  
MEMBRAN SELULOSA ASETAT DENGAN VARIASI  
JUMLAH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)**

**SKRIPSI**

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

oleh

**Vidya Wahyu Pratiwi**

**NIM 141810301020**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Untung Noto Prapto dan Ibu Eliya Nadiroh. Terimakasih untuk semua pengorbanannya selama ini. Terimakasih untuk segala bentuk kasih sayang, doa, cinta, bimbingan, nasihat dan semangat tiada henti yang telah diberikan dengan tulus dan ikhlas;
2. Kakakku tercinta Desyilia Ayu Agustina dan Edy Pamuji yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasihat dan dukungannya;
3. Almamater tercinta TK Khadijah 3, SDN 1 Lateng, SMPN 1 Banyuwangi, SMAN 1 Glagah, serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
4. Keluarga besar MAJESTY angkatan 2014 yang selama ini telah berjuang bersama, berbagi dalam senang maupun sedih dari awal masuk hingga saat ini, dan telah memberikan kenangan yang tak terlupakan;
5. Sahabat-sahabatku yang selalu memberi dukungan dan teman-teman yang telah berbagi semangat serta kenangan yang istimewa, serta untuk orang yang selalu menyebutkan namaku disetiap doanya;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

**MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

**(Q.s. Al-Baqarah:286)\*)**

“Cukuplah Allah bagiku; tidak ada Tuhan selain Dia”

**(Q.s. At-Taubah : 129)\*\*)**

“Don’t ever lose hope”

**(Stacy Marinaro)\*\*\*)**

---

\*) Departemen Agama Proyek Pengabdian Kitab Suci Al-Qur’an. 1975. *Al Qur’an dan Terjemahannya*. Jakarta: PT. Bumi Restu.

\*\*) Departemen Agama RI. 2010. *Al-Qur’an dan Terjemah untuk Wanita*. Bandung: Penerbit Jabal.

\*\*\*) Marinaro, Stacy. 2008. *Carter the Acorn Collecting Cutie*. USA: LULU enterprises

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vidya Wahyu Pratiwi

NIM : 141810301020

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Penjernihan Sari Buah Apel Menggunakan Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Jumlah *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sebelumnya, 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Juni 2018

Yang menyatakan,



Vidya Wahyu Pratiwi

NIM 141810301020

**SKRIPSI**

**PENJERNIHAN SARI BUAH APEL MENGGUNAKAN  
MEMBRAN SELULOSA ASETAT DENGAN VARIASI  
JUMLAH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)**

Oleh

Vidya Wahyu Pratiwi  
NIM 141810301020

Pembimbing

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

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



**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penjernihan Sari Buah Apel Menggunakan Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Jumlah *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)” karya Vidya Wahyu Pratiwi telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : **SENIN 16 JUL 2018**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

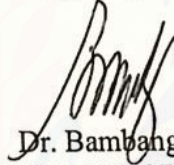
Tim Penguji:

Ketua,



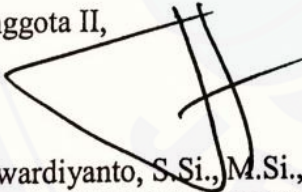
Dwi Indarti, S.Si., M.Si.  
NIP. 197409012000032004

Anggota I,



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

Anggota II,



Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 197501191998021001

Anggota III,



Dr. Busroni, M.Si.  
NIP. 195905151991031007

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,



  
Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Penjernihan Sari Buah Apel Menggunakan Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Jumlah *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS):** Vidya Wahyu Pratiwi, 141810301020; 2018: 60 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sari buah apel merupakan salah satu jenis pengolahan buah apel yang berpotensi untuk memperpanjang masa simpan buah apel. Pembuatan sari buah apel jernih terkendala oleh kandungan pektin yang tinggi pada apel yang dapat menyebabkan sari buah bersifat keruh dan terdapat endapan. Salah satu teknologi untuk mengatasi kendala ini adalah teknologi membran, khususnya membran ultrafiltrasi. Teknologi ini untuk memisahkan komponen koloidal termasuk pektin sehingga menghasilkan sari buah apel yang lebih jernih. Membran dapat dibuat menggunakan teknik inversi fase. Komponen penting dalam pembuatan membran dengan teknik adalah pemilihan material membran, komposisi larutan *dope*, komposisi pelarut, serta penambahan zat aditif akan mempengaruhi pembentukan pori pada membran. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi jumlah penambahan surfaktan anionik Sodium Dodesil Sulfat (SDS) sebagai zat aditif pada pembuatan membran selulosa asetat terhadap kinerja membran selulosa asetat dalam proses penjernihan sari buah apel.

Pembuatan membran selulosa asetat menggunakan teknik inversi fase dengan pengendapan immersi. Variabel dalam pembuatan membran selulosa asetat adalah jumlah penambahan SDS dalam larutan *dope* sebanyak 0–3%. Karakterisasi kinerja membran meliputi uji fluks air, koefisien permeabilitas air, serta koefisien rejeksi dekstran 40 kDa. Membran yang telah dikarakterisasi selanjutnya digunakan untuk penjernihan sari buah apel (uji fluks, koefisien rejeksi pektin, %transmitansi sari buah apel). Tekanan yang digunakan untuk uji fluks air, penentuan koefisien dekstran 40 kDa dan penjernihan sari buah apel yaitu 2 bar, serta untuk penentuan koefisien permeabilitas air yaitu 1; 1,5; 2; 2,5; 3 bar.



Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan SDS ke dalam larutan *dope* mempengaruhi kinerja membran selulosa asetat. Fluks air membran selulosa meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah SDS dari 0% hingga 2,5% dengan nilai fluks terbesar yaitu 96,67 L/m<sup>2</sup>jam, kemudian menurun pada penambahan SDS sebanyak 3%. Koefisien permeabilitas air meningkat pada membran dengan penambahan SDS 0-2% dengan nilai terbesar yaitu 63,08 L/m<sup>2</sup> jam bar, kemudian menurun kembali pada SDS 2,5%-3%. Koefisien rejeksi dekstran pada variasi membran tersebut memiliki tren yang berbanding terbalik dengan koefisien permeabilitas. Koefisien rejeksi dekstran semakin menurun pada membran dengan penambahan SDS 0-2% dengan nilai terkecil yaitu 21,70%, kemudian semakin meningkat pada penambahan SDS 2,5-3% dengan nilai terbesar yaitu 50,53%.

Karakterisasi kinerja membran selanjutnya dilakukan pada aplikasi penjernihan sari buah apel meliputi uji fluks, koefisien rejeksi pektin, dan pengukuran %transmitansi pada panjang gelombang 625 nm. Hasil yang diperoleh yaitu fluks sari buah apel memiliki tren yang sama dengan fluks air. Membran dengan penambahan SDS 2,5% menghasilkan nilai fluks terbesar yaitu 22,88 L/m<sup>2</sup> jam. Koefisien rejeksi pektin dan %transmitansi permeat sari buah apel juga memiliki tren yang sama dengan koefisien rejeksi dekstran. Koefisien rejeksi terbesar pada penambahan SDS 3% yaitu 51,82% dengan tingkat kejernihan sari buah apel meningkat dari 35,1% menjadi 93,50%. Membran tersebut dianggap dapat menahan molekul pektin cukup besar ditunjukkan dengan peningkatan kejernihan. Membran selulosa asetat yang ditambahkan SDS hingga 2-2,5% akan meningkatkan nilai fluks namun menurunkan koefisien rejeksinya, sedangkan membran dengan penambahan SDS dengan jumlah berlebih menyebabkan penurunan fluks kembali namun koefisien rejeksinya meningkat lebih besar dibandingkan dengan membran selulosa asetat tanpa penambahan SDS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut mengenai penjernihan sari buah menggunakan teknologi membran ultrafiltrasi.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penjernihan Sari Buah Apel Menggunakan Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Jumlah *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)”. Skripsi ini disusun sebagai 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 moril maupun materil dari berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dwi Indarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta doa dalam penyusunan skripsi ini;
2. Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Busroni, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. sahabat-sahabatku Desy, Suci, Ina, dan semua anak kos “Al Farobi” yang telah memberikan semangat, perhatian, rasa kekeluargaan selama tinggal di Jember;
5. teman-teman seperjuangan Richard, Wenny, Ria, Nanda, Evan, Vida, Khumairah, Hisyam, dan teman-teman Majesty yang telah berjuang bersama;
6. semua pihak yang selalu mendoakan dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Jember, 29 Juni 2018

Penulis

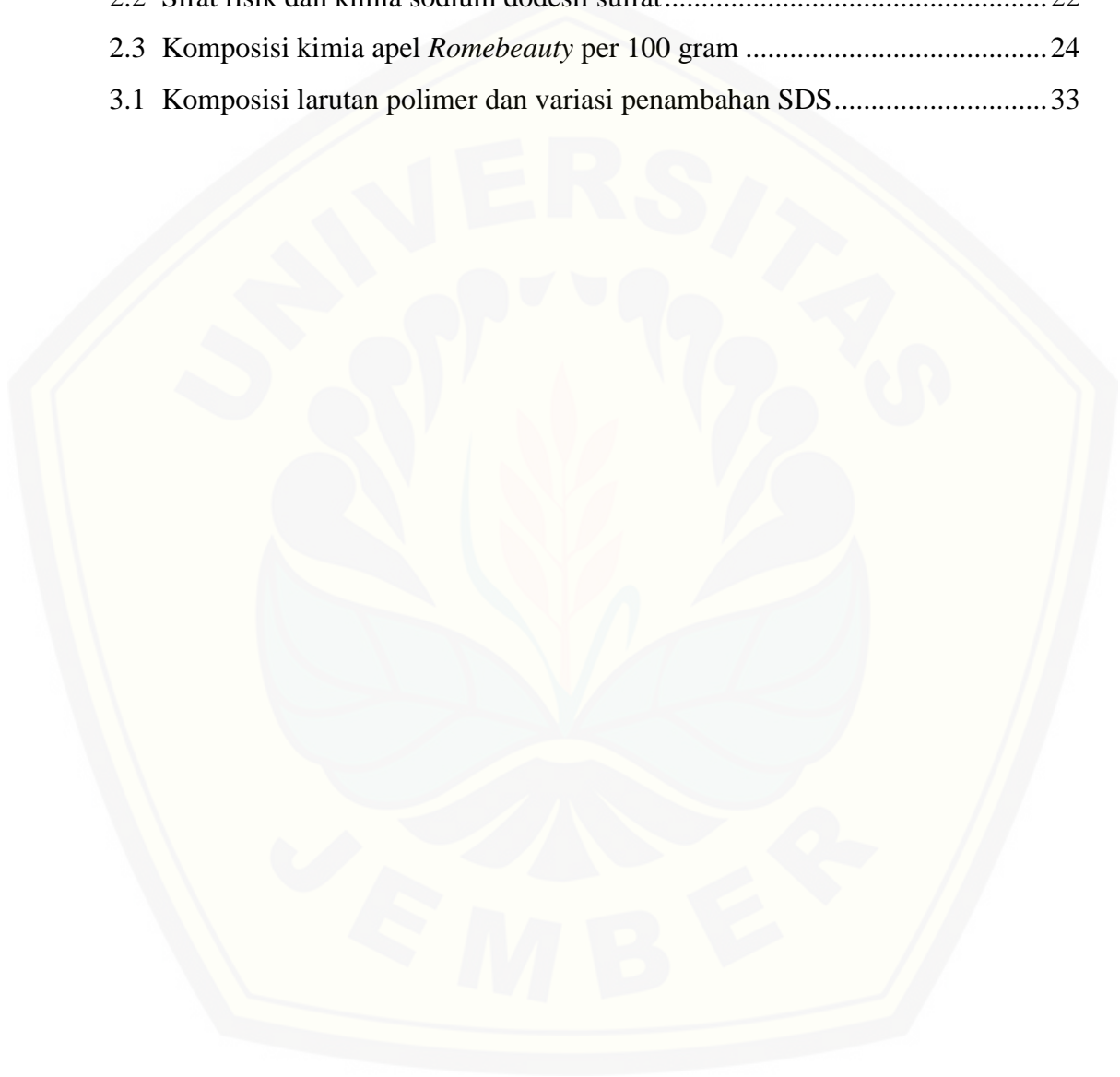
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Membran</b> .....	5
<b>2.2 Klasifikasi Membran</b> .....	6
<b>2.3 Karakterisasi Kinerja Membran</b> .....	8
2.3.1 Uji Fluks .....	9
2.3.2 Koefisien Rejeksi .....	10
<b>2.4 Membran Ultrafiltrasi</b> .....	11
2.4.1 Inversi Fase .....	12
2.4.2 Presipitasi Immersi .....	14
2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pembentukan Struktur Membran.....	14
<b>2.5 Material Membran</b> .....	17
2.5.1 Selulosa Asetat .....	17
2.5.2 DMSO .....	19
2.5.3 Aseton.....	19
2.5.4 Dimetil ftalat .....	20
<b>2.6 Surfaktan</b> .....	21
<b>2.7 Buah Apel</b> .....	23
<b>2.8 Pektin</b> .....	27
<b>2.9 Metode Analisis Karbohidrat Total (Metode Fenol-Sulfat)</b> .....	28

<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	31
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	31
3.2.1 Alat .....	31
3.2.2 Bahan .....	31
<b>3.3 Diagram Alir Penelitian</b> .....	32
<b>3.4 Prosedur Penelitian</b> .....	33
3.4.1 Pembuatan Membran .....	33
3.4.2 Karakterisasi Membran Selulosa Asetat .....	34
3.4.3 Uji Rejeksi terhadap Larutan Dekstran 40 kDa .....	35
3.4.4 Uji Kinerja Membran Terhadap Pektin Sari Buah Apel .....	37
3.4.5 Penentuan Koefisien Rejeksi Pektin dalam Sari Buah Apel .....	38
3.4.6 Pengukuran % Transmittansi .....	39
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	40
<b>4.1 Pengaruh Variasi Penambahan SDS Terhadap Fluks dan Koefisien Permeabilitas Membran Selulosa Asetat</b> .....	40
<b>4.2 Pengaruh Variasi Penambahan SDS Terhadap Koefisien Rejeksi Dekstran 40 kDa</b> .....	46
<b>4.3 Pengaruh Variasi Penambahan SDS Terhadap Fluks, Koefisien Rejeksi Kandungan Pektin, serta % Transmittansi Sari Buah Apel</b> .....	49
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	55
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	55
<b>5.2 Saran</b> .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	56
<b>LAMPIRAN</b> .....	61

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Parameter kelarutan.....	15
2.2 Sifat fisik dan kimia sodium dodesil sulfat.....	22
2.3 Komposisi kimia apel <i>Romebeauty</i> per 100 gram .....	24
3.1 Komposisi larutan polimer dan variasi penambahan SDS.....	33





**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1	Proses pemisahan pada membran ..... 5
2.2	Klasifikasi membran berdasarkan struktur ..... 7
2.3	Sistem operasi membran..... 8
2.4	Grafik penentuan nilai permeabilitas ( $L_p$ ) ..... 9
2.5	Proses pembentukan membran dengan presipitasi immersi ..... 14
2.6	Struktur Selulosa Asetat ..... 18
2.7	Struktur DMSO..... 19
2.8	Struktur Aseton ..... 19
2.9	Struktur Dimetil Ftalat..... 21
2.10	Struktur Sodium Dodesil Sulfat..... 23
2.11	Struktur Pektin ..... 27
2.12	Reaksi glukosa dengan reagen fenol-sulfat berdasarkan metode dubois..... 29
2.13	Reaksi hipotetik beberapa karbohidrat dengan reagen fenol-sulfat..... 30
3.1	Diagram alir penelitian ..... 32
3.2	Pola kurva standar..... 36
4.1	Proses Kompaksi Membran Selulosa Asetat dengan variasi jumlah penambahan SDS dalam larutan <i>dope</i> pada Tekanan 2 bar..... 40
4.2	Waktu Kompaksi Membran Selulosa Asetat dengan variasi jumlah penambahan SDS dalam larutan <i>dope</i> ..... 41
4.3	Pengaruh Penambahan SDS dalam Pembentukan Membran dengan Inversi Fase ..... 42
4.4	Nilai fluks air membran selulosa asetat dengan variasi jumlah penambahan SDS dalam larutan <i>dope</i> ..... 44
4.5	Koefisien permeabilitas membran membran selulosa asetat dengan variasi jumlah penambahan SDS dalam larutan <i>dope</i> ..... 45
4.6	<i>Scanning</i> panjang gelombang larutan dekstran 40 kDa..... 47
4.7	Koefisien Rejeksi dekstran 40 kDa..... 47
4.8	Proses penyaringan sari buah apel ..... 49



4.9	Nilai fluks larutan umpan sari buah apel pada membran dengan variasi jumlah penambahan SDS dalam larutan <i>dope</i> .....	50
4.10	<i>Scanning</i> panjang gelombang larutan karbohidrat total .....	51
4.11	Koefisien rejeksi kandungan pektin dalam sari buah apel.....	52
4.12	%Transmitansi permeat sari buah apel .....	53



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Waktu Kompaksi Membran Selulosa Asetat .....	63
4.2 Fluks Air Membran Selulosa Asetat .....	73
4.3 Koefisien Permeabilitas Membran Selulosa Asetat .....	74
4.4 <i>Scanning</i> Dekstran 40 kDa .....	79
4.5 Kurva Standar Dekstran 40 kDa .....	80
4.6 Rejeksi Dekstran 40 kDa .....	81
4.7 Fluks Larutan Umpan Sari Buah Apel (1:10 v/v) .....	83
4.8 <i>Scanning</i> Campuran Larutan Karbohidrat Total 52 ppm .....	84
4.9 Kurva Standar Karbohidrat Total .....	85
4.10 Koefisien Rejeksi Pektin Sari Buah Apel .....	86
4.11 Kejernihan Sari Buah Apel Menggunakan Pengukuran Transmittansi pada 625 nm .....	88

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sari buah merupakan salah satu jenis pengolahan buah yang berpotensi untuk memperpanjang masa simpan buah. Buah yang sering diolah menjadi sari buah adalah buah apel. Sari buah apel yang jernih lebih diinginkan karena menurut Nelson (1980) sebagian besar sari buah apel di Amerika dijual dalam keadaan yang telah dijernihkan. Pembuatan sari buah apel jernih terkendala oleh kandungan pektin yang tinggi pada apel. Pektin merupakan jenis polisakarida yang dapat menyebabkan sari buah bersifat keruh dan terdapat endapan (Winarno, 1997).

Upaya penjernihan sari buah biasanya menggunakan metode konvensional yang melibatkan sejumlah tahapan yang cukup panjang, meliputi sentrifugasi untuk menghilangkan padatan terlarut, perlakuan secara enzimatik untuk depektinisasi, penambahan bentonit untuk menghilangkan kabut dalam sari buah, dan yang terakhir filtrasi untuk menghilangkan bahan tambahan tersebut (Rai, 2009). Proses pemisahan seperti ini akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan energi yang besar. Industri sari buah saat ini menggunakan teknologi membran untuk memisahkan atau memfiltrasi komponen koloidal termasuk pektin yang mengakibatkan kekeruhan pada sari buah apel. Kelebihan proses pemisahan dengan menggunakan membran, diantaranya lebih cepat dalam memisahkan, efisiensi dalam menggunakan energi, dan tidak terjadi perubahan fase dalam larutan yang dipisahkan (Idris dkk, 2007).

Pektin memiliki berat molekul sekitar 30.000 hingga 300.000 Da (Kirk dan Othmer, 1967), sehingga dapat difiltrasi dengan membran jenis ultrafiltrasi. Membran ultrafiltrasi dapat merejeksi makromolekul yang berukuran  $10^4 - 10^8$  Dalton (Mulder, 1996). Mahartika dkk (2014) membuat mesin modifikasi ultrafiltrasi sari buah belimbing UKM MULYASARI dengan menggunakan membran ultrafiltrasi polisulfon. Hasil yang diperoleh terjadi penurunan kadar pektin sebesar 46,7% dari 0,03% menjadi 0,014% dalam sari buah belimbing setelah ultrafiltrasi. Salah satu material membran lain yang banyak digunakan untuk aplikasi ultrafiltrasi adalah selulosa asetat (CA). Kelebihan polimer selulosa asetat

sebagai material membran diantaranya yaitu dapat diproduksi dari bahan alam, tingkat selektifan membran yang tinggi untuk menahan spesi dalam larutan umpan (Mulder, 1996), serta bersifat hidrofilik (Cheryan, 1986).

Pembuatan membran selulosa asetat dapat dilakukan dengan teknik inversi fase. Pembentukan pori membran yang dibuat menggunakan teknik ini dan dapat dikendalikan. Berbagai macam polimer dapat dibuat sebagai membran dengan metode ini, selain itu juga sangat mudah dilakukan (Wenten, 2000). Beberapa hal yang mempengaruhi pembentukan pori pada membran dengan metode inversi fase adalah komposisi dalam larutan *dope*, konsentrasi polimer, pemilihan sistem pelarut dan non pelarut, serta penambahan zat aditif.

Penambahan surfaktan sebagai zat aditif dan agen pembentuk pori telah dilakukan oleh Rahimpour (2007) pada membran PES/PVP. Surfaktan yang ditambahkan adalah surfaktan anionik *sodium dodecyl sulfate* (SDS) ke dalam larutan *dope* dengan variasi konsentrasi 0,5; 1; 1,5; 2% menghasilkan nilai fluks dan rejeksi terhadap susu cair tertinggi pada konsentrasi 1,5%. Fluks membran sebelum ditambah dengan SDS sebesar 30 kg/jam.m<sup>2</sup> meningkat menjadi 38 kg/jam.m<sup>2</sup>. Nilai rejeksi protein pada susu meningkat dari 94% menjadi 98% setelah ditambahkan dengan SDS. Buana (2014) menambahkan SDS sebanyak 2% dan 4% dengan konsentrasi polimer selulosa asetat masing-masing 16% dan 14% menghasilkan fluks air yang optimum sebesar 11,75 L/jam.m<sup>2</sup> dan 14,43 L/jam.m<sup>2</sup> serta rejeksi dekstran 100-200 kDa yang mirip dengan ukuran pektin cukup besar sebesar 63,81% dan 61,14%.

Berdasarkan latar belakang tersebut akan dilakukan penelitian pembuatan membran selulosa asetat dengan komposisi 20% (Apriliasari, 2013) dan penambahan SDS dalam larutan *dope* dengan variasi jumlah 1; 1,5; 2; 2,5; 3%. Membran selulosa asetat dibuat menggunakan pelarut aseton dan DMSO masing-masing sebanyak 15% dan 62%, serta penambahan DMP sebanyak 3%. Penambahan pelarut dengan komposisi tersebut bertujuan agar diperoleh membran ultrafiltrasi (Apriliasari, 2013). Membran selulosa asetat yang ditambahkan SDS ini diharapkan menghasilkan membran dengan sifat fisik dan kinerja (fluks dan rejeksi)

yang dapat menjernihkan sari buah apel dari kandungan pektin yang terdapat didalamnya.

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah penambahan *sodium dodecyl sulfat* dalam larutan *dope* terhadap fluks air dan koefisien permeabilitas membran selulosa asetat?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah penambahan *sodium dodecyl sulfat* dalam larutan *dope* terhadap koefisien rejeksi membran selulosa asetat menggunakan dekstran 40 kDa?
3. Bagaimana pengaruh variasi jumlah penambahan *sodium dodecyl sulfat* dalam larutan *dope* terhadap fluks dan koefisien rejeksi pektin dalam sari buah apel?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh variasi jumlah penambahan *sodium dodecyl sulfat* dalam larutan *dope* terhadap fluks air, dan koefisien permeabilitas membran selulosa asetat.
2. Mempelajari pengaruh variasi jumlah penambahan *sodium dodecyl sulfat* dalam larutan *dope* terhadap koefisien rejeksi membran selulosa asetat menggunakan dekstran 40 kDa.
3. Mempelajari pengaruh variasi jumlah penambahan *sodium dodecyl sulfat* dalam larutan *dope* terhadap fluks dan koefisien rejeksi pektin dalam sari buah apel.

### 1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan material membran polimer selulosa asetat BM 30.000 Da.
2. Konsentrasi selulosa asetat dalam larutan *dope* sebanyak 20% (b/b).
3. Surfaktan anionik yang digunakan adalah *sodium dodecyl sulfat* (SDS).

4. Uji rejeksi dilakukan terlebih dahulu pada dekstran 40 kDa untuk mengetahui kemampuan membran menahan molekul dengan ukuran pada rentang berat molekul pektin dalam sari buah.
5. Penentuan koefisien rejeksi pektin berdasarkan konsentrasi karbohidrat total dalam larutan umpan dan permeat.
6. Pengukuran kejernihan sari buah apel melalui nilai % transmitansi pada 625 nm.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Dapat memberikan informasi baru terhadap perkembangan teknologi membran untuk penjernihan sari buah apel.
2. Dapat mengetahui pengaruh variasi penambahan SDS pada larutan *dope* membran selulosa asetat terhadap uji rejeksi pektin.

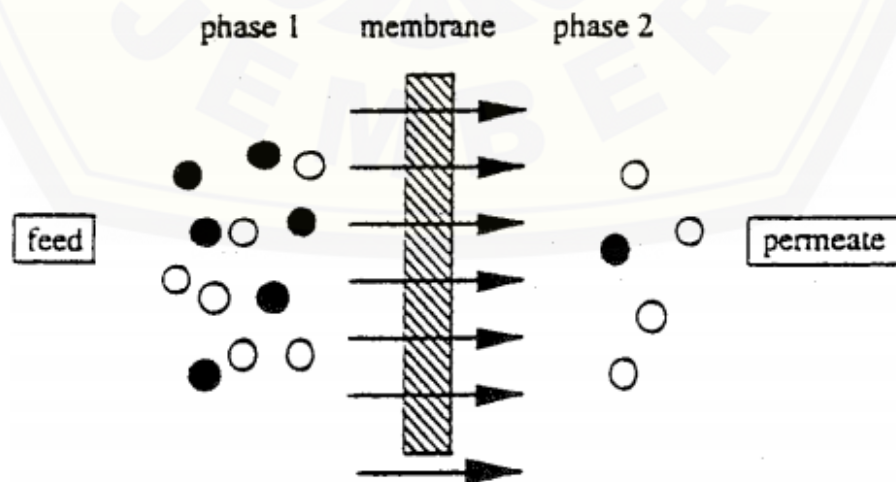


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Membran

Membran merupakan bagian penting dalam tubuh makhluk hidup. Seluruh sel penyusun makhluk hidup, seperti sel jaringan dan sel organ penyusun tubuh dilapisi dengan membran. Membran sel bersifat sangat selektif sehingga hanya zat-zat tertentu yang dibutuhkan dalam metabolisme sel saja yang dapat melaluinya (Wenten, 2000). Kata membran diambil dari Bahasa Latin “membrana” yang diartikan sebagai kulit kertas. Membran kemudian diperluas artinya menjadi lembaran tipis bersifat semipermeable dan selektif terhadap spesi tertentu (Mulder, 1996).

Membran atau lapisan tipis semipermeabel dapat memisahkan dua fase dengan melewatkan spesi tertentu dan menahan spesi yang lain (Gambar 2.1). Spesi yang tertahan berada pada fase umpan atau fase 1, sedangkan fase 2 atau fase permeat mengandung partikel yang dapat melewati membran. Pemisahan ini berdasarkan pada ukuran partikel yang akan dipisahkan. Ukuran molekul partikel yang lebih besar akan tertahan dan yang berukuran lebih kecil akan dilewatkan melalui membran (Baker, 2012). Kemampuan untuk mengontrol laju spesi kimia yang dapat tertahan atau melewati membran yang berbeda-beda adalah sifat utama membran yang mendasari pemanfaatan membran secara luas (Baker, 2012). Proses pemisahan dengan menggunakan membran dapat diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses pemisahan pada membran (Sumber: Mulder, 1996)

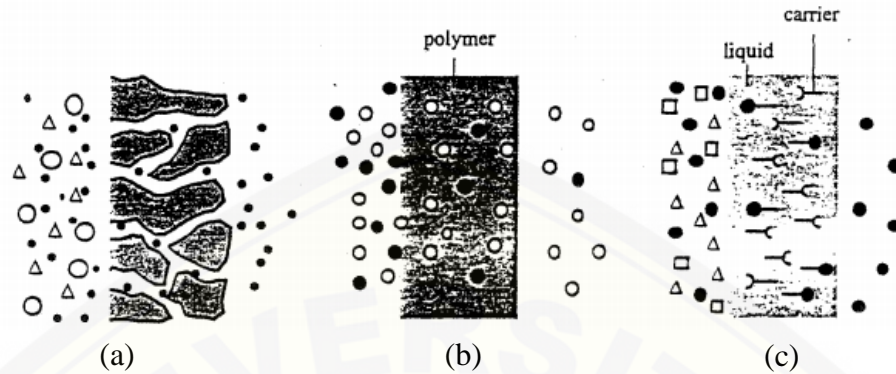
Membran memiliki pori dengan ukuran tertentu yang menentukan selektifitas dari material membran. Struktur membran dan ketebalan membran juga mempengaruhi selektifitas membran sehingga memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pemisahan. Kinerja atau efisiensi membran dalam proses pemisahan ditentukan oleh dua parameter yaitu selektifitas dan laju alir (fluks) melalui membran (Mulder, 1996). Membran dengan ketebalan lapisan struktur yang semakin besar akan mengakibatkan fluks yang dihasilkan semakin kecil (Wenten, 2000).

## 2.2 Klasifikasi Membran

Membran dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai aspek. Membran dibagi menjadi membran alami dan sintetik berdasarkan asalnya. Membran alami adalah membran yang terdapat di dalam sel makhluk hidup dan terbentuk secara alami. Membran sintetik adalah membran yang dibuat dari material tertentu berdasarkan sifat-sifat membran alami yang disesuaikan dengan kebutuhan pemisahan. Membran sintesis dapat berupa membran organik dan anorganik (Wenten, 2000).

Membran secara umum terbagi menjadi membran berpori (*porous membrane*) dan membran tak berpori (*dense membrane*), serta membran *carrier* berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya (Gambar 2.2). Membran berpori yaitu membran yang memiliki ruang kosong atau lubang dengan berbagai ukuran yang terbentuk pada setiap lapisannya. Pemisahan dengan membran ini berdasarkan ukuran molekul partikel yang akan dipisahkan dan distribusi ukuran pori membran (Baker, 2012). Membran ini dibedakan menjadi tiga, yaitu membran makropori (ukuran pori >50 nm) membran mesopori (ukuran pori 2 – 50 nm), dan membran mikropori (ukuran pori <2 nm) (Mulder, 1996). Membran tak berpori (*dense membrane*) terdiri dari film padat dengan proses pemisahan berdasarkan kemampuan berdifusi partikel yang dipisahkan karena adanya gaya dorong berupa tekanan, konsentrasi, atau perbedaan potensial listrik (Baker, 2012). Membran *carrier* memiliki mekanisme perpindahan massa yang tidak ditentukan oleh sifat membran (atau material membran) yang digunakan, namun ditentukan oleh sifat

molekul pembawa (*carrier*) yang spesifik. Komponen yang akan dipisahkan dapat berupa gas atau cairan, ionik atau non-ionik (Mulder, 1996).



Gambar 2.2 Klasifikasi membran berdasarkan struktur (a) membran berpori; (b) membran tidak berpori; (c) membran *carrier* (Sumber: Mulder, 1996)

Membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan *reverse osmosis* termasuk membran yang dibedakan berdasarkan proses pemisahan pada proses pemisahan partikel dengan gaya dorong berupa tekanan. Fungsi dari setiap membran ini yang mengakibatkan perbedaan jenis bahan yang dapat dipisahkan dari larutan didasarkan pada ukuran porinya. Pori membran mikrofiltrasi berukuran sekitar 0,05 – 10  $\mu\text{m}$ , ukuran pori membran ultrafiltrasi berkisar antara 1  $\mu\text{m}$  – 1 nm, membran nanofiltrasi porinya berukuran 2 – 5 nm, dan ukuran pori membran *reverse osmosis* sebesar 0,0001 – 0,001  $\mu\text{m}$  (Baker, 2012).

Membran berdasarkan geometri porinya menurut Freeman (1999) terbagi menjadi membran simetrik dan asimetrik:

#### 1. Membran simetrik

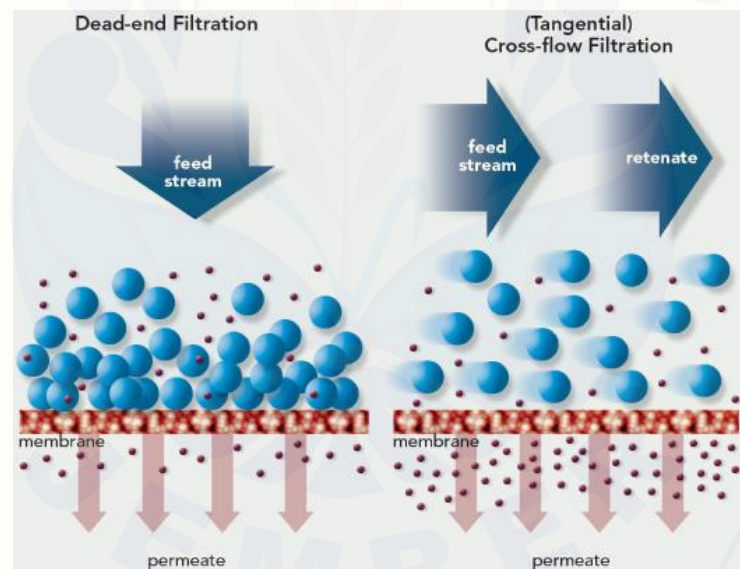
Struktur membran simetrik tetap sama dari lapisan atas ke lapisan bawah dengan ketebalan 10 – 200  $\mu\text{m}$ . Membran ini memiliki kelemahan yaitu selektivitasnya tinggi namun permeabilitasnya rendah apabila strukturnya rapat, sedangkan untuk struktur yang lebih berpori permeabilitasnya tinggi namun selektivitasnya rendah. Mulder (1996) menyebutkan bahwa, penyumbatan pori atau *fouling* pada membran ini kemungkinan lebih cepat terjadi.

#### 2. Membran asimetrik

Membran asimetrik memiliki struktur yang berbeda pada lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan atas membran memiliki ketebalan 0,1 – 0,5  $\mu\text{m}$  dan

strukturnya sangat rapat. Lapisan bawah membran dengan ketebalan 50 – 150  $\mu\text{m}$  memiliki struktur yang lebih berpori. Membran jenis ini memiliki selektivitas dan permeabilitas yang tinggi karena menggabungkan struktur membran yang lebih rapat dan selektivitasnya tinggi dengan struktur membran yang lebih berpori dan permeabilitasnya tinggi.

Membran berdasarkan pada sistem aliran pemisahannya dibedakan atas sistem *dead-end* dan sistem *crossflow* yang digambarkan pada Gambar 2.3. 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. Sistem operasi *dead-end* ini cenderung menyebabkan terjadinya fouling yang tinggi karena terbentuknya lapisan (*cake*) di permukaan membran pada sisi masuknya larutan umpan. Ketebalan *cake* meningkat terhadap waktu sehingga fluks mengalami penurunan hingga mencapai nol.



Gambar 2.3 Sistem operasi membran (Sumber: Wenten, 2000)

### 2.3 Karakterisasi Kinerja Membran

Beberapa metode yang digunakan untuk mengkarakterisasi membran yaitu fluks air, serta rejeksi membran.



### 2.3.1 Uji Fluks

Kinerja suatu membran ultrafiltrasi dapat ditentukan oleh fluks atau laju permeasi. Fluks volume merupakan jumlah volume permeat yang dihasilkan pada operasi membran dalam satuan waktu dan luas permukaan membran yang digunakan. Satuan yang digunakan untuk menyatakan besaran fluks adalah  $L/m^2$ jam atau  $Kg/m^2$ jam atau  $mol/m^2$ jam (Mulder, 1996). Penentuan besarnya nilai fluks dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.1).

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

Keterangan :

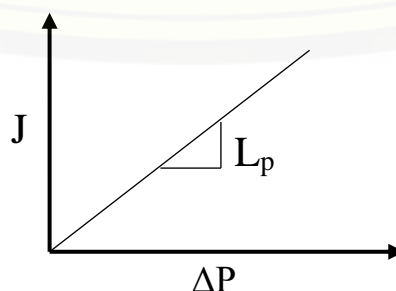
$J_v$  = fluks volume ( $L/m^2$ jam)

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

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

$V$  = volume permeat (L)

Kompaksi terhadap membran yang akan diuji terlebih dahulu dilakukan sebelum uji fluks pada larutan berlangsung. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan. Penurunan fluks air akan terjadi karena adanya deformasi mekanik pada matriks membran akibat tekanan yang diberikan sehingga terjadi pemadatan pori film membran yang menyebabkan nilai fluks menjadi turun. Perlakuan tersebut akan menghasilkan nilai fluks untuk setiap tekanan pada membran, kemudian dibuat grafik nilai perubahan tekanan (sebagai sumbu X) dan nilai fluks (sebagai sumbu Y). Nilai  $L_p$  (koefisien permeabilitas) ditentukan dari nilai slope yang didapatkan pada setiap grafik. Grafik penentuan koefisien permeabilitas dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Grafik penentuan nilai permeabilitas ( $L_p$ )

Koefisien permeabilitas ditentukan menggunakan persamaan 2.2 (Mulder, 1996).

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

Keterangan :

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

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

$\Delta P$  = perubahan tekanan

### 2.3.2 Koefisien Rejeksi

Selektivitas membran terhadap campuran secara umum dinyatakan oleh satu dari dua parameter yaitu koefisien rejeksi ( $R$ ) dan faktor pemisahan ( $\alpha$ ). 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 dengan rejeksi dalam persamaan (2.3) (Saljoughi, 2010).

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

Keterangan:

$R$  = koefisien rejeksi

$C_p$  = konsentrasi permeat

$C_f$  = konsentrasi larutan umpan

$R$  adalah parameter yang tidak berdimensi bernilai 0–100%. Nilai  $R$  berkisar 100% jika zat terlarut tertahan sebagian besar atau seluruhnya. Nilai tersebut menunjukkan terjadinya pemisahan sempurna. Nilai  $R$  sebesar 0% jika zat terlarut terbebas melalui membran bersama pelarutnya, yang berarti semua partikel lolos dari membran (Mulder, 1996).



## 2.4 Membran Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi (UF) merupakan membran yang spektrum filtrasinya terletak di antara mikrofiltrasi dan nanofiltrasi, dapat memisahkan komponen yang berukuran 1 – 100 nm. Membran UF dapat mengontrol mikroorganisme patogen kecil seperti virus dengan sangat efektif dan juga dapat mengurangi kekeruhan air. Karakteristik komponen yang dapat dipisahkan oleh membran secara umum dinyatakan dalam *Molecular Weight Cut Off* (MWCO). MWCO adalah berat molekul bahan yang dapat ditahan oleh membran. Membran UF dapat memisahkan komponen dengan MWCO  $10^4$  –  $10^8$  Dalton. Membran UF termasuk membran berpori dengan rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relative terhadap ukuran pori membran. Membran UF adalah membran asimetrik yang terdiri dari bagian *top layer* yang sangat tipis dan bagian *sub layer* yang berpori. Pada bagian *sub layer* sering ditemukan ruang kosong yang besar dikenal dengan *macrovoid* (Mulder, 1996). *Macrovoid* dapat meningkatkan nilai fluks air pada sebuah membran ultrafiltrasi. *Macrovoid* juga menurunkan kekuatan membran pada bagian selektivitas membran karena banyak molekul yang seharusnya tertahan oleh pori membran justru lolos melewati membran akibat adanya *macrovoid* tersebut (Anwar, 2006).

Pembentukan *macrovoid* dapat dicegah dengan beberapa cara menurut Mulder (1996), meliputi:

1. Pemilihan sistem pelarut dan non-pelarut
2. Peningkatan konsentrasi polimer dalam larutan *casting*
3. Penambahan pelarut ke dalam bak koagulasi
4. Penambahan non-pelarut dalam larutan *casting*
5. Penambahan aditif dalam larutan *casting*

Pelarut dan non-pelarut apabila memiliki daya afinitas yang tinggi akan menyebabkan pelarut yang berada di dalam membran akan mengalir cepat menuju *nucleus* yang ada pada fase miskin polimer. Peningkatan konsentrasi pelarut dalam *nucleus* akan memicu pembentukan *macrovoid*. Sebaliknya, apabila antara pelarut dan non-pelarut memiliki daya affinitas yang rendah, aliran pelarut menuju *nucleus* dalam fase miskin polimer akan lambat. Propagasi difusi non-pelarut akan terjadi

dan menyebabkan terbentuknya *nucleus* baru dibagian dalam membran. Pembentukan *nucleus* baru akan menghalangi pertumbuhan *nucleus* lama sehingga *macrovoid* tidak terbentuk (Strathmann *et al*, 1985).

Membran dapat dibuat dari berbagai jenis material sesuai dengan kebutuhan. Bahan – bahan polimer yang dapat digunakan untuk membuat membran ultrafiltrasi secara komersial, seperti polisulfon/ polietersulfon/ *sulfonated polysulfone*, polivinilidena *fluoride*, poliakrilonitril, selulosa asetat, poliamida alifatik, dan polieterketon. Keramik juga telah dimanfaatkan untuk pembuatan membran ultrafiltrasi, khususnya alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan zirconia ( $\text{ZrO}_2$ ) (Mulder, 1996). Pembuatan membran dari material dan teknik tertentu akan menghasilkan membran yang spesifik terhadap suatu proses pemisahan. Teknik yang digunakan dalam pembuatan membran harus disesuaikan dengan material membran dan morfologi membran yang ingin diperoleh. Teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching*, inversi fase, dan *coating*. Teknik yang sering digunakan dalam pembuatan membran ultrafiltrasi adalah teknik inversi fase (Wenten, 2000). Proses pembuatan membran pada penelitian ini akan menggunakan teknik inversi fase.

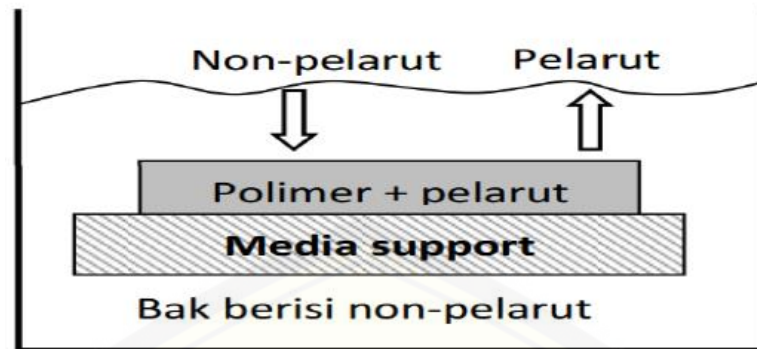
#### 2.4.1 Inversi Fase

Inversi fase merupakan suatu proses pembuatan membran dengan cara perubahan polimer dari keadaan cair menjadi padat. Proses pemadatan atau solidifikasi selalu diawali dari satu fase cair menjadi dua fase cair-cair (*liquid-liquid demixing*). Salah satu dari fase liquid dengan konsentrasi polimer yang tinggi akan mengalami pemadatan sehingga akan terbentuk suatu matriks padatan selama proses *demixing*. Fase liquid yang sedikit polimernya akan membentuk pori membran. Metode ini dapat menghasilkan morfologi membran sesuai keinginan dengan cara mengontrol keadaan awal dari transisi fase (Mulder, 1996).

Konsep inversi fase meliputi beberapa teknik presipitasi yang berbeda seperti, presipitasi fase uap, penguapan pelarut, presipitasi termal, presipitasi dengan penguapan terkendali, serta presipitasi immersi. Membran yang dibuat

dengan teknik inversi fase sebagian besar menggunakan metode presipitasi immersi (Mulder, 1996).

1. Presipitasi fase uap merupakan metode pembuatan membran dengan cara menempatkan larutan polimer dalam cetakan dalam suasana uap. Fase uap mengandung uap jenuh non pelarut dan pelarut yang sama dengan cetakan membran. Konsentrasi pelarut yang tinggi di fase uap mencegah penguapan pelarut dari cetakan membran. Pembentukan membran terjadi karena difusi dari nonpelarut ke dalam cetakan. Membran yang terbentuk adalah membran berpori tanpa lapisan atas.
2. Presipitasi penguapan pelarut merupakan metode pembuatan membran dengan cara pelarut dari larutan polimer dibiarkan menguap pada suasana *inert* (nitrogen) sehingga terbentuk membran yang homogen. Cara lain yang dapat dilakukan adalah *dipcoating* atau *spraying* yang diikuti dengan penguapan.
3. Presipitasi termal merupakan metode pembentukan membran dengan cara mendinginkan larutan polimer agar terjadi pemisahan fase dan penguapan pelarut. Penguapan pelarut sering mengakibatkan terbentuknya membran untuk mikrofiltrasi.
4. Presipitasi dengan penguapan terkendali didasarkan pada perbedaan volatilitas antara pelarut dan non pelarut. Pelarut yang digunakan apabila lebih mudah menguap daripada non pelarut maka perubahan komposisi selama penguapan akan bergerak ke arah kandungan non pelarut yang lebih tinggi dan konsentrasi polimer yang lebih tinggi, sehingga nantinya akan dihasilkan suatu membran berkulit.
5. Presipitasi immersi merupakan suatu metode pembentukan membran yang memanfaatkan adanya interaksi antara non pelarut dan pelarut. Persiapan awal yang dilakukan dengan metode ini adalah melarutkan polimer ke dalam suatu pelarut yang sesuai kemudian dicetak dalam cetakan. Membran dalam cetakan dimasukkan ke dalam bak koagulasi yang berisi non pelarut. Membran yang dihasilkan dari proses ini yaitu membran datar. Gambar 2.5 menunjukkan proses pembentukan membran menggunakan metode inversi fase dengan presipitasi immersi.



Gambar 2.5 Proses pembentukan membran dengan presipitasi immersi (Sumber: Arrahman, 2012)

#### 2.4.2 Presipitasi Immersi

Pembuatan membran dalam penelitian ini akan menggunakan metode inversi fase dengan presipitasi immersi. Proses ini dimaksudkan agar dapat terjadi *liquid-liquid demixing*. *Demixing* adalah proses awal pematangan untuk membentuk membran. Pertukaran pelarut dengan non pelarut pada membran akan terjadi selama proses *demixing*. Pertukaran pelarut ini menyebabkan polimer membentuk matriks padatan hingga menjadi membran. Mekanisme pada proses *demixing* dibedakan menjadi dua, yaitu *instantaneous demixing* dan *delayed demixing*.

##### a. *Instantaneous demixing*

*Instantaneous demixing* adalah *demixing* yang terjadi segera setelah polimer dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang berisi non pelarut. Membran yang terbentuk biasanya membran berpori.

##### b. *Delayed demixing*

*Delayed demixing* adalah *demixing* yang terjadi beberapa saat setelah larutan polimer dalam bentuk film dicelupkan ke dalam bak koagulasi. Membran yang terbentuk dengan mekanisme *demixing* ini adalah membran tidak berpori.

#### 2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pembentukan Struktur Membran

Parameter-parameter yang berpengaruh dalam proses pembentukan struktur membran menurut Mulder (1996) antara lain pemilihan polimer, komposisi



pelarut, komposisi larutan polimer, pemilihan sistem pelarut-nonpelarut, waktu penguapan larutan polimer, penambahan zat aditif, komposisi bak koagulasi.

### 1. Pemilihan polimer

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

### 2. Komposisi Pelarut

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

Tabel 2.1. Parameter kelarutan

Pelarut	Parameter Kelarutan ( $\delta$ ) (MPa <sup>1/2</sup> )	$\Delta\delta$ (parameter kelarutan)	
		CA	
Dioksan	20,6	0,64	
<b>Aseton</b>	<b>20,3</b>	<b>0,34</b>	
<b>DMSO</b>	<b>29,7</b>	<b>9,74</b>	
DMF	24,8	4,84	
DMAc	22,1	2,14	
Asam Asetat	20,7	0,74	
Anilin	21,1	1,14	
Asam format	24,8	4,48	
THF	18,6	1,36	
Metanol	29,7	9,74	
Formamida	39,7	19,74	

Sumber: Brandup, 1975

Kelarutan polimer dalam pelarut dapat dilihat dari harga parameter kelarutan. Nilai parameter kelarutan untuk selulosa asetat sebesar 19,96 MPa<sup>1/2</sup>. Parameter kelarutan polimer selulosa asetat ditunjukkan pada tabel 2.1. Kelarutan yang baik

apabila nilai  $\Delta\delta$  (parameter kelarutan) antara polimer dan pelarut semakin kecil, artinya polimer akan lebih cepat larut terhadap pelarut yang digunakan.

### 3. Pemilihan sistem pelarut-nonpelarut

Pemilihan sistem pelarut-nonpelarut sangat mempengaruhi struktur membran yang dihasilkan. Polimer yang digunakan untuk membuat membran dengan teknik inversi fase harus larut dalam pelarut yang cocok. Kelarutan polimer berkurang dengan bertambahnya massa molekul, sehingga diperbolehkan menggunakan lebih dari satu pelarut yang cocok untuk polimer tersebut. Non pelarut yang digunakan sebagai koagulan harus dapat larut dalam pelarut. Air adalah non pelarut yang umum digunakan dalam proses inversi fase. Proses pencampuran dapat berlangsung secara sempurna jika komposisi semua bahan penyusun membran mempunyai daya larut yang sama. Komposisi total sangat menentukan homogenitas dan kinerja membran. Widayanti (2013) membuat membran selulosa asetat yang memiliki nilai koefisien rejeksi Dekstran BM 100-200 kDa diatas 90% menggunakan kombinasi dua jenis pelarut berbeda, yaitu aseton dan asam format dengan komposisi 9/6 mol, sedangkan non pelarut yang digunakan dalam bak koagulasi adalah air.

### 4. Komposisi larutan polimer

Larutan polimer secara umum terdiri dari polimer, pelarut, dan tambahan zat aditif. Komposisi larutan polimer harus tetap berada pada satu fase sehingga tidak terjadi *demixing*, sehingga penambahan bahan lain dalam larutan polimer hanya akan mempengaruhi struktur membran. Perubahan komposisi larutan polimer akan mempengaruhi porositas dan kinerja dari membran.

### 5. Penambahan aditif

Aditif memiliki fungsi yang spesifik. Fungsi tersebut meliputi: perlindungan terhadap pengaruh lingkungan seperti penolak nyala, penyerap radiasi ultraviolet, antioksidan, antiozon (stabilitas termal dan kimia), mempermudah pemrosesan, memperbaiki kekuatan mekaniknya, jumlah dan interkoneksi antar pori dalam membran (Kesting, 1971). Penambahan surfaktan dalam larutan polimer dapat meningkatkan sifat hidrofisilitas membran dan dapat menurunkan sudut kontak air (Mulijani, 2010). Rahimpour (2007) menambahkan surfaktan SDS sebagai surfaktan anionik, CTAB sebagai surfaktan kationik, dan Triton X-100 sebagai



surfaktan nonionik ke dalam larutan polimer PES/PVP/DMAc. Ghaemi *et al.* (2012) menambahkan surfaktan sodium dodesil sulfat dan CTAB pada larutan polimer.

## 2.5 Material Membran

Membran dapat terbuat dari berbagai bahan material organik maupun anorganik. Material anorganik dapat berupa keramik, zeolit, logam, dan gelas. Material membran yang umumnya digunakan adalah polimer. Polimer dipilih sebagai material membran karena kemudahannya dalam proses pembuatan dengan karakteristik membran yang dapat divariasikan sesuai dengan kemampuan yang diinginkan (Wenten, 2000). Salah satu polimer yang sering digunakan sebagai material membran adalah selulosa asetat.

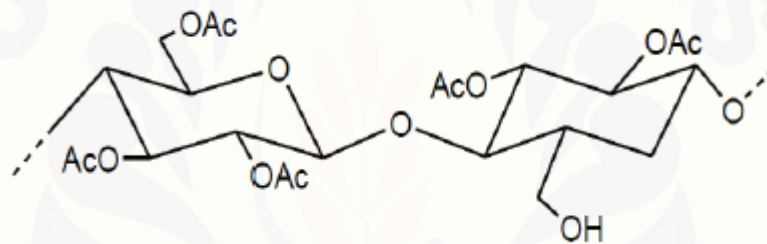
### 2.5.1 Selulosa Asetat

Bentuk dasar dari selulosa asetat adalah selulosa. Selulosa merupakan polimer polisakarida dari monomer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida  $\beta$ -1,4 antar molekul glukosa penyusunnya. Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Molekul selulosa meliputi rantai-rantai dari D-glukosa sampai 14.000 satuan yang terdapat sebagai berkas-berkas terpuntir mirip tali, yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen (Fessenden, 1989). Berat molekulnya bervariasi antara 500.000 hingga 1.500.000 dengan tiap unitnya mengandung tiga gugus hidroksil dan memiliki berat molekul 3.000-9.000. Selulosa mempunyai sifat seperti kristalin dan tidak mudah larut dalam air walaupun polimer ini sangat hidrofilik. Hal ini disebabkan oleh sifat kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antara gugus hidroksil (Mulder, 1996).

Selulosa asetat berwujud padat (serbuk) berwarna putih, mempunyai rumus molekul  $(C_6H_7O_2(CH_3COO)_3)$  dengan titik lebur 533,15K. Selulosa asetat berwarna putih, berbau menyengat, hambar dan tidak beracun. Selulosa asetat diproduksi dengan kandungan asetil 38 % – 40,5 %. Selulosa asetat sangat berguna karena mudah larut dengan aseton, termoplastik, warna yang stabil (Mark *et al.*, 1968). Sifat

kimia selulosa asetat adalah larut dalam aseton, dimetilformamida (DMF), dioksan tetrahidrofuran (THF), asam asetat, dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilasetamida (DMAc).

Selulosa asetat termasuk ester yang paling penting yang berasal dari asam organik. Reaksi esterifikasi selulosa asetat pada dasarnya adalah pergantian satu, dua atau tiga gugus hidroksil dari unit glukosa. Esterifikasi akan berlangsung lebih cepat dengan adanya katalisator asam kuat ( $H_2SO_4$ ). Asam perklorat juga bisa digunakan sebagai katalisator karena merupakan asam kuat yang dapat terdisosiasi sempurna dalam air sehingga menyebabkan terjadinya reaksi yang berlangsung lebih cepat (Fengel, 1995). Struktur kimia selulosa asetat dapat dilihat pada Gambar 2.6.



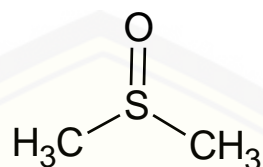
Gambar 2.6 Struktur Selulosa Asetat (Sumber: GAMA, 2014)

Membran selulosa asetat mempunyai kelemahan antara lain sangat reaktif terhadap reaksi kimia, reaksi biologi, perubahan suhu, dan kadar pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Pencegahan kerusakan membran dapat diusahakan dengan menggunakannya pada suhu kamar (Kesting, 1971). Selulosa asetat sebagai membran memiliki keuntungan yaitu sifatnya yang hidrofilik sehingga lebih tahan terhadap fouling (Cheryan, 1986).

### 2.5.2 DMSO

DMSO atau dimetil sulfoksida merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus molekul  $(CH_3)_2SO$  dengan struktur pada Gambar 2.7. DMSO berwujud cairan tidak berwarna hingga berwarna kuning jerami dengan bau mirip bawang putih. Larutan ini stabil dalam suhu kamar yaitu  $27^\circ C$  dan termasuk pelarut yang tidak beracun. DMSO memiliki sifat aprotik dipolar, yaitu dapat melarutkan

senyawa polar maupun senyawa nonpolar (Gaylord, 2007). DMSO termasuk pelarut polar yang baik untuk bahan yang tak jenuh, yang mengandung nitrogen dan senyawa aromatik. DMSO larut dengan air, etanol, aseton, kloroform, dietil eter, benzena, kloroform (Silverstein dan Webster, 1998).

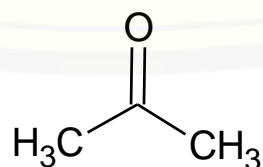


Gambar 2.7. Struktur DMSO (Sumber: Silverstein dan Webster, 1998)

Dimetil sulfoksida sering digunakan sebagai pelarut reaksi untuk zat aktif sintesis dan menunjukkan kelebihan dalam berbagai reaksi termasuk alkilasi, siklisasi, eterifikasi, dan substitusi. Dimetil sulfoksida melarutkan berbagai zat organik seperti karbohidrat, polimer (poliakrilonitril, polisulfon dan polietersulfon, polyetherimide, polyurethane), peptida, serta banyak garam anorganik dan gas. DMSO digunakan sebagai pelarut industri untuk herbisida, fungisida, antibiotik, dan hormon tanaman (Fieser, 1967).

### 2.5.3 Aseton

Aseton merupakan senyawa organik golongan keton yang paling sederhana. Nama lain dari aseton diantaranya yaitu dimetil keton, 2-propanon, propan-2-on, dimetilformaldehida,  $\beta$ -ketopropana. Aseton berbentuk cairan tidak berwarna yang mudah terbakar. Struktur umum keton menunjukkan adanya dua alkil atau *aryl* yang terikat pada atom C karbonil (Wade, 2010). Struktur kimia dari aseton dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Struktur Aseton (Sumber: Wade, 2010)

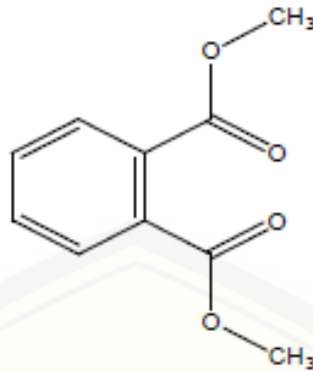
Aseton biasanya digunakan untuk plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Aseton larut dalam air, mempunyai kerapatan  $0,79 \text{ g/cm}^3$

dan mempunyai titik didih  $56,1^{\circ}\text{C}$ . Aseton selain larut dalam air, juga larut dalam berbagai perbandingan dengan etanol, dietil eter, dll. Pembuatan membran selulosa asetat dengan menggunakan pelarut aseton akan menghasilkan membran dengan tipe pori yang rapat (Wenten, 2000). Vogrin *et al* (2002) menggunakan aseton sebagai pelarut dalam pembuatan membran selulosa asetat menggunakan metode inversi fase untuk mengetahui pengaruh ketebalan larutan polimer pada kemunculan makrovoid.

#### 2.5.4 Dimetil ftalat

Dimetil ftalat mempunyai rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2$ . Nama lain dari dimetil ftalat adalah asam 1,2-benzendikarboksilat dimetil ester, asam ftalat dimetil ester, dimetil 1,2-benzendikarboksilat, DMP, *Palatinol M*, *fermine*, *Avolin*, *Mipax*. Dimetil ftalat digunakan sebagai *plastisizer* (zat pemlastis) untuk nitroselulosa dan selulosa asetat, resin dan karet alam. Dimetil ftalat juga digunakan sebagai bahan bakar roket, pernis, karet alam, pelindung gelas dan bubuk pencetak (*Molding powder*). Dimetil ftalat larut dalam alkohol, eter dan kloroform dan tidak larut dalam air, PE dan hidrokarbon paraffin lainnya. Dimetil ftalat juga sangat mudah terbakar, sedangkan dalam bentuk gas dimetil ftalat akan bereaksi dengan OH radikal (Sitting, 1991).

DMP berwujud cairan berminyak, berbau lemah seperti ester dan tidak berwarna. Kerapatan molekulnya sebesar  $1.19 \text{ g/cm}^3$  pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Titik leleh dan titik didihnya berturut-turut  $6^{\circ}\text{C}$  dan  $284^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 1013 hPa. Dimetil ftalat larut di metanol dan dietil eter akan tetapi sukar larut dalam air dingin. Fauzia (2006) memodifikasi membran selulosa asetat yang dibuat menggunakan metode inversi fase dengan menambahkan DMP sebagai *plasticizer* sebesar 3% menghasilkan membran dengan pori yang lebih rapat. Struktur dimetil ftalat dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Struktur Dimetil Ftalat (Sumber: Fengel, 1995)

## 2.6 Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* adalah produk industri kimia yang mempunyai kegunaan yang luas, antara lain dalam minyak, obat-obatan, detergen, *drieling muds* yang digunakan untuk melindungi petroleum, flotasi dan sebagainya. Akhir-akhir ini surfaktan telah menjadi subyek penelitian yang intensif oleh para peneliti dalam bidang-bidang kinetika kimia dan biokimia, karena sifat dari bentuk polimernya yang menarik (Porter, 1994). Surfaktan dibagi menjadi empat bagian penting dan digunakan secara meluas pada hampir semua sektor industri modern. Klasifikasi Jenis-jenis surfaktan tersebut adalah surfaktan kanionik, surfaktan nonionik, surfaktan amfoterik dan surfaktan anionik (Flider, 2001).

Kegunaan surfaktan secara umum untuk menurunkan tegangan permukaan, tegangan antarmuka, meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol jenis formasi emulsi, yaitu misalnya *oil in water* (O/W) atau *water in oil* (W/O). Surfaktan memiliki struktur molekul yang khas, karena adanya gugus yang mempunyai tarikan yang sangat kecil terhadap pelarut, dikenal sebagai gugus liofobik, bersama-sama dengan gugus yang mempunyai tarikan yang kuat terhadap pelarut disebut gugus liofilik. Apabila surfaktan terlarut dalam suatu pelarut, adanya bagian liofobik di bagian dalam pelarut tersebut menyebabkan terjadinya distorsi struktur cairan pelarut tersebut, yaitu menaikkan energi bebas dari sistem tersebut. Distorsi air dalam larutan surfaktan disebabkan oleh bagian liofobik (hidrofobik) surfaktan, dan menghasilkan kenaikan energi bebas sistem. Hal ini menunjukkan bahwa kerja yang dibutuhkan untuk membawa molekul surfaktan ke



permukaan lebih kecil daripada kerja yang dibutuhkan untuk membawa molekul air ke permukaan. Peristiwa tersebut yang menyebabkan senyawa surfaktan pada suatu sistem cairan cenderung terkonsentrasi pada permukaan. Adanya gugus liofilik (hidrofilik) mencegah keluarnya surfaktan secara sempurna dari pelarut sebagai fase terpisah (Salager, 2002).

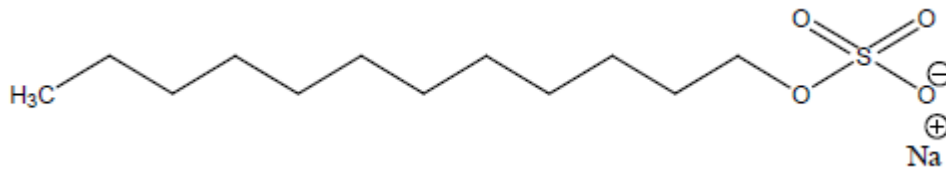
Larutan surfaktan dalam air menunjukkan perubahan sifat fisik yang mendadak pada daerah konsentrasi yang tertentu. Perubahan yang mendadak ini disebabkan oleh pembentukan agregat atau penggumpalan dari beberapa molekul surfaktan menjadi satu, yaitu pada konsentrasi kritik misel (KKM) (Porter, 1994). Konsentrasi kritis misel (KKM) SDS dalam air murni pada temperatur 25°C adalah 0,0082 M, dan jumlah agregatnya biasanya sekitar 50, derajat ionisasi miselnya ( $\alpha$ ) sekitar 0,3 atau 30%. Nilai KKM dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti nilai KKM bertambah dua kali dengan berkurangnya satu atom C dalam rantai untuk deret homolog surfaktan rantai hidrokarbon. Gugus aromatik dalam rantai hidrokarbon akan memperbesar nilai KKM dan juga memperbesar kelarutan. Gugus garam dalam surfaktan ion akan menurunkan nilai KKM (Rosen, 1978).

Tabel 2.2. Sifat Fisik dan Kimia Sodium Dodesil Sulfat

Rumus Molekul	$C_{12}H_{25}SO_4Na$
Sifat fisik	Serbuk Putih
Bau	Tidak berbau
Berat Molekul	288,38 g/mol
Massa Jenis	0,370 g/cm <sup>3</sup>
Titik Leleh	204-207 °C
Kelarutan dalam air	150 (g/l)
pH	9-10 (1% Aq. Sol)

Sumber: Sigma-Aldrich, 2016

*Sodium dodesil sulfat* (SDS atau NaDS) atau *Sodium lauryl sulfate* ( $C_{12}H_{25}SO_4Na$ ) merupakan surfaktan anionik yang digunakan dalam produk industri seperti produk pembersih lantai, sabun pencuci mobil, dan beberapa kebutuhan rumah tangga seperti sabun, pasta gigi, sampo, dan lain-lain. Molekul ini mempunyai bagian hidrofobik yang mengandung 12 atom karbon dan yang mengikat gugus sulfat yang menjadikannya sebagai senyawa amfifilik seperti pada Gambar 2.10. Sifat fisik dan kimia dari SDS ditunjukkan dalam Tabel 2.2.



Gambar 2.10. Struktur Sodium Dodesil Sulfat (Sumber: Salager, 2002)

## 2.7 Buah Apel

Tanaman apel merupakan salah satu jenis tanaman buah yang banyak dan mudah tumbuh di daerah tropis, termasuk Indonesia, diantaranya di daerah Batu (Malang), Pasuruan, Lumajang, dan beberapa dataran tinggi yang tidak banyak berkabut. Daerah Batu (Malang) adalah sentra apel di Indonesia karena tanaman ini banyak diusahakan menjadi suatu usaha tani dan juga banyak ditanam di pekarangan maupun di kebun penduduk Malang (Untung, 1996).

Jenis apel Malang dapat diklasifikasikan berdasarkan taksonomi tumbuhan menurut Bappenas (2000) sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub-divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rosales
Family	: Rosaceae
Genus	: <i>Malus</i>
Spesies	: <i>Malus sylvestris Mill</i>

Apel dengan spesies *Malus sylvestris Mill* memiliki beberapa varietas unggulan, seperti *Romebeauty*, Manalagi, Anna, Princess Noble, dan Wangli/ Lali Jiwo. Ciri-ciri apel varietas *romebeauty* yaitu memiliki warna dominan hijau dan sedikit merah. Kulit apel *romebeauty* berpori kasar dan agak tebal dengan daging buah berwarna putih kekuningan dan memiliki tekstur yang agak keras (Yuniarti, 1996). Komposisi kimia apel varietas *romebeauty* ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Komposisi Kimia Apel *Romebeauty* per 100 gram

Kandungan Gizi	Jumlah
Total gula	9,79 g
Kadar asam	0,35 g
Pektin	0,56 g
pH	3,46
Kadar air	83,39 g
Vitamin C	7,04 mg
Vitamin A	3 mg
Kalsium (Ca)	6 mg
Zat besi	0,12 mg
Magnesium (Mg)	5 mg
Fosfor (P)	11 mg
Kalium (K)	107 mg
Seng (Zn)	0,04 mg
Aktivitas antioksidan	10,19 g

Sumber: Soelarso, 1996

Kandungan pektin pada buah apel terdapat pada sekitar biji, di bawah kulit dan hati. Pektin inilah yang memegang peranan penting dalam industri jeli, selai, dan sari buah (Untung, 1996).

Apel memiliki umur simpan yang cukup pendek, sehingga penyimpanan setelah dipanen tidak dapat terlalu lama karena mudah mengalami pembusukan. Beberapa upaya untuk memperpanjang umur simpan buah apel yaitu salah satunya dengan mengolahnya menjadi sari buah apel. Pengolahan sari buah apel ini juga dapat meningkatkan nilai ekonomis buah apel (Untung, 1996).

Sari buah menurut SNI 01-3719-1995 merupakan minuman ringan yang dibuat dari campuran sari buah dengan air minum dengan atau tanpa penambahan gula dan bahan tambahan makanan yang diizinkan. Sari buah adalah hasil ekstraksi buah yang telah difiltrasi. Pujimulyani (2009) menjelaskan bahwa sari buah adalah cairan yang diambil atau diperas dari bagian buah yang dapat dimakan (*edible portion*) dengan pengepresan atau cara mekanis yang lain sehingga sari buah mempunyai cita rasa yang sama dengan buah aslinya.

Tujuan utama pembuatan sari buah adalah untuk meningkatkan ketahanan simpan serta diversifikasi produk buah-buahan. Gula ditambahkan pada proses pembuatan sari buah sebagai pemanis sari buah. Pengawet biasanya ditambahkan untuk memperpanjang daya simpan pada sari buah semakin lama. Kandungan sari

buah minimal pada minuman sebesar 35% dengan atau tanpa penambahan gula (BPOM, 2006).

Pembuatan sari buah untuk tiap jenis buah secara umum memiliki prinsip yang sama meskipun ada sedikit perbedaan. Beberapa bahan yang dapat ditambahkan dalam pembuatan sari buah diantaranya yaitu gula, asam sitrat, asam malat, dan asam askorbat atau vitamin C. Buah yang digunakan untuk pembuatan sari buah harus yang berkualitas baik, bukan buah yang busuk, terlalu matang atau ada ketidak normalan lain. Hal ini dilakukan agar diperoleh sari buah dengan mutu produk akhir yang baik dan seragam. Proses pembuatan sari buah menurut Astawan (1991) sebagai berikut.

1. Pemilihan buah berdasarkan tingkat kematangannya.
2. Buah yang telah dipilih atau disortir kemudian dicuci dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada permukaan buah. Buah dipotong-potong menggunakan pisau anti karat menjadi bagian-bagian yang lebih kecil
3. Potongan buah selanjutnya dihancurkan, penghancuran dapat dilakukan dengan cara diparut atau *diblender*. Hancuran buah ditambah dengan air perbandingan 1:5. Hancuran buah kemudian disaring menggunakan kain saring. Hasil saringan (filtrat) didiamkan selama 1 jam, untuk mengendapkan padatan-padatan yang masih ada pada filtrat, kemudian diambil bagian yang jernihnya saja.
4. Sari buah yang diperoleh kemudian ditambahkan gula sebanyak 100 gram atau lebih untuk setiap liter nya, tergantung dari tingkat kemanisan buah yang digunakan dan tingkat kemanisan minuman sari buah yang dikehendaki. Penambahan Na-benzoat sebagai pengawet dibatasi maksimal sebanyak 600 mg untuk setiap liter minuman sari buah. Tingkat keasaman sari buah diatur dengan asam sitrat ataupun asam malat sampai pH mencapai 4,0.
5. Sari buah selanjutnya dimasak pada suhu 90 °C selama 15 – 20 menit. Sari buah dalam keadaan panas dimasukkan ke dalam wadah yang telah steril, kemudian ditutup dengan *seal*.

6. Sari buah yang telah mengalami *sealing* kemudian dimasukkan dalam air yang dingin untuk proses pendinginan. Sari buah selanjutnya dikemas dan disimpan pada suhu ruang.

Beberapa parameter yang menentukan kualitas sari buah yang dihasilkan meliputi viskositas (kekentalan), kekeruhan, total padatan terlarut, dan pH. Viskositas merupakan sifat suatu cairan yang menunjukkan adanya tahanan dalam atau gerakan pada cairan yang bergerak, viskositas pada zat cair disebabkan oleh gaya kohesif antar molekulnya sedangkan pada gas viskositasnya berasal dari tumbukan-tumbukan antar molekulnya (Giancoli, 1998).

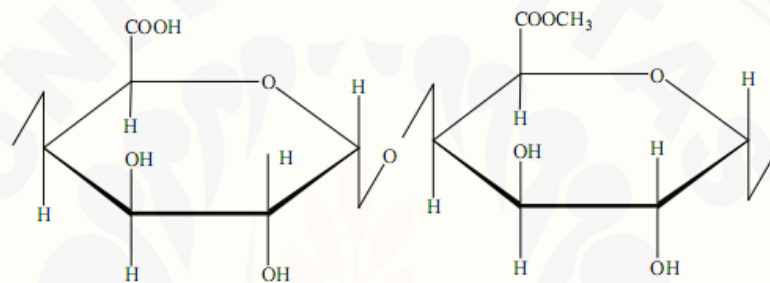
Kejernihan sangat dipengaruhi oleh kekeruhan dan warna air, kekeruhan merupakan suatu ukuran berdasarkan sinar yang dihamburkan atau dibelokkan oleh adanya butir-butir partikel terdispersi dalam larutan. Kekeruhan dapat disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang bervariasi dari ukuran koloid hingga dispersi kasar, bergantung pada derajat turbulensinya (Saeni, 1989). Kekeruhan sari buah sering disebabkan masih tingginya kadar pektin dalam sari buah tersebut. Rai (2009) menyebutkan bahwa pektin dalam sari buah terutama pada buah dengan kandungan pektin yang cukup tinggi dapat menyebabkan koagulasi dan kekeruhan dalam ekstraksi sari buah. Pektin dapat meningkatkan viskositas dan menyulitkan proses penjernihan sari buah lebih lanjut.

Aplikasi membran pada industri pangan memiliki tujuan utama untuk pemekatan atau penghilangan komponen dalam suatu produk pangan. Pemanfaatan teknologi membran pada industri pangan memiliki peluang yang cukup besar karena proses filtrasi dengan membran tidak menggunakan suhu tinggi sehingga sangat baik bagi produk pangan yang sensitif terhadap perubahan suhu (Liu, 2005). Proses filtrasi dengan membran sering digunakan oleh industri sari buah. Aplikasi membran filtrasi ini terutama bertujuan untuk klarifikasi atau penjernihan dan pemekatan. Beberapa sistem ultrafiltrasi telah digunakan untuk menjernihkan sari buah apel, pir, persik, *cranberries*, dan anggur (Rai, 2009). Mahartika dkk (2014) membuat mesin modifikasi ultrafiltrasi sari buah belimbing UKM MULYASARI dengan menggunakan membran ultrafiltrasi polisulfon.



## 2.8 Pektin

Senyawa pektin adalah polimer yang terutama terdiri dari unit-unit monomer (1→4)  $\alpha$ -D-galakturonopyranosil yang terdapat di dalam dinding sel primer tumbuhan. Senyawa-senyawa pektin berfungsi sebagai perekat antara dinding sel yang satu dengan yang lain. Struktur pektin paling sedikit sekitar 70% terdiri dari asam D-galakturonat (Mohnen, 2008). Kelompok asam tersebut dapat berupa asam bebas, metil ester, garam sodium, kalium, kalsium, atau ammonium, serta dalam beberapa kelompok pektin amida. Struktur pektin ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Struktur Pektin

Pektin secara umum tidak memiliki struktur yang tepat. Pektin adalah koloid yang reversibel, yaitu dapat dilarutkan dalam air, diendapkan, dikeringkan, dan dapat dilarutkan kembali tanpa mengubah sifat fisiknya. Pektin yang telah dimurnikan berbentuk serbuk putih kekuningan dengan tekstur kasar hingga halus. Sifat fisika yang terpenting dari pektin adalah kemampuannya membentuk gel dengan keberadaan asam dan gula. Kelarutan pektin berbeda-beda sesuai dengan kandungan metoksilnya. Pektin dengan kadar metoksil lebih rendah dari 7% dapat membentuk gel bila ada ion-ion logam bivalen. Ion logam bivalen dapat bereaksi dengan gugus karboksil dari dua molekul asam pektat dan membentuk jembatan (Guichard *et al*, 1991).

Pektin merupakan polisakarida diperoleh dari buah-buahan dan biasanya digunakan dalam pembuatan jeli dan sebagai bahan tambahan untuk pengental dalam makanan. Pektin ialah polimer linier dari asam D-galakturonat yang berikatan dengan ikatan 1,4- $\alpha$ -glikosidik. Asam D-galakturonat memiliki struktur yang sama seperti struktur D-galaktosa, perbedaannya terletak pada gugus alkohol

primer C6 yang memiliki gugus karboksilat (Achmadi, 2003). Sebagian gugus karboksilat pada polimer pektin mengalami esterifikasi dengan metil menjadi gugus metoksil dan biasanya mengandung sekitar 8,0 hingga 11,0% gugus metoksil (Ranganna, 2000). Pektin berbentuk rantai molekul yang panjang dengan rantai utama diselingi oleh kelompok rhamnosa dan rantai cabangnya menyusun gula netral seperti arabinosa dan galaktosa. Berat molekul rata-rata pektin sangat bervariasi, berkisar antara 30.000 hingga 300.000 Da, tergantung pada sumber, metode pembuatan dan metode pengukuran berat molekulnya. Pektin secara umum larut dalam air membentuk larutan koloidal sehingga senyawa ini tidak larut dalam pelarut organik. Hidrolisis pektin dari buah akan menghasilkan asam galakturonat dan metil alkohol (Panagiotopoulos, 2005).

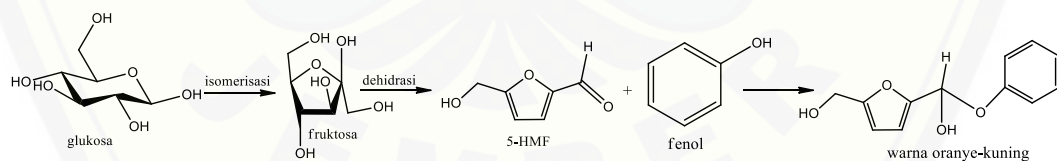
Pektin tersusun atas protopektin, asam pektinat, dan asam pektat. Protopektin adalah senyawa pektin yang terdapat pada daging buah dan sayur yang belum ranum yang berperan dalam menentukan struktur dan tekstur selama proses peranakan hingga penuaan. Menurut Winarno (1997), protopektin lebih banyak terdapat pada buah-buahan yang belum matang. Protopektin tidak larut dalam air, tetapi selama proses penuaan protopektin dengan bantuan enzim-enzim pektin akan berubah menjadi pektin yang koloidal dan asam pektinat yang bersifat larut dalam air, yang menyebabkan struktur dinding sel yang melemah atau pelembehan. Kelompok enzim yang berperan dalam perubahan kelompok pektin ini meliputi enzim protopektinase, pektin metilesterase (pektase), serta poligalakturonase (Walter dan Taylor, 1991). Asam pektinat adalah asam poligalakturonat yang mengandung gugus metil ester. Asam pektat merupakan senyawa pektin dengan gugus karboksil yang tidak teresterifikasi pada asam galakturonat. Asam pektat bersifat tidak larut dalam air dan tidak membentuk gel. Asam pektat yang berubah bentuk menjadi garam dapat larut dalam air (Winarno, 1997).

## **2.9 Metode Analisis Karbohidrat Total (Metode Fenol-Sulfat)**

Karbohidrat merupakan komponen utama bahan pangan yang memiliki sifat fungsional yang penting dalam proses pengolahan bahan pangan. Jenis-jenis karbohidrat meliputi monosakarida, oligosakarida, serta polisakarida. Kandungan

karbohidrat total dalam bahan pangan dapat dianalisis menggunakan beberapa metode. Analisis karbohidrat secara umum diawali dengan tahap hidrolisis polimer karbohidrat menghasilkan monomernya yaitu monosakarida. Hidrolisis merupakan proses dekomposisi secara kimia menggunakan air untuk memecah ikatan kimia (ikatan  $\alpha$  atau  $\beta$  glikosidik) polimer karbohidrat. Proses hidrolisis terdiri dari hidrolisis secara enzimatik dan hidrolisis menggunakan asam. Hidrolisis asam polimer karbohidrat dalam sampel umumnya menggunakan HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Panagiotopoulos, 2005).

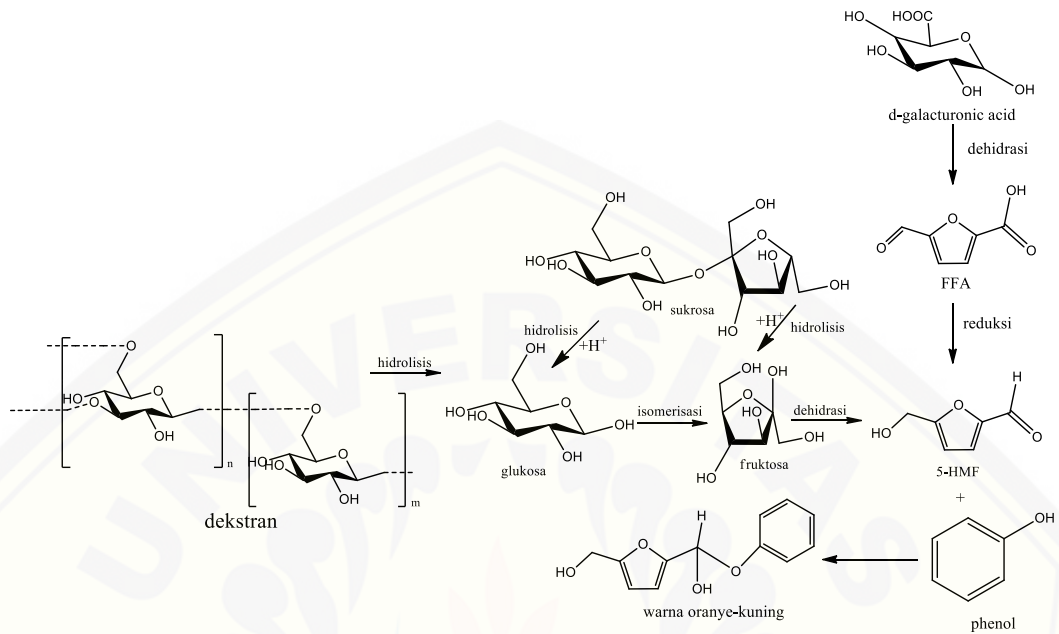
Salah satu metode penentuan karbohidrat adalah metode kolorimetri yaitu dengan menambahkan reagen (kromogen) yang dapat beraksi dengan komponen karbohidrat menghasilkan senyawa berwarna. Kromogen tersebut salah satunya yaitu fenol yang dapat disebut dengan metode fenol-sulfat atau Metode Dubois (Panagiotopoulos, 2005). Gula mengalami dehidrasi dengan adanya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terkonsentrasi pada suhu tinggi, membentuk furfural apabila gula tersebut termasuk golongan pentosa atau hidrokсимetil furfural (HMF) apabila termasuk golongan heksosa dalam metode Dubois. Kondensasi furfural dan HMF dengan gugus fenol menghasilkan senyawa berwarna oranye sampai kuning yang menyerap energi maksimum pada panjang gelombang 480-490 nm. Warna yang dihasilkan sebanding dengan jumlah total gula dalam sampel. Persamaan reaksi penentuan karbohidrat total dengan metode Dubois seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Reaksi glukosa dengan reagen fenol-sulfat berdasarkan metode dubois (Sumber: Panagiotopoulos, 2005)

Metode Dubois cocok tidak hanya untuk monosakarida, tetapi juga untuk turunan metil dari monosakarida tersebut termasuk asam uronat (asam glukuronat, asam galakturonat), beberapa oligosakarida (rafinosa dan sukrosa), serta polisakarida (dekstran dan pati) (Dubois *et al.*, 1956). Beberapa karbohidrat lain apabila direaksikan reagen fenol-sulfat berdasarkan reaksi pada glukosa maka dapat

digambarkan reaksi hipotetik yang kemungkinan akan terjadi seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Reaksi hipotetik beberapa karbohidrat dengan reagen fenol-sulfat

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2017 – April 2018 di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penelitian terdiri dari dua tahap, meliputi tahap pertama yaitu pembuatan membran dan tahap kedua adalah pengujian kinerja membran.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat

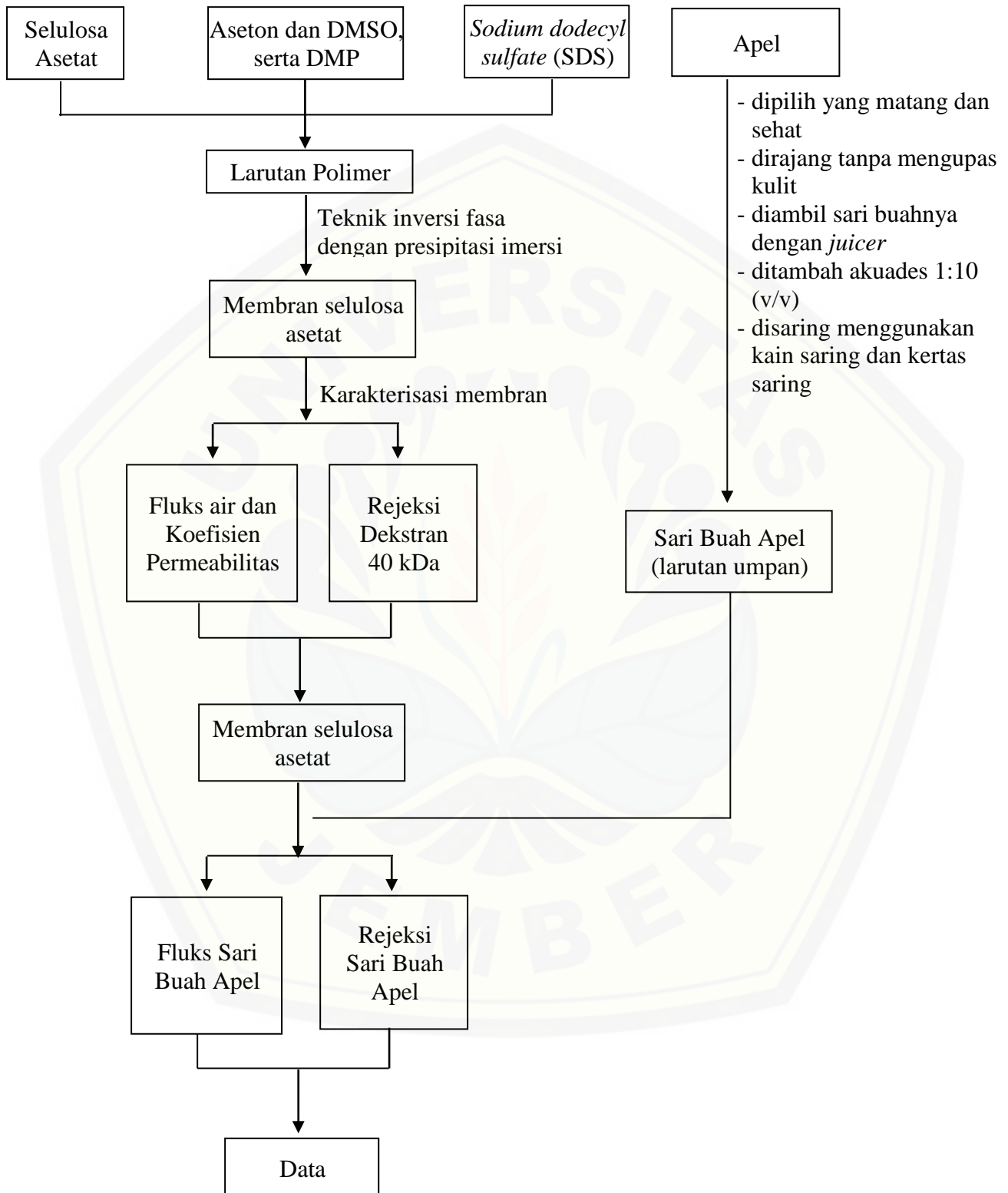
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan gelas, neraca analitik merk OHAUS, kertas saring, kain saring, mikrometer, kompresor, selotip, gunting, pisau, *juicer*, batang pengaduk, alat pencetak membran (plat kaca), pengaduk magnetik dan anak *stirrer*, satu set alat ultrafiltrasi modul *flat sheet* sistem aliran *dead-end*, botol semprot, bak koagulasi, kuvet, spektrofotometer UV-Vis Model 752.

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: selulosa asetat *Aldrich Chemicals* (39,9 wt%, MW 30 kDa) sebagai polimer material membran, *sodium dodecyl sulfate* (SDS) (*Sigma*) sebagai aditif, apel (*Malus sylvestris Mill*) sebagai bahan dasar pembuatan larutan umpan, dimetil sulfoksida (DMSO) (*Merck*;  $\rho=1,11$  g/mL) dan aseton (*Merck*;  $\rho=0,79$  g/mL, pa) sebagai pelarut, dimetil pthalat (DMP) (*Schuchardt*;  $\rho=1,19$  g/mL, pa) sebagai aditif (*plasticizer*), akuades sebagai non pelarut dalam bak koagulasi, dekstran 40 kDa (*Sigma Aldrich*) sebagai larutan umpan, bubuk pektin komersial untuk pembuatan larutan standar, fenol p.a (*Merck*) sebagai reagen,  $H_2SO_4$  p.a (*Merck*) sebagai reagen, aluminium foil, kertas saring.



### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Membran

Membran selulosa asetat yang dibuat pada penelitian ini menggunakan metode inversi fasa dengan teknik presipitasi imersi. Selulosa asetat (CA) sebanyak 2,0 g dilarutkan dalam 1,9 mL aseton dan DMSO sebanyak 5,6 mL, ditambahkan dimetil ftalat (DMP) sebanyak 0,3 mL (Apriliasari, 2013). *Sodium dodecyl sulfate* (SDS) selanjutnya ditambahkan dengan variasi seperti pada Tabel 3.1. Persentase SDS yang ditambahkan menyatakan persentase SDS terhadap total larutan *dope* (CA, DMSO dan aseton, serta DMP). Campuran tersebut kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik hingga homogen. Larutan polimer yang telah homogen kemudian didiamkan sampai tidak mengandung gelembung udara. Larutan polimer yang tidak mengandung gelembung udara dituang pada cetakan membran plat kaca yang telah diberi selotip pada tepi plat kaca untuk mengatur ketebalan membran. Proses selanjutnya, yaitu pelat kaca yang berisi film membran dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang berisi akuades hingga terjadi solidifikasi (Nasir, 2000). Komposisi larutan polimer dan variasi penambahan SDS dalam larutan polimer ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi larutan polimer dan variasi penambahan SDS

Massa CA %	Aseton %	DMSO %	DMP %	SDS %
b/b	b/b	b/b	b/b	b/b
20	15	62	3	0
20	15	62	3	1
20	15	62	3	1,5
20	15	62	3	2
20	15	62	3	2,5
20	15	62	3	3

Pembuatan membran diulang dengan variasi surfaktan yang berbeda dan setiap pembuatan membran diulang sebanyak tiga kali. Membran yang dipilih mempunyai ketebalan yang seragam yaitu dengan mengukur menggunakan mikrometer pada beberapa titik kemudian hasilnya dirata-rata.

### 3.4.2 Karakterisasi Membran Selulosa Asetat

Karakterisasi membran selulosa asetat yang dihasilkan dengan variasi SDS dalam larutan polimer meliputi waktu kompaksi, uji fluks, dan koefisien permeabilitas.

#### a. Waktu Kompaksi

Membran yang sudah dicetak kemudian dipotong membentuk lingkaran dengan diameter  $\pm 5,5$  cm sesuai dengan diameter alat ultrafiltrasi *dead-end*. Kompaksi membran dilakukan sebelum pengujian fluks dan koefisien permeabilitas air. Kompaksi membran berfungsi untuk menata ulang pori membran sehingga mampu menghasilkan pori yang seragam. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan akuades sebanyak kurang lebih 50 mL ke dalam sel filtrasi melewati membran dan ditutup rapat. Aliran akuades diberikan tekanan sebesar 1; 1,5; 2; 2,5; 3 bar hingga diperoleh fluks air yang konstan. Waktu alir yang dibutuhkan setiap satu mL akuades yang keluar melewati membran dicatat hingga diperoleh fluks yang konstan (Buana, 2014).

#### b. Uji Fluks Air

Uji Fluks air adalah cara yang digunakan untuk mengetahui jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan. Fluks volume ditentukan dengan persamaan 2.1. Pengujian fluks air terhadap membran menggunakan prosedur yang sama dengan penentuan kompaksi membran, namun dalam pengujian ini yang dicatat adalah waktu yang dibutuhkan akuades lolos melewati membran sebanyak 10 mL dan dihitung nilai fluksnya berdasarkan persamaan 2.1 (Buana, 2014).

#### c. Penentuan Koefisien Permeabilitas

Penentuan koefisien permeabilitas digunakan untuk mengetahui kemampuan membran dalam meloloskan sejumlah partikel yang melaluinya. Uji ini dilakukan dengan memasukkan air sebanyak 50 ml ke dalam sel ultrafiltrasi. Pengadukan dilakukan menggunakan pengaduk magnetik dan kecepatan dijaga konstan. Setiap membran selulosa asetat dari berbagai variasi penambahan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) diberi variasi tekanan yaitu 1; 1.5; 2; 2.5; dan 3 bar, kemudian dihitung waktu alirnya sampai diperoleh volume permeat akuades

sebanyak 10 mL. Kompaksi membran dilakukan terlebih dahulu sebelum pengujian fluks dengan tekanan 1; 1.5; 2; 2.5; dan 3 bar hingga diperoleh nilai fluks yang konstan. Nilai fluks ditentukan dengan persamaan (2.1) untuk setiap tekanan pada masing-masing membran berdasarkan perlakuan tersebut. Hasil pengukuran yang diperoleh, kemudian dibuat grafik hubungan antara nilai perubahan tekanan (sebagai sumbu X) dengan nilai fluks (sebagai sumbu Y) seperti pada Gambar 2.4. Nilai  $L_p$  (konstanta permeabilitas) ditentukan dari nilai slope yang didapatkan pada setiap grafik (Buana, 2014).

### 3.4.3 Uji Rejeksi terhadap Larutan Dekstran 40 kDa

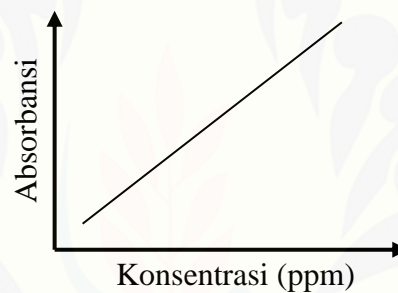
Penentuan koefisien rejeksi membran dilakukan menggunakan larutan dekstran 40 kDa dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan dekstran tersebut sebanyak  $\pm 50$  mL digunakan sebagai larutan umpan yang dilewatkan melalui membran pada set alat ultrafiltrasi. Ultrafiltrasi dilakukan pada tekanan 2 bar sampai diperoleh permeat sebanyak 10 mL (Buana, 2014). Permeat dan larutan umpan ditentukan konsentrasinya dengan metode spektrofotometri dengan penambahan reagen fenol-sulfat. Konsentrasi permeat dan larutan umpan yang diperoleh digunakan untuk menentukan koefisien rejeksi dekstran. Nilai koefisien rejeksi dekstran yang diperoleh digunakan untuk menentukan kemampuan membran dalam merejeksi molekul yang memiliki ukuran pada rentang berat molekul pektin.

#### a. Pembuatan Kurva Standar

Larutan yang digunakan untuk pembuatan kurva standar adalah larutan dekstran 40 kDa konsentrasi 1000 ppm yang diencerkan menjadi konsentrasi 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 ppm, dan 1000 ppm. Masing-masing larutan yang telah diencerkan diambil 1 mL kemudian ditambahkan fenol 5% dengan volume 1 mL dan  $H_2SO_4$  pekat 5 mL, selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL sehingga diperoleh dekstran dengan konsentrasi 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 38, dan 40 ppm. Blanko yang digunakan adalah akuades yang juga ditambahkan  $H_2SO_4$  pekat dan fenol 5% dengan volume 5 mL dan 1 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 25 mL. Larutan fenol 5% dibuat dengan cara menimbang fenol sebesar 2,50 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur

berukuran 50 mL selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas. *Scanning* dilakukan menggunakan larutan standar pada konsentrasi 20 ppm pada panjang gelombang 400-550 nm dengan spektrofotometer UV-Vis Model 752.

Larutan standar dekstran yang diperoleh dengan konsentrasi 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 38, dan 40 ppm kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dari hasil *scanning* dengan spektrofotometer. Data absorbansi yang diperoleh sebagai hasil pengukuran dibuat kurva kalibrasi antara konsentrasi dekstran (sumbu x) dengan absorbansi (sumbu y) seperti pada Gambar 3.2. Persamaan garis akan diperoleh dari kurva tersebut, selanjutnya akan digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan dekstran pada bagian permeat dan larutan umpan.



Gambar 3.2 Pola Kurva Standar

#### **b. Pengukuran Konsentrasi Permeat dan Larutan Umpan**

Larutan dekstran sebelum mengalami filtrasi dan permeat masing-masing diambil sebanyak 1 mL dan ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pa dan fenol 5% dengan volume 5 mL dan 1 mL, selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL. Blanko yang digunakan akuades juga ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pa dan fenol 5% dengan volume 5 mL dan 1 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 25 mL. Absorbansi permeat dan retentat pada masing-masing konsentrasi larutan dekstran 40 kDa, kemudian diukur pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer UV-Vis Model 752. Data absorbansi yang diperoleh selanjutnya disubstitusikan ke dalam persamaan garis pada kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasinya. Konsentrasi permeat dan retentat tersebut digunakan untuk menentukan koefisien rejeksi. Koefisien rejeksi membran dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.3) (Buana, 2014).



### 3.4.4 Uji Kinerja Membran terhadap Pektin dalam Sari Buah Apel

#### a. Pembuatan Larutan Umpan Sari Buah Apel

Buah apel yang akan diolah menjadi sari buah apel dipilih yang matang dan sehat. Buah sehat adalah buah yang tidak busuk, cacat, pecah, dan bebas hama penyakit. Kondisi buah yang matang diperlukan agar sari buah apel yang dihasilkan memiliki aroma khas buah apel. Apel seberat sebanyak 4 buah dicuci menggunakan air bersih yang mengalir. Langkah selanjutnya, yaitu bagian tengah buah apel dibuang serta dipotong-potong atau dirajang menjadi bagian yang lebih kecil, namun tidak perlu mengupas kulit apelnnya. Tujuan perajangan adalah untuk memudahkan penghancuran daging buah. Potongan-potongan kecil apel kemudian dipindahkan secara bertahap ke *juicer* dan dihancurkan hingga halus. Langkah berikutnya yaitu menambahkan akuades ke dalam sari buah apel dengan perbandingan 1:10 (v/v). Sari buah selanjutnya disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan cairan dengan ampas, kemudian dilakukan filtrasi menggunakan kertas saring untuk mendapatkan sari buah dengan padatan terlarut minimal. Sari buah selanjutnya akan dilakukan penyaringan menggunakan membran (Huriawati, 2006).

#### b. Uji Fluks Sari Buah Apel

Membran selulosa asetat yang telah dikompaksi dengan diameter  $\pm 5,5$  cm dimasukkan ke dalam alat ultrafiltrasi *dead-end*. Uji fluks dilakukan dengan pemberian tekanan aliran larutan umpan sari buah apel melewati membran sebesar 2 bar dengan kecepatan pengadukan konstan. Filtrasi dilakukan menggunakan larutan umpan sari buah apel sebanyak 50 mL dan dihitung waktu yang dibutuhkan sampai diperoleh permeat sebanyak 4 mL. Penentuan nilai fluks diperoleh dengan mengukur volume permeat tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu menggunakan persamaan (2.1) (Buana, 2014).

### 3.4.5 Penentuan Koefisien Rejeksi Pektin dalam Sari Buah Apel

#### a. Pembuatan Kurva Standar Karbohidrat Total

Kurva standar pektin dibuat sebelum mengukur konsentrasi larutan umpan dan hasil filtrasi pektin dalam sari buah apel (permeat). Larutan standar pektin 1000 ppm diencerkan hingga konsentrasi 10, 50, 90, 130, dan 170 ppm, serta dibuat larutan standar sukrosa 170 ppm. Larutan pektin masing-masing diambil 1 mL kemudian ditambahkan larutan sukrosa 170 ppm 1 mL sehingga diperoleh konsentrasi total masing-masing campuran sebesar 180, 220, 260, dan 340 ppm. Campuran tersebut ditambah dengan fenol 10% 1 mL dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dengan volume 5 mL, selanjutnya dilakukan pengenceran dengan penambahan akuades dalam labu ukur 10 mL sampai tanda batas. Konsentrasi larutan standar kemudian diperoleh sebesar 36, 44, 52, 60, dan 68 ppm. Blanko yang digunakan adalah akuades sebanyak 2 mL yang juga ditambahkan fenol 10% dengan volume 1 mL, kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat 5 mL. Blanko selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 10 mL sampai tanda batas. Larutan fenol 5% dibuat dengan cara menimbang fenol sebesar 5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas. *Scanning* panjang gelombang maksimum dilakukan menggunakan larutan standar 52 ppm pada rentang panjang gelombang 400-550 nm untuk menentukan panjang gelombang maksimumnya. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh digunakan untuk membuat kurva standar campuran pektin dan sukrosa, serta penentuan konsentrasi pektin dalam sari buah apel pada larutan umpan dan permeat.

Larutan standar campuran pektin dan sukrosa variasi konsentrasi total 36, 44, 52, 60 dan 68 ppm selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dari hasil *scanning* dan dibuat grafik antara sumbu x (konsentrasi pektin) dan y (absorbansi) seperti Gambar 3.1. Persamaan garis akan diperoleh dari kurva tersebut, selanjutnya akan digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan pektin pada bagian permeat ataupun larutan umpan.

## b. Penentuan Koefisien Rejeksi Pektin

Penentuan koefisien rejeksi ini dilakukan untuk mengetahui besarnya rejeksi membran selulosa asetat yang telah dibuat terhadap pektin dalam sari buah apel sebagai larutan umpan. Sari buah apel bagian permeal dan larutan umpan hasil uji fluks diukur konsentrasi karbohidrat totalnya terlebih dahulu menggunakan metode spektrofotometri. Larutan umpan tanpa dilakukan filtrasi dan permeal hasil ultrafiltrasi berturut-turut diambil sebanyak 0,5 mL dan 1 mL kemudian ditambahkan fenol 10% 1 mL dan ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dengan volume 5 mL. Campuran tersebut selanjutnya diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL hingga tanda batas. Larutan blanko yang digunakan adalah akuades yang juga ditambahkan fenol 10% dengan volume 1 mL, kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat 5 mL dan selanjutnya diencerkan dengan akuades pada labu ukur 100 mL hingga tanda batas. Absorbansi permeal dan larutan umpan diukur pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer UV-Vis Model 752

. Konsentrasi karbohidrat total dalam sari buah apel sebagai permeal dan larutan umpan ditentukan dengan mensubstitusikan nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran ke dalam persamaan garis pada kurva standar karbohidrat total yang telah dibuat. Konsentrasi permeal dan larutan umpan yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung koefisien rejeksi membran sesuai dengan persamaan (2.3). Konsentrasi permeal yang lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi larutan umpan mengindikasikan adanya penurunan kandungan karbohidrat dalam sari buah yaitu pektin.

### 3.4.6 Pengukuran % Transmittansi

Pengukuran % transmittansi dilakukan untuk mengetahui tingkat kejernihan sari buah apel sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan menggunakan membran selulosa asetat. Sari buah apel sebagai larutan umpan dan hasil filtrasi berupa permeal dari setiap variasi membran selulosa asetat diukur % transmittansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 625 nm (He *et al.*, 2007). Nilai % transmittansi yang diperoleh menunjukkan tingkat kejernihan sari buah apel.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini meliputi:

1. Fluks air dan koefisien permeabilitas air optimal pada penambahan SDS sejumlah 2% dalam larutan *dope*.
2. Koefisien rejeksi dekstran 40 kDa oleh membran selulosa asetat menurun hingga penambahan SDS 2%, kemudian meningkat kembali pada penambahan SDS 2,5% dan 3%. Koefisien rejeksi dekstran 40 kDa terbesar yaitu 50,53%.
3. Nilai fluks sari buah apel memiliki tren yang sama dengan fluks air namun memiliki nilai yang lebih kecil. Koefisien rejeksi kandungan pektin sari buah apel juga memiliki tren dan nilai yang mirip dengan rejeksi dekstran 40 kDa, namun permeat sari buah apel menghasilkan peningkatan kejernihan melalui nilai %transmitansi terbesar yaitu 93,5%.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan sebagai perbaikan berdasarkan penelitian ini, yaitu perlu dilakukan pengukuran konduktivitas permeat dan retentat pada proses kompaksi membran untuk mengetahui keberadaan molekul SDS dalam membran selulosa asetat. Analisis kadar pektin dalam sari buah apel apabila dilakukan dengan metode spektrofotometri sebaiknya menggunakan reagen spesifik agar hasil yang diperoleh lebih akurat. Analisis kadar kandungan lain dalam sari buah apel seperti vitamin C yang kemungkinan dapat tersaring juga oleh membran selulosa asetat yang dibuat juga perlu dilakukan.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Alsari, A. M., K. C. Khulbe, dan T. Matsuura. 2001. The effect of sodium dodecyl sulfate solution as gelation media on the formation of PES membranes. *Journal of Membrane Science* 188 (2): 279-293.
- Amiyati, D. R. 2016. Kinerja Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Waktu Penguapan pada Proses Ultrafiltrasi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Anwar, K. 2006. Variasi Komposisi *Casting* dalam Metode Inversi Fase Proses Membran Selulosa Triasetat. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Apriliasari, Y. 2013. Pengaruh Konsentrasi Selulosa Asetat Untuk Membran Ultrafiltrasi. *Skripsi*. Jember: Universitas Negeri Jember.
- Arrahman, N. 2012. Konsep dasar proses pembuatan membran berpori dengan metode non-solvent induced phase separation-penentuan cloud point dan diagram tiga fasa. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 9 (2): 68-73.
- Astawan, M., dan M. Wahyuni. 1991. *Teknologi Pengolahan Pangan Nabati Tepat Guna*. Jakarta Timur: Akademika Pressindo.
- Baker, R. W. 2012. *Membrane Technology and Applications Third Edition*. United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.
- Bappenas. 2000. Apel (*Malus sylvestris Mill*). <http://syekhfanismd.lecture.ub.ac.id/files/2012/11/APEL.pdf>. [Diakses pada 29 Oktober 2017].
- BPOM (Badan Pengawasan Obat dan Makanan). 2006. *Keputusan Kepala Badan POM No. HK. 00.05.52.4040*. Tentang Kategori Pangan. Jakarta.
- Brandrup, J., dan Immergut, E.H. 1975. *Handbook Polymer*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Buana, E. S., D. Indarti, dan Asnawati. 2014. Pengaruh penambahan surfaktan anionik sodium dodesil sulfat terhadap karakteristik membran selulosa asetat. *Jurnal Berkala Saintek II* (1): 49-53.
- Cheryan, M. 1986. *Ultrafiltration Book*. Lancaster PA: Technomic Pub Co Inc.
- Dixon, D. W. 2008. Characterization of Commercial Pectin Preparations by Spectroscopic and Chromatographic Techniques. *Thesis*. Tennessee: East Tennessee State University.



- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, dan F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28 (3): 350 – 356.
- Fauzia, R. T. 2006. Modifikasi dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat untuk Proses Filtrasi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Fengel, D., dan Wegener, G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi* Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. Yogyakarta: UGM Press.
- Fessenden, R. J., dan J. S. Fessenden. 1989. *Organic Chemistry*. Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. *Kimia Organik Jilid 2*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Fieser, L, dan M. Fieser. 1967. *Reagents for Organic Synthesis*. New York: John Wiley & Sons.
- Flider, F. J. 2001. Commercial considerations and markets for naturally derived biodegradable surfactants. *Inform* 12 (12): 1161-1164.
- Freeman, B. D., dan I. Pinnau. 1999. *Polymer Membranes for Gas and Vapour Separation*. Washington DC: American Chemical Society.
- Gama. 2014. *Cellulose Acetate*. Belgium: GAMA European Avenue Jules Bordest.
- Gao, L., Q. Yu, and N. Qiu. 2003. *GB/T 18963-2003: Clear Apple Juice Concentrate*. China: National Bureau of Quality Inspection and Quarantine.
- Gaylord Chemical Company, L. L. C. 2007. Dimethyl sulfoxide (DMSO): Health and safety information. *Gaylord Chemical Company, L. L. C. Bulletin*. Halaman 2-5.
- Ghaemi, N., S. S. Madaeni, A. Alizadeh, P. Daraei, V. Vatanpour, dan M. Falsafi. 2012. Fabrication of cellulose acetate/sodium dodecyl sulfate nanofiltration membrane: Characterization and performance in rejection of pesticides. *Desalination* 290: 99-106.
- Giancoli, D. C. 1998. *Physics (Principle With Applications)*. Fifth Edition. Prentice: Hall International. Terjemahan oleh Yuhliza H dan Irwan A. 2001. *Fisika*. Edisi Ke-5. Erlangga: Jakarta.
- Guichard, E. S., A. Issanchou, Descovieres, dan P. Etievant. 1991. Pectin concentration, molecular weight and degree of esterification. Influence on volatile composition and sensory characteristic of strawberry jam. *Journal of Food Science* 56 (6): 1621-1627.

- Hart, H., L. E. Craine, D. J. Hart. 1987. *Organic Chemistry A Short Lecture*. New York: McGraw-Hill. Terjemahan oleh S. Achmadi. 2003. *Kimia Organik: Suatu Kuliah Singkat*. Jakarta: Erlangga.
- He, Y., Z. Ji, dan S. Li. 2007. Effective clarification of apple juice using membrane filtration without enzyme and pasteurization pretreatment. *Separation and Purification Technology* 57 (2): 366–373.
- Huriawati, F. 2006. Kajian Filtrasi Sari Buah Nanas dengan Menggunakan Membran Selulosa Asetat. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Idris, A. M., dan Ahmed. 2008. The effect of monosodium glutamate additive on performance of dialysis membrane. *J. Sci. Technol.* 3 (2): 172 – 179.
- Kesting, R. E. 1971. *Synthetic Polymeric Membranes*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Kirk, R.E., dan D. F. Othmer. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering. Technology*. New York: John Wiley and Sons, INC.
- Liu, S. X. 2005. Membrane technology for postharvest processing of fruit and vegetables. *Stewart Postharvest Review* 2 (1): 1 – 11.
- Mahartika, A. F., D. P. Ariska, P. Dewi, A. Sulthon, dan A. Susanto. 2014. Morfin (*Modified Ultrafiltration Machine*) Aplikasi Polysulphone Membrane pada Sari Belimbing UKM Mulyasari. [http://arsc.tp.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/03/125100601111011\\_001019\\_Aplikasi\\_Polysulphone\\_Ultrafil1.pdf](http://arsc.tp.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/03/125100601111011_001019_Aplikasi_Polysulphone_Ultrafil1.pdf). [Diakses pada 08 November 2016].
- Mark, H.F., Ketta, J. Mc. J, dan Othmer, D. F. 1968. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Second Edition. Vol 4. New York: Interscience Publisher a Devision of John Wiley & Son.
- Mohnen, D. 2008. Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology* 11 (3): 266-277.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology, 2<sup>nd</sup> edition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mulijani, S., Budianto, E., dan Hikam, M. 2010. Formation and characterization of asymmetric nanofiltration membrane: effect of temperature and surfactan as a template. *Journal Of Membrane Science* 27 (1): 21-29.
- Nasir, M. dan Rasiman, C. L. 2000. Pembuatan membran ultrafiltrasi selulosa asetat untuk pemekatan enzim  $\alpha$ -amilase. *Journal Matemathics and Science* 3 (34): 67-78.

- Nelson, P. T. dan Donald K. T. 1980. *Fruit and Vegetable Juice Processing Technology, 3<sup>rd</sup> Edition*. Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc.
- Osada, Y., dan T. Nakagawa. 1992. *Membrane Science and Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Porter, M. R. 1994. *Handbook of Surfactant, Second Edition*. London: Bllaeie Academic & Professional.
- Panagiotopoulos, C., dan R. Sempere. 2005. Analytical methods for the determination of sugars in marine samples: A historical perspective and future directions. *Limnol. Oceanogr. Methods* 3 (10): 419 – 454.
- Pujimulyani, D. 2009. *Teknologi Pengolahan Sayur-Sayuran dan Buah-Buahan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rai, P., dan S. De. 2009. Clarification of pectin-containing juice using ultrafiltration. *Current Science* 96 (10): 1361 – 1371.
- Rahimpour, A., S. S. Madaeni, dan Y. Mansourpanah. 2007. The effect of anionic, non-ionic and cationic surfactants on morphology and performance of polyethersulfone ultrafiltration membranes for milk concentration. *Journal of Membrane Science* 296 (1–2): 110-121.
- Ranganna, S. 2000. *Hanbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing.
- Rosen, M. J. 1978. *Surfactants And Interfacial Phenomena*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Saeni, M. S. 1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor: Dirjen Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB.
- Salager, J. L. 2002. *Surfactants Types and Uses*. Venezuela: De Los Andes University.
- Saljhoughi, E., Amirilargini, M., dan Mohammadi, T. 2010. Effect of PEG additive and coagulation bath temperature on morphology, permeability and thermal/chemical stability of asymmetric CA membranes. *Desalination*. 262 (1-3): 72-78.
- Sigma-Aldrich. 2016. Safety Data Sheet of Sodium Dodecyl Sulfate. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/71727?lang=en&region=ID>. [Diakses pada 10 September 2017].

- Silverstein, R. M., dan F. X Webster. 1998. *Spectrometric Identification of Organic Compounds Sixth Edition*. New York: John Wiley & Sons, INC.
- Sitting, M. 1991. *Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens Volume I A-F*. USA: Noyes Publication.
- SNI 01-3719-1995. Minuman Sari Buah. Badan Standarisasi Nasional Peraturan BPOM No. 36 Tahun 2013.
- Soelarso, B. 1996. *Budidaya Apel*. Yogyakarta: Kanisius
- Strathman, H., C. A. Smolders, M. H. V. Mulder, R. M. Meertens, dan M. A. M. Beerlage. 1985. *Preparation of Polyimides Ultrafiltration Membranes Part I Ternary System*. New York: Wiley-Uch.
- Untung. 1996. *Apel: Jenis dan Budidayanya*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Vogrin, N., C. Stropnik, V. Musil, dan M. Brumen. 2002. The wet phase separation: the effect of cast solution thickness on the appearance of macrovoids in the membrane forming ternary cellulose acetate/acetone/water system. *Journal of Membrane Science* 207 (1): 139–141.
- Wade, L. G. 2010. *Organic Chemistry. Seventh Edition*. USA: Pearson Education, Inc.
- Walter, R. H., dan S. Taylor. 1991. *The Chemistry and Technology of Pectin Chapter 1*. San Diego: Academic Press.
- Wenten, I.G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Penerbit ITB.
- Widayanti, N. 2013. Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Komposisi Pelarut Aseton dan Asam Format. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yuniarti. 1996. Penggunaan poliester sukrosa untuk memperpanjang daya simpan buah apel kultivar romebeauty. *Jurnal Hortikultura* 6 (3): 303-308.



LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Waktu Kompaksi Membran Selulosa Asetat

Variasi SDS 0%

Volume 1 mL ke	Tekanan 1 bar						Tekanan 1,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0625	6,7379	0,0672	6,2646	0,0614	6,8599	0,0539	7,8146	0,0472	8,9178	0,0281	15,0102
2	0,0619	6,7983	0,0633	6,6492	0,0622	6,7680	0,0497	8,4694	0,0489	8,6138	0,0278	15,1603
3	0,0400	10,5279	0,0381	11,0659	0,0606	6,9543	0,0442	9,5348	0,0292	14,4384	0,0414	10,1747
4	0,0489	8,6138	0,0444	9,4752	0,0497	8,4694	0,0411	10,243	0,0444	9,4752	0,0392	10,7520
5	0,0531	7,9373	0,0514	8,1948	0,0472	8,9178	0,0436	9,6562	0,0425	9,9087	0,0347	12,1282
6	0,0533	7,8959	0,0506	8,3298	0,0492	8,5651	0,0472	8,9178	0,0372	11,3136	0,0325	12,9575
7	0,0533	7,8959	0,0506	8,3298	0,0492	8,5651	0,0472	8,9178	0,0339	12,4265	0,0325	12,9575
8	0,0533	7,8959	0,0506	8,3298	0,0492	8,5651	0,0472	8,9178	0,0339	12,4265	0,0325	12,9575
9	0,0533	7,8959	0,0506	8,3298	0,0492	8,5651	0,0472	8,9178	0,0339	12,4265	0,0325	12,9575
10	0,0533	7,8959	0,0506	8,3298	0,0492	8,5651	0,0472	8,9178	0,0339	12,4265	0,0325	12,9575

Volume 1 mL ke	Tekanan 2 bar						Tekanan 2,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0447	9,4163	0,0414	10,1747	0,0342	12,3254	0,0075	56,1492	0,0231	18,2654	0,0144	29,1544
2	0,0203	20,7675	0,0222	18,9504	0,0250	16,8448	0,0136	30,9394	0,0158	26,5970	0,0228	18,4882
3	0,0181	23,3235	0,0214	19,6887	0,0225	18,7164	0,0122	34,4552	0,0164	25,6954	0,0103	40,9738
4	0,0214	19,6887	0,0203	20,7675	0,0306	13,7821	0,015	28,0746	0,0228	18,4882	0,0211	19,9477
5	0,0214	19,6887	0,0211	19,9477	0,0228	18,4882	0,0197	21,3525	0,0211	19,9477	0,0183	22,9701
6	0,0214	19,6887	0,0211	19,9477	0,0272	15,4697	0,0169	24,8529	0,0147	28,6043	0,0172	24,4521



7	0,0214	19,6887	0,0211	19,9477	0,0222	18,9504	0,0169	24,8529	0,0197	21,3525	0,0172	24,4521
8	0,0214	19,6887	0,0211	19,9477	0,0206	20,4869	0,0169	24,8529	0,0206	20,4869	0,0172	24,4521
9	0,0214	19,6887	0,0211	19,9477	0,0206	20,4869	0,0169	24,8529	0,0206	20,4869	0,0172	24,4521
10	0,0214	19,6887			0,0206	20,4869	0,0169	24,8529	0,0206	20,4869	0,0172	24,4521

Volume 1 mL ke	Tekanan 3 bar					
	U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0231	18,2654	0,0100	42,1119	0,0203	20,7675
2	0,0142	29,7261	0,0222	18,9504	0,0183	22,9701
3	0,0161	26,1384	0,0203	20,7675	0,0181	23,3235
4	0,0203	20,7675	0,0183	22,9701	0,0147	28,6043
5	0,0189	22,2945	0,0178	23,6880	0,0133	31,5839
6	0,0178	23,6880	0,0164	25,6954	0,0136	30,9394
7	0,0119	35,2565	0,0128	32,9571	0,0117	36,0959
8	0,0119	35,2565	0,0128	32,9571	0,0117	36,0959
9	0,0119	35,2565	0,0128	32,9571	0,0117	36,0959
10	0,0119	35,2565	0,0128	32,9571	0,0117	36,0959

Variasi SDS 1%

Volume 1 mL ke	Tekanan 1 bar						Tekanan 1,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0633	6,6492	0,0636	6,6202	0,0575	7,3238	0,0317	13,2985	0,0411	10,2434	0,0261	16,1280
2	0,0308	13,6579	0,0625	6,7379	0,0272	15,4697	0,0256	16,4786	0,0319	13,1829	0,0228	18,4882
3	0,0272	15,4697	0,0458	9,1881	0,0303	13,9085	0,0272	15,4697	0,0283	14,8630	0,0233	18,0480
4	0,0314	13,4162	0,0442	9,5348	0,0336	12,5292	0,0239	17,6282	0,0258	16,3014	0,0225	18,7164
5	0,0319	13,1829	0,0283	14,8630	0,0300	14,0373	0,0269	15,6292	0,0317	13,2985	0,0239	17,6282

6	0,0297	14,1685	0,0397	10,6016	0,0328	12,8477	0,0278	15,1603	0,0250	16,8448	0,0219	19,1902
7	0,0300	14,0373	0,0339	12,4265	0,0297	14,1685	0,0250	16,8448	0,0256	16,4786	0,0228	18,4882
8	0,0300	14,0373	0,0339	12,4265	0,0297	14,1685	0,0250	16,8448	0,0261	16,1280	0,0228	18,4882
9	0,0300	14,0373	0,0339	12,4265	0,0297	14,1685	0,0250	16,8448	0,0261	16,1280	0,0228	18,4882
10	0,0300	14,0373	0,0339	12,4265	0,0297	14,1685	0,0250	16,8448	0,0261	16,1280	0,0228	18,4882

Volume 1 mL ke	Tekanan 2 bar						Tekanan 2,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0247	17,0340	0,0092	45,9403	0,0317	13,2985	0,0072	58,3088	0,0133	31,5839	0,0228	18,4882
2	0,0183	22,9701	0,0150	28,0746	0,0192	21,9714	0,0144	29,1544	0,0181	23,3235	0,0194	21,6576
3	0,0186	22,627	0,0156	27,0719	0,0175	24,0639	0,0078	54,1439	0,0156	27,0719	0,0128	32,9571
4	0,0208	20,2137	0,0136	30,9394	0,0175	24,0639	0,0078	54,1439	0,0181	23,3235	0,0139	30,3206
5	0,0186	22,6273	0,0186	22,6273	0,0206	20,4869	0,0139	30,3206	0,0181	23,3235	0,0158	26,5970
6	0,0211	19,9477	0,0194	21,6576	0,0200	21,0560	0,0139	30,3206	0,0181	23,3235	0,0050	84,2238
7	0,0225	18,7164	0,0214	19,6887	0,0192	21,9714	0,0139	30,3206	0,0181	23,3235	0,0164	25,6954
8	0,0181	23,3235	0,0214	19,6887	0,0192	21,9714	0,0139	30,3206	0,0181	23,3235	0,0164	25,6954
9	0,0197	21,3525	0,0214	19,6887	0,0192	21,9714	0,0139	30,3206	0,0181	23,3235	0,0164	25,6954
10	0,0208	20,2137	0,0214	19,6887	0,0192	21,9714	0,0139	30,3206	0,0181	23,3235	0,0164	25,6954
11	0,0208	20,2137										
12	0,0208	20,2137										

Volume 1 mL ke	Tekanan 3 bar					
	U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0158	26,5970	0,0208	20,2137	0,0178	23,6880
2	0,0106	39,8955	0,0097	43,3151	0,0133	31,5839
3	0,0128	32,9571	0,0100	42,1119	0,0136	30,9394
4	0,0131	32,2559	0,0100	42,1119	0,0164	25,6954

5	0,0139	30,3206	0,0103	40,9738	0,0139	30,3206
6	0,0136	30,9394	0,0100	42,1119	0,0144	29,1544
7	0,0128	32,9571	0,0100	42,1119	0,0139	30,3206
8	0,0139	30,3206	0,0100	42,1119	0,0136	30,9394
9	0,0133	31,5839	0,0100	42,1119	0,0136	30,9394
10	0,0133	31,5839	0,0100	42,1119	0,0136	30,9394
11	0,0133	31,5839				
12	0,0133	31,5839				
13	0,0133	31,5839				
14	0,0133	31,5839				

Variasi SDS 1,5%

Volume 1 mL ke	Tekanan 1 bar						Tekanan 1,5 bar					
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0153	27,5642	0,0214	19,6887	0,0131	32,2559	0,0122	34,4552	0,0111	37,9007	0,0064	65,9143
2	0,0100	42,1119	0,0128	32,9571	0,0117	36,0959	0,0033	126,3357	0,0072	58,3088	0,0036	116,6176
3	0,0103	40,9738	0,0147	28,6043	0,0094	44,5891	0,0086	48,9042	0,0075	56,1492	0,0125	33,6895
4	0,0100	42,1119	0,0114	36,9763	0,0100	42,1119	0,0083	50,5343	0,0075	56,1492	0,0089	47,3759
5	0,0106	39,8955	0,0128	32,9571	0,0111	37,9007	0,0083	50,5343	0,0072	58,3088	0,0097	43,3151
6	0,0103	40,9738	0,0128	32,9571	0,0097	43,3151	0,0083	50,5343	0,0075	56,1492	0,0094	44,5891
7	0,0103	40,9738	0,0128	32,9571	0,0106	39,8955	0,0083	50,5343	0,0078	54,1439	0,0086	48,9042
8	0,0103	40,9738	0,0128	32,9571	0,0106	39,8955	0,0083	50,5343	0,0078	54,1439	0,0086	48,9042
9	0,0103	40,9738	0,0128	32,9571	0,0106	39,8955	0,0083	50,5343	0,0078	54,1439	0,0086	48,9042
10	0,0103	40,9738	0,0128	32,9571	0,0106	39,8955	0,0083	50,5343	0,0078	54,1439	0,0086	48,9042

Volume 1 mL ke	Tekanan 2 bar						Tekanan 2,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0083	50,5343	0,0144	29,1544	0,0178	23,6880	0,0028	151,6029	0,0089	47,3759	0,0033	126,3357
2	0,0092	45,9403	0,0039	108,2878	0,0061	68,9104	0,0061	68,9104	0,0050	84,2238	0,0092	45,9403
3	0,0075	56,1492	0,0064	65,9143	0,0058	72,1918	0,0039	108,2878	0,0047	89,1782	0,0058	72,1918
4	0,0072	58,3088	0,0078	54,1439	0,0056	75,8014	0,0058	72,1918	0,0061	68,9104	0,0064	65,9143
5	0,0067	63,1679	0,0061	68,9104	0,0061	68,9104	0,0050	84,2238	0,0044	94,7518	0,0056	75,8014
6	0,0069	60,6412	0,0089	47,3759	0,0064	65,9143	0,0056	75,8014	0,0044	94,7518	0,0056	75,8014
7	0,0094	44,5891	0,0089	47,3759	0,0075	56,1492	0,0056	75,8014	0,0056	75,8014	0,0053	79,7910
8	0,0064	65,9143	0,0072	58,3088	0,0075	56,1492	0,0056	75,8014	0,0056	75,8014	0,0053	79,7910
9	0,0067	63,1679	0,0072	58,3088	0,0075	56,1492	0,0056	75,8014	0,0061	68,9104	0,0053	79,7910
10	0,0067	63,1679	0,0072	58,3088	0,0075	56,1492	0,0056	75,8014	0,0061	68,9104	0,0053	79,7910

Volume 1 mL ke	Tekanan 3 bar					
	U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0053	79,7910	0,0042	101,0686	0,0047	89,1782
2	0,0050	84,2238	0,0028	151,6029	0,0058	72,1918
3	0,0050	84,2238	0,0028	151,6029	0,0053	79,7910
4	0,0050	84,2238	0,0028	151,6029	0,0056	75,8014
5	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0050	84,2238
6	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0056	75,8014
7	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0056	75,8014
8	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0056	75,8014
9	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0056	75,8014
10	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0056	75,8014

Variasi SDS 2%

Volume 1 mL ke	Tekanan 1 bar						Tekanan 1,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0258	16,3014	0,0289	14,5772	0,0256	16,4786	0,0092	45,9403	0,0100	42,1119	0,0128	32,9571
2	0,0172	24,4521	0,0233	18,0480	0,0144	29,1544	0,0067	63,1679	0,0050	84,2238	0,0044	94,7518
3	0,0319	13,1829	0,0200	21,0560	0,0167	25,2671	0,0061	68,9104	0,0053	79,7910	0,0061	68,9104
4	0,0331	12,7397	0,0203	20,7675	0,0175	24,0639	0,0058	72,1918	0,0050	84,2238	0,0067	63,1679
5	0,0322	13,0692	0,0206	20,4869	0,0183	22,9701	0,0056	75,8014	0,0050	84,2238	0,0058	72,1918
6	0,0167	25,2671	0,0200	21,0560	0,0172	24,4521	0,0058	72,1918	0,0050	84,2238	0,0064	65,9143
7	0,0167	25,2671	0,0200	21,0560	0,0172	24,4521	0,0058	72,1918	0,0050	84,2238	0,0061	68,9104
8	0,0167	25,2671	0,0200	21,0560	0,0172	24,4521	0,0058	72,1918	0,0050	84,2238	0,0061	68,9104
9	0,0167	25,2671	0,0200	21,0560	0,0172	24,4521	0,0058	72,1918	0,0050	84,2238	0,0061	68,9104
10	0,0167	25,2671	0,0200	21,0560	0,0172	24,4521	0,0058	72,1918	0,0050	84,2238	0,0061	68,9104

Volume 1 mL ke	Tekanan 2 bar						Tekanan 2,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0033	126,3357	0,0056	75,8014	0,0072	58,3088	0,0022	189,5036	0,0033	126,3357	0,0042	101,0686
2	0,0044	94,7518	0,0050	84,2238	0,0053	79,7910	0,0028	151,6029	0,0028	151,6029	0,0025	168,4476
3	0,0044	94,7518	0,0058	72,1918	0,0044	94,7518	0,0025	168,4476	0,0031	137,8208	0,0019	216,5755
4	0,0044	94,7518	0,0056	75,8014	0,0050	84,2238	0,0031	137,8208	0,0019	216,5755	0,0028	151,6029
5	0,0044	94,7518	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0022	189,5036	0,0025	168,4476	0,0022	189,5036
6	0,0044	94,7518	0,0044	94,7518	0,0047	89,1782	0,0025	168,4476	0,0022	189,5036	0,0028	151,6029
7	0,0044	94,7518	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0025	168,4476	0,0025	168,4476	0,0028	151,6029
8	0,0044	94,7518	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0025	168,4476	0,0025	168,4476	0,0028	151,6029
9	0,0044	94,7518	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0025	168,4476	0,0025	168,4476	0,0028	151,6029
10	0,0044	94,7518	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0025	168,4476	0,0025	168,4476	0,0028	151,6029



Volume 1 mL ke	Tekanan 3 bar					
	U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0019	216,5755	0,0050	84,2238	0,0047	89,1782
2	0,0017	252,6715	0,0017	252,6715	0,0031	137,8208
3	0,0014	303,2058	0,0072	58,3088	0,0017	252,6715
4	0,0014	303,2058	0,0022	189,5036	0,0022	189,5036
5	0,0014	303,2058	0,0017	252,6715	0,0025	168,4476
6	0,0014	303,2058	0,0017	252,6715	0,0019	216,5755
7	0,0014	303,2058	0,0017	252,6715	0,0019	216,5755
8	0,0014	303,2058	0,0017	252,6715	0,0019	216,5755
9	0,0014	303,2058	0,0017	252,6715	0,0019	216,5755
10	0,0014	303,2058	0,0017	252,6715	0,0019	216,5755

Variasi SDS 2,5%

Volume 1 mL ke	Tekanan 1 bar						Tekanan 1,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0239	17,6282	0,0133	31,5839	0,0197	21,3525	0,0089	47,3759	0,0122	34,4552	0,0092	45,9403
2	0,0111	37,9007	0,0064	65,9143	0,0186	22,6273	0,0075	56,1492	0,0092	45,9403	0,0094	44,5891
3	0,0119	35,2565	0,0103	40,9738	0,0153	27,5642	0,0075	56,1492	0,0086	48,9042	0,0089	47,3759
4	0,0117	36,0959	0,0108	38,8725	0,0114	36,9763	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0075	56,1492
5	0,0122	34,4552	0,0128	32,9571	0,0119	35,2565	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0078	54,1439
6	0,0117	36,0959	0,0128	32,9571	0,0119	35,2565	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0081	52,2769
7	0,0119	35,2565	0,0128	32,9571	0,0119	35,2565	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0081	52,2769
8	0,0125	33,6895	0,0128	32,9571	0,0119	35,2565	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0081	52,2769
9	0,0125	33,6895	0,0128	32,9571	0,0119	35,2565	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0081	52,2769
10	0,0125	33,6895	0,0128	32,9571	0,0119	35,2565	0,0072	58,3088	0,0083	50,5343	0,0081	52,2769

Volume 1 mL ke	Tekanan 2 bar						Tekanan 2,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0081	52,2769	0,0142	29,7261	0,0097	43,3151	0,0039	108,2878	0,0036	116,6176	0,0044	94,7518
2	0,0042	101,0686	0,0033	126,3357	0,0047	89,1782	0,0036	116,6176	0,0050	84,2238	0,0031	137,8208
3	0,0033	126,3357	0,0033	126,3357	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0056	75,8014	0,0042	101,0686
4	0,0028	151,6029	0,0031	137,8208	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0033	126,3357	0,0039	108,2878
5	0,0042	101,0686	0,0036	116,6176	0,0047	89,1782	0,0036	116,6176	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176
6	0,0042	101,0686	0,0036	116,6176	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176
7	0,0042	101,0686	0,0044	94,7518	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0039	108,2878	0,0036	116,6176
8	0,0042	101,0686	0,0044	94,7518	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0039	108,2878	0,0036	116,6176
9	0,0042	101,0686	0,0044	94,7518	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0039	108,2878	0,0036	116,6176
10	0,0042	101,0686	0,0044	94,7518	0,0044	94,7518	0,0036	116,6176	0,0039	108,2878	0,0036	116,6176

Volume 1 mL ke	Tekanan 3 bar					
	U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0031	137,8208	0,0031	137,8208	0,0044	94,7518
2	0,0033	126,3357	0,0031	137,8208	0,0036	116,6176
3	0,0031	137,8208	0,0031	137,8208	0,0033	126,3357
4	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176
5	0,0033	126,3357	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176
6	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176
7	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176
8	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176
9	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176
10	0,0033	126,3357	0,0036	116,6176	0,0036	116,6176

Variasi SDS 3%

Volume 1 mL ke	Tekanan 1 bar						Tekanan 1,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0128	32,9571	0,0181	23,3235	0,0203	20,7675	0,0192	21,9714	0,0217	19,4363	0,0194	21,6576
2	0,0200	21,0560	0,0153	27,5642	0,0156	27,0719	0,0125	33,6895	0,0094	44,5891	0,0094	44,5891
3	0,0186	22,6273	0,0186	22,6273	0,0164	25,6954	0,0083	50,5343	0,0092	45,9403	0,0094	44,5891
4	0,0203	20,7675	0,0181	23,3235	0,0178	23,6880	0,0083	50,5343	0,0108	38,8725	0,0094	44,5891
5	0,0192	21,9714	0,0181	23,3235	0,0186	22,6273	0,0097	43,3151	0,0119	35,2565	0,0103	40,9738
6	0,0192	21,9714	0,0181	23,3235	0,0186	22,6273	0,0111	37,9007	0,0108	38,8725	0,0103	40,9738
7	0,0192	21,9714	0,0181	23,3235	0,0186	22,6273	0,0103	40,9738	0,0114	36,9763	0,0103	40,9738
8	0,0192	21,9714	0,0181	23,3235	0,0186	22,6273	0,0103	40,9738	0,0119	35,2565	0,0103	40,9738
9	0,0192	21,9714	0,0181	23,3235	0,0186	22,6273	0,0103	40,9738	0,0100	42,1119	0,0103	40,9738
10	0,0192	21,9714	0,0181	23,3235	0,0186	22,6273	0,0103	40,9738	0,0100	42,1119	0,0103	40,9738

Volume 1 mL ke	Tekanan 2 bar						Tekanan 2,5 bar					
	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0144	29,1544	0,0178	23,6880	0,0250	16,8448	0,0044	94,7518	0,0061	68,9104	0,0089	47,3759
2	0,0092	45,9403	0,0094	44,5891	0,0200	21,0560	0,0056	75,8014	0,0050	84,2238	0,0103	40,9738
3	0,0097	43,3151	0,0094	44,5891	0,0167	25,2671	0,0050	84,2238	0,0039	108,2878	0,0053	79,7910
4	0,0092	45,9403	0,0094	44,5891	0,0122	34,4552	0,0069	60,6412	0,0042	101,0686	0,0050	84,2238
5	0,0089	47,3759	0,0094	44,5891	0,0106	39,8955	0,0072	58,3088	0,0044	94,7518	0,0050	84,2238
6	0,0089	47,3759	0,0094	44,5891	0,0097	43,3151	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0053	79,7910
7	0,0089	47,3759	0,0094	44,5891	0,0097	43,3151	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0053	79,7910
8	0,0089	47,3759	0,0094	44,5891	0,0097	43,3151	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0053	79,7910
9	0,0089	47,3759	0,0094	44,5891	0,0097	43,3151	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0053	79,7910
10	0,0089	47,3759	0,0094	44,5891	0,0097	43,3151	0,0047	89,1782	0,0047	89,1782	0,0053	79,7910

Volume 1 mL ke	Tekanan 3 bar					
	U1		U2		U3	
	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)
1	0,0036	116,6176	0,006389	65,9143	0,0075	56,14922
2	0,0036	116,6176	0,002778	151,6029	0,005278	79,79099
3	0,0036	116,6176	0,006667	63,16787	0,004444	94,7518
4	0,0042	101,0686	0,003889	108,2878	0,004167	101,0686
5	0,0039	108,2878	0,003889	108,2878	0,004167	101,0686
6	0,0039	108,2878	0,003889	108,2878	0,003611	116,6176
7	0,0039	108,2878	0,003889	108,2878	0,003611	116,6176
8	0,0039	108,2878	0,003889	108,2878	0,003611	116,6176
9	0,0039	108,2878	0,003889	108,2878	0,003611	116,6176
10	0,0039	108,2878	0,003889	108,2878	0,003611	116,6176

Contoh perhitungan nilai fluks membran pada variasi SDS 0% tekanan 1 bar pengulangan 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Membran (A)} &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times (0,0275 \text{ m})^2 \\
 &= 0,002375 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fluks (J}_v\text{)} &= \frac{V}{A \times t} \\
 &= \frac{0,001 \text{ L}}{0,002375 \text{ m}^2 \times 0,0625 \text{ jam}} \\
 &= 6,7379 \text{ L/m}^2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

**Lampiran 4.2 Fluks Air Membran Selulosa Asetat**

Variasi SDS	Pengulangan	Volume (mL)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Fluks rata-rata (L/m <sup>2</sup> j)	SD Fluks
0%	1	10	0,2125	19,8174	19,9230	0,2057
	2	10	0,2128	19,7915		
	3	10	0,2089	20,1600		
1%	1	10	0,1931	21,8134	21,2489	0,8977
	2	10	0,2083	20,2137		
	3	10	0,1939	21,7196		
1,5%	1	10	0,0708	59,4521	59,6942	0,8521
	2	10	0,0694	60,6412		
	3	10	0,0714	58,9894		
2%	1	10	0,0458	91,8805	91,3292	0,5502
	2	10	0,0461	91,3270		
	3	10	0,0464	90,7802		
2,5%	1	10	0,0436	96,5623	96,3741	1,5369
	2	10	0,0431	97,8083		
	3	10	0,0444	94,7518		
3%	1	10	0,0983	42,8257	43,7859	0,8921
	2	10	0,0944	44,5891		
	3	10	0,0958	43,9429		



Lampiran 4.3 Koefisien Permeabilitas Membran Selulosa Asetat

Variasi SDS	Tekanan (bar)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3		Fluks rata-rata (L/m <sup>2</sup> j)	SD Fluks
		Waktu per 10 mL (Jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu per 10 mL (Jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Waktu per 10 mL (Jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)		
0%	1,2	0,5592	7,5312	0,5064	8,3161	0,4908	8,5797	8,1423	0,5454
	1,5	0,5181	8,1288	0,3392	12,4163	0,3242	12,9908	11,1787	2,6568
	2,0	0,2125	19,8174	0,2128	19,7915	0,2089	20,1600	19,9230	0,2057
	2,5	0,1689	24,9347	0,2064	20,4042	0,1728	24,3735	23,2374	2,4697
	3,0	0,1178	35,7554	0,1289	32,6730	0,1172	35,9249	34,7844	1,8305
1%	1,0	0,2975	14,1553	0,3408	12,3556	0,2986	14,1026	13,5378	1,0242
	1,5	0,2569	16,3895	0,2619	16,0767	0,2286	18,4208	16,9623	1,2727
	2,0	0,1931	21,8134	0,2083	20,2137	0,1939	21,7196	21,2489	0,8977
	2,5	0,1403	30,0204	0,1803	23,3595	0,1625	25,9150	26,4316	3,3604
	3,0	0,1339	31,4529	0,0992	42,4658	0,1358	31,0026	34,9738	6,4922
1,5%	1,2	0,1025	41,0848	0,1275	33,0290	0,1056	39,8955	38,0031	4,3486
	1,5	0,0833	50,5343	0,0878	47,9756	0,0864	48,7469	49,0856	1,3125
	2,0	0,0708	59,4521	0,0694	60,6412	0,0714	58,9894	59,6942	0,8521
	2,5	0,0619	67,9834	0,0611	68,9104	0,0514	81,9475	72,9471	7,8084
	3,0	0,0581	72,5373	0,0289	145,7720	0,0556	75,8014	98,0369	41,3720
2%	1,0	0,1694	24,8529	0,1994	21,1146	0,1722	24,4521	23,4732	2,0524
	1,5	0,0614	68,5986	0,0511	82,3929	0,0603	69,8631	73,6182	7,6254
	2,0	0,0458	91,8805	0,0461	91,3270	0,0464	90,7802	91,3292	0,5502
	2,5	0,0261	161,2797	0,0261	161,2797	0,0269	156,2916	159,6170	2,8798
	3,0	0,0183	229,7013	0,0161	261,3843	0,0194	216,5755	235,8871	23,0359
2,5%	1,0	0,1253	33,6148	0,1267	33,2462	0,1186	35,5042	34,1218	1,2113
	1,5	0,0803	52,4577	0,0839	50,1996	0,0853	49,3820	50,6798	1,5931
	2,0	0,0436	96,5623	0,0431	97,8083	0,0444	94,7518	96,3741	1,5369
	2,5	0,0358	117,5216	0,0381	110,6590	0,0375	112,2984	113,4930	3,5839
	3,0	0,0361	116,6176	0,0367	114,8507	0,0369	113,9871	115,1518	1,3408

3%	1,0	0,1917	21,9714	0,1817	23,1809	0,1861	22,6273	22,5932	0,6054
	1,5	0,1031	40,8633	0,1017	41,4216	0,1028	40,9738	41,0862	0,2956
	2,0	0,0983	42,8257	0,0944	44,5891	0,0958	43,9429	43,7859	0,8921
	2,5	0,0478	88,1412	0,0467	90,2398	0,0522	80,6398	86,3403	5,0470
	3,0	0,040556	103,8376	0,039722	106,016	0,038333	109,8572	106,5703	3,0478

Contoh perhitungan nilai fluks membran pada variasi SDS 0% tekanan 1,2 bar pengulangan 1:

$$\text{Luas Membran (A)} = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times (0,0275 \text{ m})^2$$

$$= 0,002375 \text{ m}^2$$

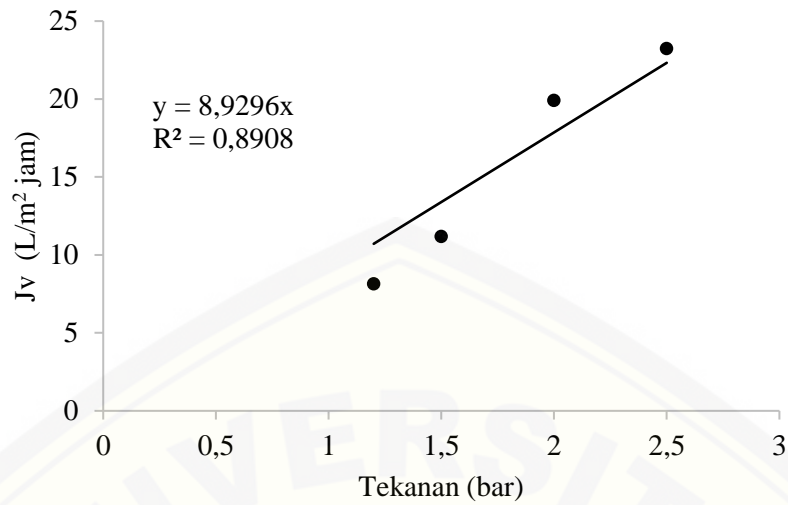
$$\text{Fluks (J}_v\text{)} = \frac{V}{A \times t}$$

$$= \frac{0,001 \text{ L}}{0,002375 \text{ m}^2 \times 0,5592 \text{ jam}}$$

$$= 7,5312 \text{ L/m}^2 \text{ jam}$$

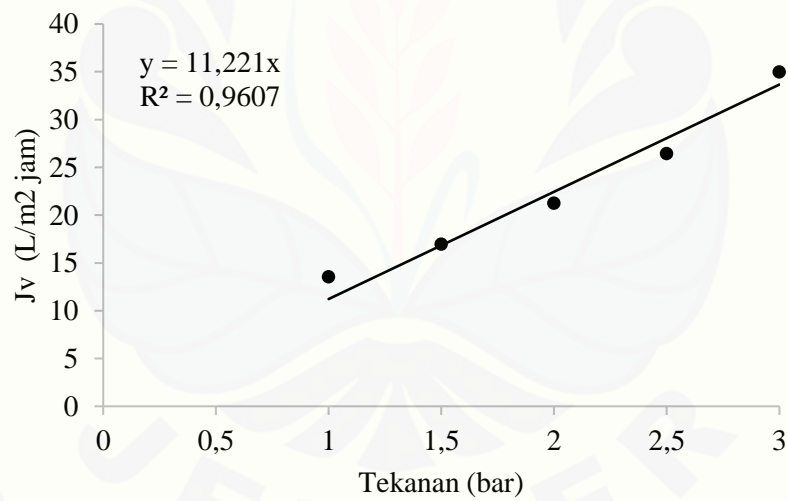
Grafik penentuan nilai koefisien permeabilitas membran ( $L_p$ )

1. SDS 0%



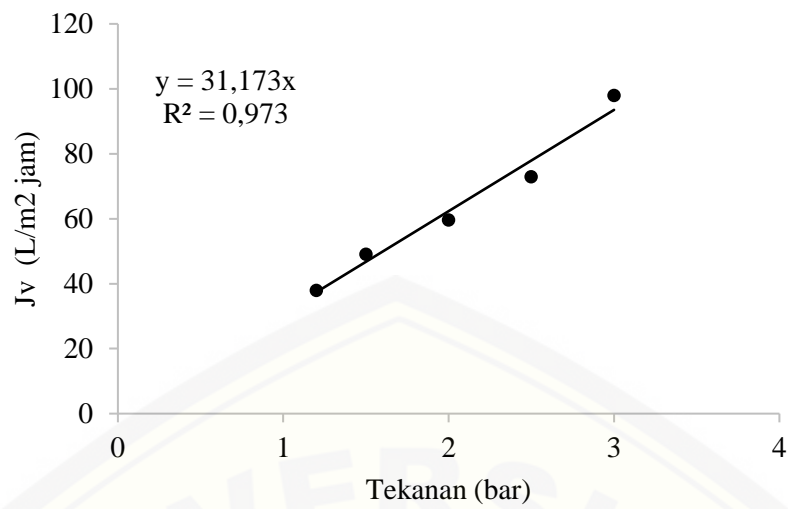
Slope =  $L_p = 8,9296$

2. SDS 1%



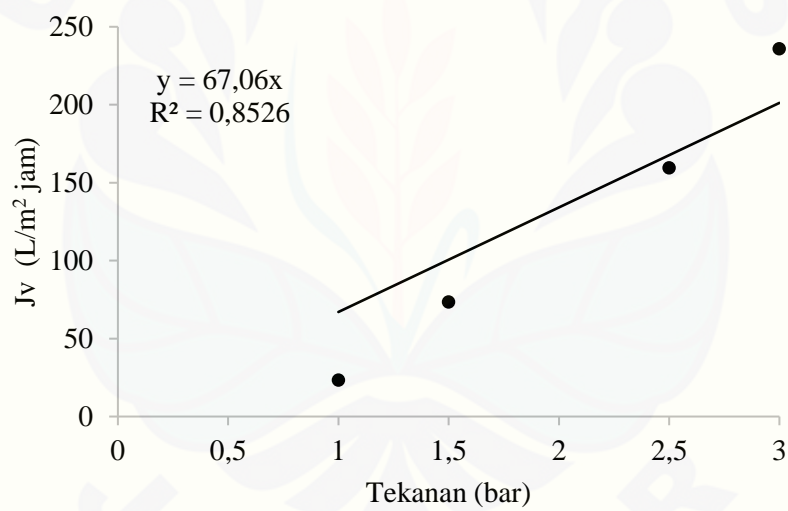
Slope =  $L_p = 11,221$

## 3. SDS 1,5%



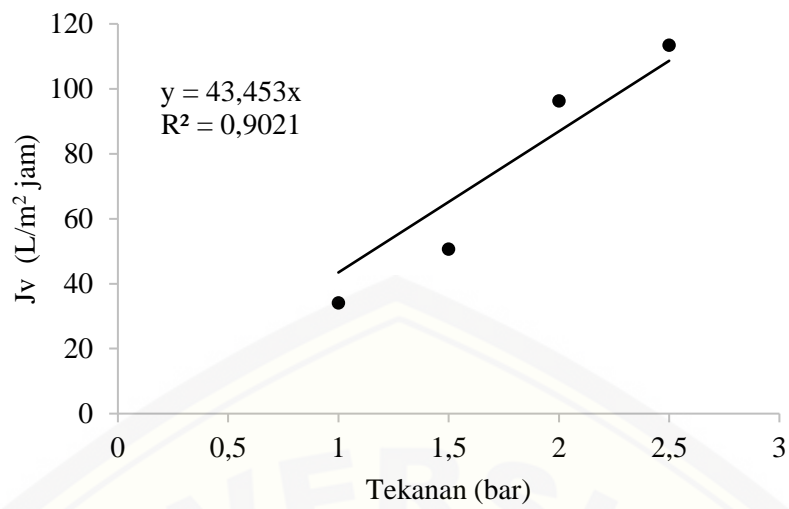
Slope =  $L_p = 31,173$

## 4. SDS 2%



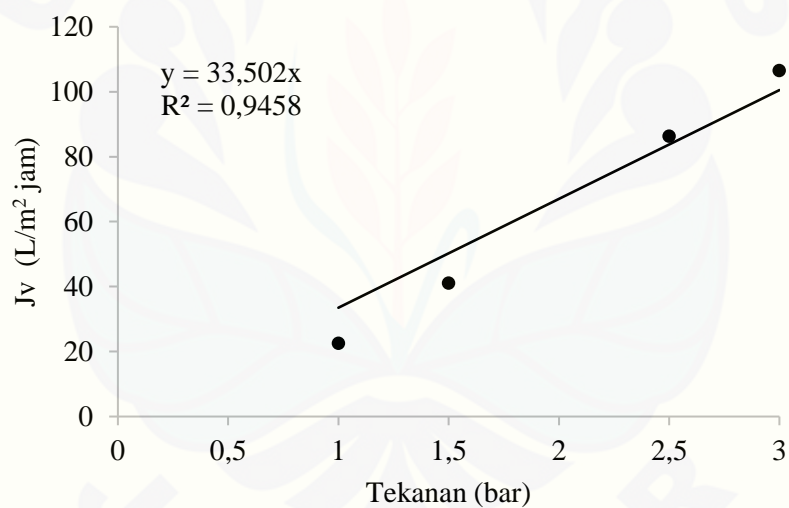
Slope =  $L_p = 67,06$

## 5. SDS 2,5%



Slope =  $L_p = 43,453$

## 6. SDS 3%



Slope =  $L_p = 33,502$

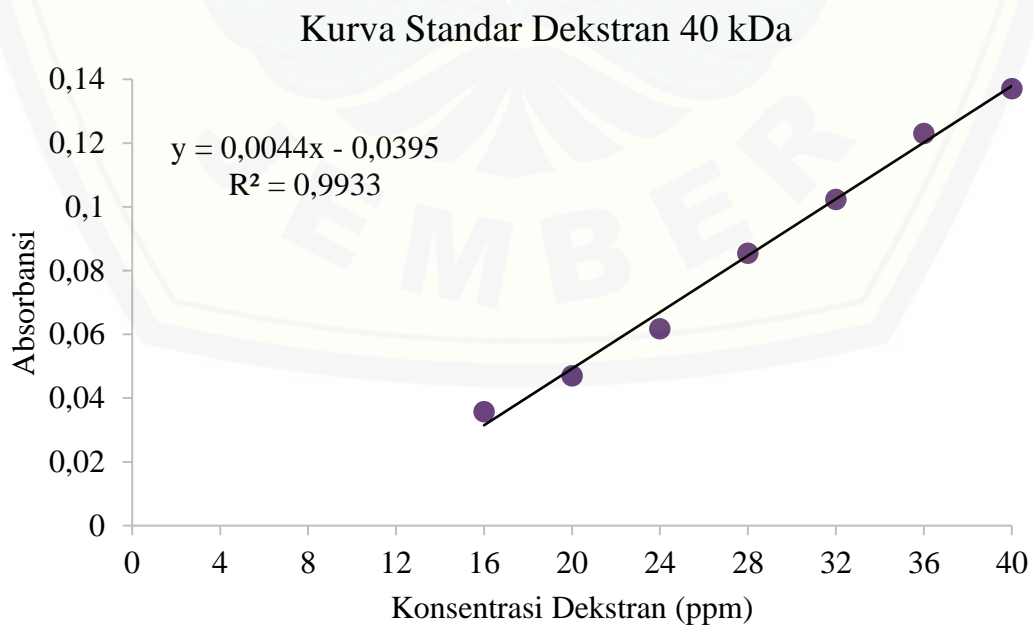


## Lampiran 4.4 Scanning Dekstran 40 kDa

Panjang Gelombang	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
	U1	U2	U3	
400	0,039	0,033	0,032	0,035
410	0,038	0,032	0,031	0,034
420	0,037	0,031	0,03	0,033
430	0,037	0,031	0,03	0,033
440	0,037	0,031	0,03	0,033
450	0,036	0,03	0,039	0,035
460	0,037	0,031	0,04	0,036
470	0,038	0,032	0,041	0,037
480	0,041	0,035	0,044	0,040
482	0,041	0,035	0,044	0,040
484	0,042	0,036	0,045	0,041
486	0,043	0,037	0,046	0,042
488	0,044	0,038	0,047	0,043
490	0,045	0,04	0,048	0,044
492	0,045	0,042	0,048	0,045
494	0,046	0,043	0,048	0,046
<b>496</b>	<b>0,047</b>	<b>0,045</b>	<b>0,049</b>	<b>0,047</b>
498	0,044	0,038	0,047	0,043
500	0,044	0,038	0,047	0,043
510	0,038	0,032	0,041	0,037
520	0,031	0,025	0,034	0,030
530	0,029	0,023	0,032	0,028
540	0,028	0,022	0,031	0,027
550	0,026	0,022	0,029	0,026

## Lampiran 4.5 Kurva Standar Dekstran 40 kDa

Konsentrasi Dekstran (ppm)	Pengulangan	Absorbansi	Absorbansi Rata-rata	SD Absorbansi
16	U1	0,036	0,0358	0,0030
	U2	0,039		
	U3	0,033		
20	U1	0,047	0,0471	0,0023
	U2	0,045		
	U3	0,049		
24	U1	0,064	0,0618	0,0027
	U2	0,062		
	U3	0,059		
28	U1	0,088	0,0856	0,0030
	U2	0,082		
	U3	0,086		
32	U1	0,100	0,1023	0,0027
	U2	0,105		
	U3	0,102		
36	U1	0,123	0,1231	0,0072
	U2	0,130		
	U3	0,116		
40	U1	0,129	0,1371	0,0078
	U2	0,138		
	U3	0,145		



Lampiran 4.6 Rejeksi Dekstran 40 kDa

Variasi SDS	absorbansi permeat			Rata-rata	absorbansi umpan			Rata-rata	C <sub>p</sub> (ppm)	F <sub>p</sub>	C <sub>p</sub> x f <sub>p</sub>	C <sub>f</sub> (ppm)	C <sub>f</sub> x f <sub>p</sub>	% R	Rata-rata %R	SD %R
	(A)				(B)											
	U1	U2	U3		U1	U2	U3									
0%	0,062	0,063	0,068	0,064	0,133	0,131	0,132	0,132	23,60	25	589,96	38,98	974,43	39,46	41,33	1,847
	0,060	0,061	0,062	0,061	0,133	0,131	0,132	0,132	22,84	25	571,02	38,98	974,43	41,40		
	0,058	0,059	0,057	0,058	0,133	0,131	0,132	0,132	22,16	25	553,98	38,98	974,43	43,15		
1%	0,075	0,07	0,075	0,073	0,133	0,131	0,132	0,132	25,64	25	641,10	38,98	974,43	34,21	35,76	1,661
	0,070	0,071	0,072	0,071	0,133	0,131	0,132	0,132	25,11	25	627,84	38,98	974,43	35,57		
	0,067	0,068	0,068	0,068	0,133	0,131	0,132	0,132	24,36	25	608,90	38,98	974,43	37,51		
1,5%	0,085	0,083	0,084	0,084	0,133	0,131	0,132	0,132	28,07	25	701,70	38,98	974,43	27,99	27,99	0,777
	0,086	0,086	0,084	0,085	0,133	0,131	0,132	0,132	28,37	25	709,28	38,98	974,43	27,21		
	0,083	0,082	0,083	0,083	0,133	0,131	0,132	0,132	27,77	25	694,13	38,98	974,43	28,77		
2%	0,100	0,097	0,098	0,098	0,133	0,131	0,132	0,132	31,33	25	783,14	38,98	974,43	19,63	21,70	2,375
	0,096	0,095	0,096	0,096	0,133	0,131	0,132	0,132	30,72	25	767,99	38,98	974,43	21,19		
	0,090	0,091	0,090	0,090	0,133	0,131	0,132	0,132	29,51	25	737,69	38,98	974,43	24,30		
2,5%	0,079	0,078	0,079	0,079	0,133	0,131	0,132	0,132	26,86	25	671,40	38,98	974,43	31,10	33,56	3,612
	0,066	0,068	0,068	0,067	0,133	0,131	0,132	0,132	24,28	25	607,01	38,98	974,43	37,71		
	0,077	0,077	0,078	0,077	0,133	0,131	0,132	0,132	26,55	25	663,83	38,98	974,43	31,88		
3%	0,051	0,051	0,045	0,049	0,133	0,131	0,132	0,132	20,11	25	502,84	38,98	974,43	48,40	50,53	3,055
	0,047	0,048	0,048	0,048	0,133	0,131	0,132	0,132	19,81	25	495,27	38,98	974,43	49,17		
	0,039	0,04	0,039	0,039	0,133	0,131	0,132	0,132	17,92	25	447,92	38,98	974,43	54,03		

## Keterangan

- C<sub>p</sub> : Konsentrasi permeat  
 C<sub>f</sub> : Konsentrasi umpan  
 F<sub>p</sub> : Faktor pengenceran

**Contoh perhitungan %Rejeksi Dekstran 40 kDa:**

Contoh perhitungan % Rejeksi dekstran 40 kDa pada membran CA dengan variasi SDS 0% pengulangan 1:

Persamaan linear yang diperoleh dari kurva standar dekstran 40 kDa, yaitu

$$y = 0,0044x - 0,0395$$

dengan  $y$  = absorbansi dan  $x$  = konsentrasi (ppm).

Absorbansi permeat rata-rata = 0,064

$$y = 0,0044x - 0,0395$$

$$0,064 = 0,0044x - 0,0395$$

$$x = 23,60 \text{ ppm}$$

[permeat] sebenarnya = Konsentrasi hasil substitusi dalam kurva standar x FP

$$= 23,60 \text{ ppm} \times 25$$

$$= 589,96 \text{ ppm}$$

Absorbansi umpan rata-rata = 0,132

$$y = 0,0044x - 0,0395$$

$$0,132 = 0,0044x - 0,0395$$

$$x = 38,98 \text{ ppm}$$

[umpan] sebenarnya = Konsentrasi hasil substitusi dalam kurva standar x FP

$$= 38,98 \text{ ppm} \times 25$$

$$= 974,43 \text{ ppm}$$

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

$$= \left(1 - \frac{589,96}{974,43}\right) \times 100\%$$

$$= 41,33\%$$

**Lampiran 4.7 Fluks Larutan Umpan Sari Buah Apel (1:10 v/v)**

Variasi SDS	Pengulangan	Volume (mL)	Waktu (jam)	Fluks (L/m <sup>2</sup> j)	Fluks rata-rata (L/m <sup>2</sup> j)	SD
0%	1	4	2,9264	0,5756	0,5761	0,0144
	2	4	2,9219	0,5765		
1%	1	4	1,6681	1,0098	1,0201	0,0006
	2	4	1,6350	1,0303		
1,5%	1	4	0,1850	9,1053	9,3125	1,2188
	2	4	0,1769	9,5198		
2%	1	4	0,0819	20,5563	19,6945	1,2794
	2	4	0,0894	18,8327		
2,5%	1	4	0,0708	23,7808	22,8761	0,2931
	2	4	0,0767	21,9714		
3%	1	4	0,1289	13,0692	12,7606	0,4364
	2	4	0,1353	12,4520		

Contoh perhitungan nilai fluks membran pada variasi SDS 0% pengulangan 1:

$$\begin{aligned} \text{Luas Membran (A)} &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times (0,0275 \text{ m})^2 \\ &= 0,002375 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fluks (J}_v) &= \frac{V}{A \times t} \\ &= \frac{0,0004 \text{ L}}{0,002375 \text{ m}^2 \times 2,9264 \text{ jam}} \\ &= 0,5756 \text{ L/m}^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

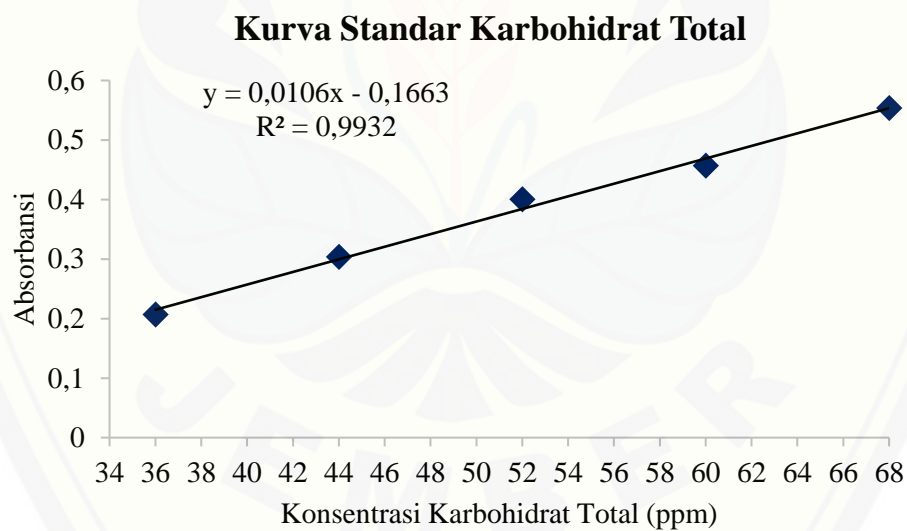


## Lampiran 4.8 Scanning Campuran Larutan Karbohidrat Total 52 ppm

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
	U1	U2	U3	
400	0,357	0,364	0,39	0,370
410	0,357	0,364	0,391	0,371
420	0,358	0,365	0,392	0,372
430	0,357	0,364	0,391	0,371
440	0,351	0,358	0,395	0,368
450	0,349	0,356	0,393	0,366
460	0,352	0,359	0,396	0,369
470	0,361	0,368	0,405	0,378
480	0,384	0,391	0,408	0,394
482	0,386	0,393	0,41	0,396
484	0,387	0,395	0,412	0,398
<b>486</b>	<b>0,388</b>	<b>0,401</b>	<b>0,413</b>	<b>0,401</b>
488	0,387	0,398	0,412	0,399
490	0,379	0,396	0,411	0,395
492	0,379	0,396	0,392	0,389
494	0,377	0,395	0,39	0,387
496	0,374	0,392	0,389	0,385
498	0,372	0,39	0,388	0,383
500	0,369	0,387	0,385	0,380
510	0,356	0,384	0,382	0,374
520	0,344	0,382	0,38	0,369
530	0,33	0,366	0,374	0,357
540	0,321	0,359	0,367	0,349
550	0,316	0,354	0,363	0,344

**Lampiran 4.9 Kurva Standar Karbohidrat Total**

Konsentrasi Pektin (ppm)	Konsentrasi Sukrosa (ppm)	Konsentrasi Total (ppm)	Ulangan	Absorbansi	Absorbansi Rata-rata	SD
2		36	U1	0,207	0,2068	0,0183
			U2	0,188		
			U3	0,225		
10		44	U1	0,287	0,3033	0,0160
			U2	0,304		
			U3	0,319		
18	34	52	U1	0,388	0,4006	0,0123
			U2	0,401		
			U3	0,412		
26		60	U1	0,423	0,4569	0,0294
			U2	0,472		
			U3	0,475		
34		68	U1	0,553	0,5534	0,0247
			U2	0,529		
			U3	0,578		



Lampiran 4.10 Koefisien Rejeksi Pektin Sari Buah Apel

Variasi SDS	U	absorbansi permeat (A)			Rata-rata	absorbansi umpan (B)			Rata-rata	C <sub>p</sub> (ppm)	FP p	(C <sub>p</sub> x FP p)	C <sub>f</sub> (ppm)	FP f	(C <sub>f</sub> x FP f)	% R	Rata-rata % R	SD
		U1	U2	U3		U1	U2	U3										
0%	1	0,365	0,366	0,365	0,365	0,278	0,279	0,278	0,278	50,15	1000	50154,09	41,95	2000	83893,08	40,22		
	2	0,252	0,251	0,251	0,251	0,306	0,306	0,305	0,306	39,40	1000	39399,37	44,53	2000	89050,31	55,76	47,99	10,988
1%	1	0,346	0,345	0,347	0,346	0,278	0,279	0,278	0,278	48,33	1000	48330,19	41,95	2000	83893,08	42,39		
	2	0,299	0,300	0,299	0,299	0,306	0,306	0,305	0,306	43,93	1000	43927,67	44,53	2000	89050,31	50,67	46,53	5,855
1,50%	1	0,439	0,439	0,440	0,439	0,278	0,279	0,278	0,278	57,14	1000	57135,22	41,95	2000	83893,08	31,90		
	2	0,396	0,397	0,397	0,397	0,306	0,306	0,305	0,306	53,11	1000	53110,06	44,53	2000	89050,31	40,36	36,13	5,985
2%	1	0,384	0,383	0,384	0,384	0,278	0,279	0,278	0,278	51,88	1000	51883,65	41,95	2000	83893,08	38,16		
	2	0,487	0,487	0,487	0,487	0,306	0,306	0,305	0,306	61,63	1000	61632,08	44,53	2000	89050,31	30,79	34,47	5,208
2,50%	1	0,417	0,417	0,416	0,417	0,278	0,279	0,278	0,278	55,00	1000	54996,86	41,95	2000	83893,08	34,44		
	2	0,385	0,386	0,385	0,385	0,306	0,306	0,305	0,306	52,04	1000	52040,88	44,53	2000	89050,31	41,56	38,00	5,032
3%	1	0,300	0,300	0,301	0,300	0,278	0,279	0,278	0,278	44,02	1000	44022,01	41,95	2000	83893,08	47,53		
	2	0,248	0,248	0,248	0,248	0,306	0,306	0,305	0,306	39,08	1000	39084,91	44,53	2000	89050,31	56,11	51,82	6,069

## Keterangan

C<sub>p</sub> : Konsentrasi permeatC<sub>f</sub> : Konsentrasi umpan

FP p : Faktor pengenceran permeat

FP f : Faktor pengenceran umpan

**Contoh perhitungan %Rejeksi Pektin :**

Contoh perhitungan % Rejeksi pektin dalam sari buah apel pada membran CA dengan variasi SDS 0% pengulangan 1:

Persamaan linear yang diperoleh dari kurva standar campuran pektin dan sukrosa, yaitu

$$y = 0,0106x - 0,1663$$

dengan  $y$  = absorbansi dan  $x$  = konsentrasi (ppm)

Absorbansi permeal rata-rata = 0,365

$$y = 0,0106x - 0,1663$$

$$0,365 = 0,0106x - 0,1663$$

$$x = 50,15 \text{ ppm}$$

[permeal] sebenarnya = (Konsentrasi hasil substitusi dalam kurva standar x FP p)

$$= (50,15 \text{ ppm} \times 1000)$$

$$= 50.154,09 \text{ ppm}$$

Absorbansi umpan rata-rata = 0,278

$$y = 0,0106x - 0,1663$$

$$0,278 = 0,0106x - 0,1663$$

$$x = 41,95 \text{ ppm}$$

[umpan] sebenarnya = (Konsentrasi hasil substitusi dalam kurva standar x FP f)

$$= (41,95 \text{ ppm} \times 2000)$$

$$= 83.893,08 \text{ ppm}$$

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

$$= \left(1 - \frac{50.154,09}{83.893,08}\right) \times 100\%$$

$$= 40,22\%$$

**Lampiran 4.11 Kejernihan Sari Buah Apel Menggunakan Pengukuran Transmittansi pada 625 nm**

Sampel	U1	U2	Rata-rata	SD
Sari buah apel	20,0	19,8	19,9	0,14
Sari buah setelah penambahan akuades 1:10	35	35,2	35,1	0,14
Permeat membran SDS 0%	89,9	90,8	90,4	0,64
Permeat membran SDS 1%	86,5	87,5	87,0	0,71
Permeat membran SDS 1,5%	60,2	66,7	63,5	4,60
Permeat membran SDS 2%	45,4	41,2	43,3	2,97
Permeat membran SDS 2,5%	78,3	81,9	80,1	2,55
Permeat membran SDS 3%	92,1	94,9	93,5	1,98